

เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์

SOLAR OVEN



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SOLAR OVEN

CHAWAKORN CHANASIT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)

DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ    เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์  
 Solar oven

ชื่อนักศึกษา            นายชวกร ชนะสิทธิ์ รหัสนักศึกษา 58051052

ปริญญา                    วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา                    ฟิสิกส์

ปีการศึกษา                2561

อาจารย์ที่ปรึกษา        ผศ.ดร.ณัฐพร พรหมรส

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตประจำปี  
 การศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.กมลปัญญา สุวรรณสุข กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
ผศ.ดร.ณัฐพร พรหมรส กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์
ชื่อนักศึกษา	นายชวกร ชนะสิทธิ์ รหัสนักศึกษา 58051052
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ญัฐพร พรหมรส

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้รายงานถึงการออกแบบและจัดสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการประยุกต์ใช้ในการปรุงสุกวัตถุดิบและลดใช้การบริโภคพลังงานจากก๊าซหุงต้ม ส่วนประกอบหลักของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ถูกออกแบบให้มีชิ้นส่วนหลักทั้งหมด 3 ส่วนคือ ฐานปรับมุมเอียง รางพาราโบลิค และถาดบรรจุวัตถุดิบ ชิ้นส่วนที่ออกแบบมานั้นจะถูกนำมาใช้ร่วมกับหลอดแก้วสุญญากาศเพื่อการปรุงสุกวัตถุดิบ ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่จัดสร้างจะถูกแยกออกเป็นสองกรณีศึกษาคือ กรณีการสร้างอุณหภูมิกายในหลอดแก้วสุญญากาศที่รางพาราโบลิคทำมุม 0 องศา กับแนวราบโดยใช้วัสดุที่มีวัสดุของรางพาราโบลิคคือ ฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และกรณีการสร้างอุณหภูมิกายในหลอดแก้วสุญญากาศที่รางพาราโบลิคทำมุม 0 15 และ 30 องศากับแนวราบโดยใช้วัสดุรางพาราโบลิคเป็นสแตนเลส จากการทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ปรับเปลี่ยนวัสดุรางพาราโบลิคสามารถทำความร้อนสูงสุดให้แก่ด้านในของหลอดสุญญากาศที่ค่า 116.6 118.1 100.5 และ 84.4 สำหรับรางพาราโบลิคที่ใช้วัสดุ ฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และปราศจากรางพาราโบลิค โดยน้ำหนัก 50 กรัมของวัตถุดิบก่อนการทดลองด้วยกรณีศึกษานี้ถูกพบว่ามีค่าน้ำหนักที่ลดลงหลังการทดลองโดยมีช่วงการเปลี่ยนแปลงการลดลงของน้ำหนักอยู่ในช่วง 15 ถึง 25 กรัม จากกรณีการปรับเปลี่ยนมุมของรางพาราโบลิคพบว่าอุณหภูมิกายในหลอดแก้วสุญญากาศสามารถสร้างค่าสูงสุดได้ด้วยการใช้ค่ามุมการเอียงของรางพาราโบลิคที่ 15 องศา โดยมีค่าอยู่ในช่วง 90 ถึง 120 องศาเซลเซียส ผลการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลองพบว่าการลดลงในช่วงค่า 25 ถึง 30 กรัม

**คำสำคัญ :** เตาพลังงานแสงอาทิตย์ รางพาราโบลิค พลังงานแสงอาทิตย์ การปรุงสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	Solar oven
<b>Students</b>	Mr. Chawakorn Chanasit Student ID 58051052
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)
<b>Department</b>	Physics
<b>Faculty</b>	Science
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
<b>Academic Year</b>	2018
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Dr. Nathaporn Promros

### Abstract

This research reports the design and construction of a solar oven for the cooking application of raw ingredient and reduction of cooking gas consumption. Main components of the solar oven were designed into 3 main parts of adjustable angle base, parabolic rail, and ingredient tray. The designed components will be used together with a vacuum tube for cooking of the raw ingredient. The process of performance testing of the constructed solar oven was separated into 2 conditions. First, the improvement of the temperature inside the solar oven with a tilt angle of 0° using foil, aluminum, stainless steel as a base material of parabolic rail. Second, the improvement of the temperature inside the solar oven with stainless steel parabolic rail at 0°, 15°, and 30°. From 1 hour of the testing period, the solar oven with different material of parabolic rail can produce an inside temperature of vacuum tube at 116.6 °C, 118.1 °C, 100.5 °C and 84.4 °C for the parabolic rail with foil, aluminum, stainless steel and the solar without a parabolic rail. It was found that the 50 grams of ingredient's weight was reduced in the range of 15 to 25 grams after the testing. In the angle adjustment of the parabolic rail condition, the temperature inside the vacuum tube can be reached the maximum values at 15° of tilt angle by having an inside temperature in the range of 90 to 120 °C. The ingredient's weight after the testing was found to be reduced in the range of 25 to 30 grams.

Keywords : Solar oven, Parabolic rail, Solar energy, Cooking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัฐพร พรหมรส อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกๆ เรื่องด้วยความมุ่งมั่น จริ่งใจ และซื่อตรง รวมทั้งปลูกฝังให้มีแนวทางในการทำงานและการดำเนินชีวิตดังนี้

- Trust (ความเชื่อใจและความเชื่อมั่นซึ่งกันและกัน) เกิดจากการสร้าง commitment (ความไว้วางใจ การรักษาคำพูด) ครั้งแล้วครั้งเล่า แต่ถ้า commitment ถูกทำลายซักรั้งเดียว trust จะหายไ่ง่ายมาก ดังนั้น จะต้องรักษา trust ให้ได้ “เชื่อใจคนอื่นและครองตนให้เป็นที่เชื่อใจของคนอื่น”
- กล้าตัดสินใจและทำให้การตัดสินใจนั้นประสบความสำเร็จให้ได้ โดยอยู่บนรากฐานของความถูกต้องและแนวทางขององค์กร
- ดูหน้างานจริง คุยกับคนที่ปฏิบัติงานนั้น ต้องเข้าใจสถานการณ์จริง ต้องเข้าใจปัญหาจริง
- ประารถนาสิ่งใดในปฐพี เอาไม้ตรีแลงได้ตั้งใจจง
- ทำลายอัตตาให้หมดไปในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบโครงการงานพิเศษ ดร.กาจปัญญา สุวรรณสุขุโข และ อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้ารับฟังการนำเสนองานวิจัย รวมถึงการให้คำแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องของโครงการงานพิเศษนี้ รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

เพื่อนนักศึกษาปริญญาตรีทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาตลอดการวิจัยในครั้งนี้ อันมีผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

ชวกร ชนะสิทธิ์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
คำย่อ/สัญลักษณ์.....	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4 วิธีการดำเนินการ.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>5</b>
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์.....	5
2.1.1 ดวงอาทิตย์.....	5
2.1.2 แสงอาทิตย์.....	6
2.2 การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์.....	7
2.3 ทฤษฎีพาราโบลา.....	7
2.3.1 การวิเคราะห์หาขนาดของพาราโบลา.....	8
2.4 กฎการสะท้อนแสง.....	8
2.4.1 กระจกกราบ.....	10
2.4.2 การสะท้อนบนพื้นผิวขรุขระ.....	11
2.4.3 ลักษณะการสะท้อนแสง.....	12
2.5 การถ่ายเทความร้อน.....	13
2.5.1 กลไกการถ่ายเทความร้อน.....	14

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน.....	15
2.7 โปรแกรม Solidworks.....	15
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>16</b>
3.1 การออกแบบและการสร้างระบบ.....	16
3.1.1 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์วัสดุ.....	16
3.2 การออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์.....	19
3.2.1 ถาดใส่อาหาร.....	20
3.2.2 รางพาราโบลิก.....	21
3.2.3 วงแหวนสำหรับยึดติดท่อแก้วสุญญากาศ.....	22
3.2.4 ฐานปรับมุมเอียง.....	23
3.3 การบันทึกผลอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล.....	26
3.3.1 หน้าปัด.....	26
3.3.2 หน้าจอแสดงผล.....	27
3.3.3 ขั้นตอนการตั้งค่ารอบการบันทึกข้อมูล.....	28
3.4 การทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์.....	30
3.4.1 การทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัสดุแผ่นสะท้อนต่างกัน.....	30
3.4.2 การทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มุมแผ่นสะท้อนต่างกัน.....	31
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย.....</b>	<b>33</b>
4.1 ประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยวัสดุแผ่นสะท้อนที่แตกต่างกัน.....	33
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของท่อแก้วสุญญากาศของแผ่นพาราโบลิกชนิดสแตนเลสด้วยมุม 0 15 และ 30 องศา.....	54
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>76</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	76
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	76
<b>เอกสารอ้างอิง.....</b>	<b>77</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
4.1 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1.....	34
4.2 นำหนักวัตถุติดก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกัน ครั้งที่ 1.....	34
4.3 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2.....	38
4.4 นำหนักวัตถุติดก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2.....	39
4.5 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3.....	42
4.6 นำหนักวัตถุติดก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3.....	43
4.7 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4.....	46
4.8 นำหนักวัตถุติดก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4.....	47
4.9 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5.....	50
4.10 นำหนักวัตถุติดก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5.....	51
4.11 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1.....	55
4.12 นำหนักวัตถุติดก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1.....	55

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2.....	59
4.14 นำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2.....	60
4.15 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลส ที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3.....	63
4.16 นำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3.....	64
4.17 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4.....	67
4.18 นำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4.....	68
4.19 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5.....	71
4.20 นำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5.....	72

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ดวงอาทิตย์.....	6
2.2 การสะท้อนของแสง.....	9
2.3 ภาพแสดงสเปกตรัมของคลื่นแสงสีขาว.....	9
2.4 ภาพแสดงการเกิดสเปกตรัมสีรุ้งของแสงเมื่อลำแสงผ่านปริซึม.....	10
2.5 การสะท้อนของกระจกเงา.....	11
2.6 การสะท้อนผิวเรียบกับขรุขระ.....	12
3.1 ท่อแก้วสุญญากาศ.....	17
3.2 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนวัสดุสแตนเลส.....	17
3.3 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนวัสดุอะลูมิเนียม.....	17
3.4 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนวัสดุฟอยล์.....	18
3.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล.....	18
3.6 เครื่องวัดความเข้มแสง.....	19
3.7 ภาพแสดงการออกแบบเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนประกอบ.....	20
3.8 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบถาดใส่อาหารด้วยโปรแกรม Solidwork.....	21
3.9 ภาพแสดงอัตราส่วนความกว้างและจุดโฟกัสของรางพาราโบลิก.....	21
3.10 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบรางพาราโบลิก.....	22
3.11 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบวงแหวนสำหรับยึดติดปลายปิดของท่อแก้วสุญญากาศ.....	23
3.12 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบแท่นวางท่อแก้วสุญญากาศ.....	23
3.13 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบแท่นวางท่อแก้วสุญญากาศ.....	24
3.14 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบแกนการวางมุม.....	25
3.15 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบฐานการวางมุม.....	25
3.16 การลาดเอียงของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่ามุม (ก) 0 องศา (ข) 15 องศา (ค) 30 องศา.....	28
3.17 รูปภาพแสดงส่วนประกอบหน้าปิด.....	27
3.18 รูปภาพแสดงหน้าจอแสดงผล.....	28

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.19 ภาพแสดงหมายเลขการตั้งค่ารอบการบันทึกข้อมูล.....	28
3.20 ภาพแสดงโหมดการตั้งค่าบันทึกผล (P1.1).....	29
3.21 ภาพแสดงตัวอย่างการเลือกช่วงเวลาบันทึกข้อมูลที 30 นาที.....	29
3.22 ภาพแสดงช่องสัญญาณ.....	29
3.23 เตาพลังงานแสงอาทิตย์.....	31
3.24 เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบปรับมุมเอียง.....	32
4.1 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่ก่อนการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 14 มิ.ย. 2562.....	35
4.2 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 14 มิ.ย. 2562.....	36
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ พอยส์ อะลูมิเนียม สเตนเลส และไม่มีรางพาราโบลิกในวันที่ 14 มิ.ย. 2562.....	37
4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 14 มิ.ย. 2562.....	38
4.5 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่ก่อนการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 20 มิ.ย. 2562.....	39
4.6 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 20 มิ.ย. 2562.....	40
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ พอยส์ อะลูมิเนียม สเตนเลส และไม่มีรางพาราโบลิกในวันที่ 20 มิ.ย. 2562.....	41
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 20 มิ.ย. 2562.....	42
4.9 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่ก่อนการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 29 มิ.ย. 2562.....	43
4.10 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 29 มิ.ย. 2562.....	44
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ พอยส์ อะลูมิเนียม สเตนเลส และไม่มีรางพาราโบลิกในวันที่ 29 มิ.ย. 2562.....	45
4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 29 มิ.ย. 2562.....	46
4.13 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่ก่อนการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ก.ค. 2562.....	47
4.14 แสดงน้ำหนักรของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ก.ค. 2562.....	48

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ พอยส์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และไม่มีรางพาราโบลา 2 ก.ค. 2562.....	49
4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 2 ก.ค. 2562.....	50
4.17 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 2 ก.ค. 2562.....	51
4.18 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ก.ค. 2562.....	52
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ พอยส์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และไม่มีรางพาราโบลาในวันที่ 2 ก.ค. 2562.....	53
4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 2 ก.ค. 2562.....	54
4.21 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1.....	56
4.22 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1.....	57
4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตน เลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 26 มิ.ย. 2562.....	58
4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 26 มิ.ย. 2562.....	59
4.25 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2.....	60
4.26 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ที่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2.....	61
4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตน เลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 26 มิ.ย. 2562.....	62
4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 26 มิ.ย. 2562.....	63
4.29 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3.....	64
4.30 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ที่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3.....	65
4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตน เลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 2 ก.ค. 2562.....	66
4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสง วันที่ 2 ก.ค. 2562.....	67
4.33 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4.....	68

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.34 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4.....	69
4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 3 ก.ค. 2562.....	70
4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสง ในวันที่ 3 ก.ค. 2562.....	71
4.37 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5.....	72
4.38 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5.....	73
4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 4 ก.ค. 2562.....	74
4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงในวันที่ 4 ก.ค. 2562.....	75

## คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อและสัญลักษณ์	คำอธิบาย
$f$	ระยะโฟกัสของรางพาราโบลิก
$W$	ความกว้างของรางพาราโบลิก
$W/m^2$	วัตต์ต่อตารางเมตร



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แสงอาทิตย์ถือเป็นแหล่งพลังงานที่ได้มาจากธรรมชาติซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดและมีอยู่มากมาย ที่ผ่านมามนุษย์ได้พัฒนาเทคโนโลยีต่างๆเพื่อต้องการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ทั้งในกรณีของพลังงานความร้อนและการเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้กันมากขึ้น เพราะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายของต้นทุนแหล่งพลังงานและเป็นการช่วยลดมลพิษ สำหรับเทคโนโลยีของการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นั้น มนุษย์ได้พัฒนาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อาทิเช่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องอบแห้ง และเตาพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cooking) เป็นต้น [1-4]

เตาพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ให้ความร้อนกับสิ่งต่างๆที่อยู่ภายในและมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก อุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการนำไปประกอบอาหารและการอบแห้งซึ่งสามารถสร้างขึ้นจากวัสดุหลายชนิด เตาพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่มีหลักการทำงานคือการรวมรังสีจากดวงอาทิตย์และเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน ถ้าหากใช้ในการประกอบอาหารจะต้องใช้เวลาพอสมควรในการทำให้อุณหภูมิสูงถึงจุดที่สามารถทำงานได้ ลักษณะการรวมแสงของเตาพลังงานแสงอาทิตย์จะเป็นแบบกระจายไปทั่วบริเวณภาชนะ [4-6] ในกรณีเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นพาราโบลาเป็นตัวสะท้อนแสงจะมีคุณสมบัติในการรวมแสงมายังจุดโฟกัส วัสดุที่ใช้ทำเป็นจานสะท้อนโดยทั่วไปจะใช้แผ่นอลูมิเนียมหรือแผ่นสแตนเลสขัดเงาเป็นตัวสะท้อนแสงอาทิตย์ ข้อดีข้อเตาชนิดนี้คือเมื่อทำการรวมแสงจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าแบบที่มีลักษณะเป็นกล่องมาก [4,5,7]

เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีจานพาราโบลาได้ถูกศึกษาโดยนักวิจัยต่างชาติอาทิเช่น Öztürk ออกแบบและสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลาที่มีราคาต่ำและประเมินค่าผลการทดลองของประสิทธิภาพของพลังงานและพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้ของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยพบว่าประสิทธิภาพของพลังงานและพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้ในช่วง 2.8 ถึง 15.7 และ 0.4 ถึง 1.25 ตามลำดับ [8] Mohamed S. Al-Soud และคณะวิจัยได้ออกแบบสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลาด้วยระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบสองแกน จากผลการทดสอบเป็นเวลา 3 วัน แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของน้ำภายในหลอดแก้วที่ใช้ทำอาหารสามารถสูงได้ถึง 90 องศาเซลเซียสในวันของช่วงฤดูร้อนเมื่ออุณหภูมิโดยรอบมีค่าสูงสุดที่ 36 องศาเซลเซียสและยังพบว่าอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิโดยรอบมีค่าที่สูงกว่าหรือเมื่อความเข้มแสงมีค่ามาก [4] Ayompe ได้ศึกษาและรายงานว่าตัวรวมแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ (Vacuum tube solar collector) สำหรับเตาแสงอาทิตย์แสดงประสิทธิภาพที่น้ำที่อุณหภูมิต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับตัวรวมแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat plate

solar collector) ในกรณีศึกษาเดียวกันสมรรถนะของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศและแบบแผ่นเรียบสำหรับการให้ความร้อนแก่น้ำภายใต้เงื่อนไขสิ่งแวดล้อมเดียวกันพบว่าประสิทธิภาพของทั้ง 2 แบบ มีค่า 60.7 และ 46.1 ตามลำดับ [9]

จากการศึกษาค้นคว้าของคณะผู้วิจัยพบว่าการออกแบบสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศที่มีแผ่นพาราโบลาทำหน้าที่สะท้อนแสงยังมีอยู่น้อยมากในประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการออกแบบสร้างอุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อใช้ในการให้ความร้อนกับวัตถุดิบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยต้องการศึกษาและจัดหาลักษณะเฉพาะของเวลาและอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิสูงและผลของความเข้มข้นของรังสีจากแสงอาทิตย์ที่มีต่ออุณหภูมิภายในหลอดสุญญากาศโดยการปรับเปลี่ยนมุมรับรังสีดวงอาทิตย์และชนิดของแผ่นสะท้อนแสง ทั้งนี้คณะผู้วิจัยคาดหวังว่าหลอดแก้วพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีแผ่นพาราโบลาในการสะท้อนแสงนี้จะสามารถนำมาใช้งานได้จริง กล่าวคืออุณหภูมิภายในหลอดแก้วเพียงพอที่จะทำให้วัตถุดิบสุกได้ภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยแสงสะท้อนที่เกิดจากแผ่นพาราโบลาจะไปรวมที่หลอดแก้วสุญญากาศ ซึ่งหลอดดังกล่าวนี้ถูกเคลือบด้วยสารที่มีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนได้ดี [10] และน่าจะทำให้ความร้อนภายในหลอดแก้วเพิ่มสูงขึ้นในระดับที่เพียงพอให้กับวัตถุดิบสุกได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องการนำเอาความร้อนจากแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้เพื่อการทำอาหารของมนุษย์ทดแทนการใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้มรวมทั้งต้องการช่วยลดมลพิษโดยการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เป็นพลังงานสะอาด

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ออกแบบและสร้างท่อแก้วพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ
- 2) ศึกษาลักษณะเฉพาะระหว่างอุณหภูมิภายในหลอดสุญญากาศและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิสูงโดยการปรับเปลี่ยนมุมรับรังสีดวงอาทิตย์และชนิดของแผ่นสะท้อนแสง
- 3) นำเอาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ทำอาหารแทนก๊าซหุงต้ม
- 4) เพื่อนำอุปกรณ์ที่จัดสร้างมาประกอบการเรียนการสอนในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีพลังงานทางเลือก
- 5) พัฒนาต้นแบบสิ่งประดิษฐ์ท่อแก้วพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการทำอาหารเพื่อนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน

### 1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1) ท่อแก้วที่ใช้ในการสะสมความร้อนเป็นหลอดสุญญากาศที่เคลือบสารเพื่อดูดกลืนแสงได้ดี
- 2) ออกแบบรางพาราโบลาเพื่อสะท้อนแสงไปตกกระทบบที่หลอดสุญญากาศ
- 3) ใช้ลูมินิเยม ฟอยล์ และสแตนเลสเพื่อสะท้อนแสงไปตกกระทบบที่หลอดสุญญากาศ
- 4) ใช้หลอดสุญญากาศพร้อมกับรางพาราโบลาที่สร้างขึ้นในการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบ
- 5) ออกแบบให้ฐานของสิ่งประดิษฐ์สามารถเคลื่อนที่ได้และปรับเปลี่ยนมุมของแผ่นวางในการรับแสงได้

### 1.4 วิธีการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	
ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบสร้าง	←			→						
ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Solid Work และหาวัสดุที่นำมาใช้			←		→					
จัดสร้างวัสดุภายในระบบ เช่น ถาดใส่อาหาร รางพาราโบลา						←	→			
ทดสอบระบบที่สร้างในการรับรังสีแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนอาหาร							←	→		
สรุปผลการทดลองแล้วจัดทำเล่มรายงาน									←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้รับท่อแก้วพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมรับรังสีดวงอาทิตย์และชนิดของแผ่นสะท้อนแสง
- 2) ได้รับความรู้ในการออกแบบท่อแก้วพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้โปรแกรม SolidWorks
- 3) เป็นการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในการทำอาหาร
- 4) นำท่อแก้วพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมาใช้ในการเรียนการสอนในสาขาที่เกี่ยวข้อง



## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ [11]

พลังงานแสงอาทิตย์จัดว่าเป็นพลังงานทดแทนชนิดหมุนเวียนที่ใช้แล้วสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน

#### 2.1.1 ดวงอาทิตย์ [12]

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่อยู่ตรงใจกลางของระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์ให้แสงสว่าง ความร้อน และพลังงานรูปแบบอื่นแก่โลก ดวงอาทิตย์อยู่ในสถานะที่เรียกว่า พลาสมา พลาสมาคือ สถานะที่ 4 ของสสาร คือ แก๊สที่อิเล็กตรอนไม่ได้ยึดติดกับนิวเคลียส ดังนั้น พลาสมาจึงมีความเป็นกลางทางประจุไฟฟ้ารอบ ๆ ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยดาวเคราะห์ต่างๆ กับดาวบริวารของมัน ดาวเคราะห์น้อยอีกนับแสน และดาวหางอีกเป็นล้านดวง ทั้งหมดนี้รวมเรียกว่าระบบสุริยะ ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร มีรัศมี (วัดบริเวณเส้นศูนย์สูตร) ประมาณ 695,500 กิโลเมตร ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจน 75% ต่อมาฮีเลียม 25% ต่อมา และธาตุหนักอื่น ๆ อีกน้อยกว่า 1% ต่อมา

พลังงานของดวงอาทิตย์มาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งเกิดที่แกนกลางของดวงอาทิตย์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันคือการรวมกันของอะตอมของธาตุเบาได้อะตอมใหม่ที่มีมวลน้อยกว่ามวลรวมของอะตอมเริ่มต้น และมวลที่หายไปนั้นถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานดวงอาทิตย์มีความเป็นแม่เหล็ก นักวิทยาศาสตร์อธิบายความเป็นแม่เหล็กของสารในรูปแบบของสนามแม่เหล็ก ซึ่งบริเวณที่สนามแม่เหล็กมีผลจะรวมถึงอวกาศที่อยู่รอบ ๆ วัตถุแม่เหล็กนั้นด้วย สนามแม่เหล็กของดวงอาทิตย์จะเข้มมากที่บริเวณเล็กๆ บนผิวที่เราเรียกว่าจุดมืดบนดวงอาทิตย์ บางครั้งจะมีการลุกจ้า และการปลดปล่อยก้อนมวลจากชั้นโคโรนาจากจุดมืดนี้ด้วย การลุกจ้า เป็นเหตุการณ์ที่รุนแรงมากเหตุการณ์หนึ่งในระบบสุริยะ และการปลดปล่อยก้อนมวลจากชั้นโคโรนา ซึ่งมีความรุนแรงมากกว่าการลุกจ้า การปลดปล่อยก้อนมวลครั้งหนึ่งอาจปล่อยมวลสารออกมามากถึง 20,000 ล้านตันสู่อวกาศ ดวงอาทิตย์เกิดมาเมื่อประมาณ 4,600 ล้านปีที่แล้ว และยังมีเชื้อเพลิงมากเพียงพอที่จะอยู่ต่อไปอีก 5,000 ล้านปี หลังจากนั้นมันจะกลายเป็นดาวยักษ์แดง และในที่สุดเมื่อชั้นบรรยากาศของมันหมดไป แกนกลางก็จะยุบตัวกลายเป็นดาวแคระขาว



รูปที่ 2.1 ดวงอาทิตย์

### 2.1.2 แสงอาทิตย์ [13]

แสงอาทิตย์ เป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนหนึ่งที่ปล่อยออกจากดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แสงในช่วงอินฟราเรด แสงที่ตามองเห็น และอัลตราไวโอเล็ตบนโลก แสงอาทิตย์ถูกกรองผ่านชั้นบรรยากาศโลก และเห็นชัดเป็นแสงกลางวันเมื่อดวงอาทิตย์อยู่เหนือเส้นขอบฟ้า แสงอาทิตย์มีสีขาวย เกิดจากแสงทั้ง 7 สีมารวมกัน โดยแสงอาทิตย์จะมีความยาวคลื่นประมาณ 400 - 700 นาโนเมตร แสงที่มีความยาวคลื่นต่ำสุดคือสีม่วง สีน้ำเงินจนมาถึงสีแดงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร

เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงไม่ถูกเมฆกั้น แสงอาทิตย์จะเป็นแสงจ้าและรังสีความร้อน ประกอบกัน เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงถูกเมฆกั้นหรือสะท้อนออกไปโดยวัตถุอื่น จะเห็นไปแสงพราวกระจาย แสงอาทิตย์ใช้เวลาเดินทางถึงโลกราว 8.3 นาที โดยเฉลี่ย ต้องใช้พลังงานระหว่าง 10,000 ถึง 170,000 ปีจึงจะออกจากภายในดวงอาทิตย์ แล้วค่อยถูกแปลงจากพื้นผิวเป็นแสงได้

แสงอาทิตย์โดยตรงมีประสิทธิภาพความส่องสว่างอยู่ที่ราว 93 ลูเมนต่อวัตต์ของฟลักซ์การแผ่รังสี แสงอาทิตย์สว่างให้ความสว่างประมาณ 100,000 ลักซ์หรือลูเมนต่อตารางเมตรที่พื้นผิวโลก องค์ประกอบของแสงอาทิตย์ที่ระดับพื้นต่อตารางเมตร เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดเหนือศีรษะ อยู่ที่ราว 527 วัตต์ของรังสีอินฟราเรด 445 วัตต์ของแสงที่ตามองเห็น และ 32 วัตต์ของรังสีอัลตราไวโอเล็ต บนชั้นบรรยากาศ แสงอาทิตย์เข้มกว่าประมาณ 30% โดยมีสัดส่วนอัลตราไวโอเล็ตสูงกว่าสามเท่า รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยอัลตราไวโอเล็ตคลื่นสั้นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

แสงอาทิตย์ เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่นบนดวงอาทิตย์ เกิดจากการหลอมรวมตัวกันของอะตอมของธาตุไฮโดรเจนกลายเป็นอะตอมของธาตุฮีเลียม ในการเกิดปฏิกิริยานี้ จะให้พลังงานมหาศาล และพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นนี้ แผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

มายังโลก ที่เราพอสังเกตเห็นได้ในรูปของความร้อนและแสงที่เราเรียกว่า แสงอาทิตย์ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่รังสีมาจากดวงอาทิตย์นี้มีความยาวคลื่นต่างๆ ตั้งแต่ความยาวคลื่นมากกว่า 1,000 ไมครอนต่อเนื่องกันจนถึงสั้นกว่า 0.2 ไมครอน (200 นาโนเมตร) ในบรรดาคลื่นแสงที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ทั้งหมด แสงสีเหลืองที่มีความยาวคลื่น 0.55 ไมครอน (550 นาโนเมตร) เป็นคลื่นแสงที่มีปริมาณความเข้มสูงสุด ดังแสดงด้วยเส้นกราฟสเปกตรัมของคลื่นแสง และแสงแดดเป็นคลื่นแสงที่เหมาะสมที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงสร้างชีวมวล และมีส่วนทำให้พืชและสัตว์ดำรงชีวิตอยู่บนโลกนี้ได้

## 2.2 การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ [14]

พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายหลายรูปแบบ เช่น เพื่อเพิ่มสุขอนามัยในพื้นที่ห่างไกล เช่น การฆ่าเชื้อโรคที่มากับน้ำโดยการให้น้ำสัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรง การเลี้ยงสาหร่ายในการปรับสภาพน้ำโดยการเพิ่มออกซิเจน การติดตั้งเครื่องสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์เพื่อแจกจ่ายน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือก เช่น การเลี้ยงสาหร่ายบางชนิดเพื่อนำมาสกัดเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างพลังงานให้รถไฟฟ้า การพัฒนาการเกษตร เช่น การปลูกต้นไม้เช่นพืชผักสวนครัวดอกไม้ในเรือนกระจกในประเทศหนาวเป็นต้น เรือนกระจกจะป้องกันอากาศหนาวจากภายนอกและเก็บกักความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ การติดตั้งไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ในพื้นที่ห่างไกลเพื่อสูบน้ำเข้าไร่นาเพื่อการเกษตร การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านทั่วไปแล้วต่อเข้ากับสายส่งของผู้ผลิตไฟฟ้ากลาง เพื่อใช้เองและขายส่วนเกินให้ผู้ผลิตกลาง การผลิตน้ำร้อนจากพลังแสงอาทิตย์เพื่อการพาณิชย์

## 2.3 ทฤษฎีของพาราโบลา [15]

พาราโบลาคือภาคตัดกรวยที่เกิดจากการตัดกันระหว่างพื้นผิวกรวยด้วยระนาบที่ขนานกับเส้นกำเนิดกรวย ของพื้นผิวนั้น พาราโบลาสามารถกำหนดเป็นด้วยจุดต่างๆ ที่มีระยะห่างจากจุดที่กำหนด คือ จุดโฟกัสและเส้นที่กำหนด คือ เส้นไดเรกตริกซ์

พาราโบลาเป็นแนวคิดที่สำคัญในทฤษฎีคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม พาราโบลาสามารถพบได้บ่อยมากในโลกภายนอก และสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในวิศวกรรม ฟิสิกส์ และศาสตร์อื่นๆ

พาราโบลามีหลายรูปชนิด เช่นกรวยคว่ำกรวยหงาย บางทีตัดผ่าน 2 ช่อง บางทีตัดผ่าน 4 ช่อง แล้วแต่สมการที่มีการกำหนดมา ซึ่งจะเป็นชนิดให้ก็ได้แต่ไม่สามารถเป็นเส้นตรงๆได้เพราะจะไม่เรียกว่าพาราโบลา

### 2.3.1 การวิเคราะห์หาขนาดของรางพาราโบลา [7]

โดยที่มีสมการของพาราโบลาแบบหงายขึ้นที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด (0,0) คือ

$$x = \frac{x^2}{4f} \quad (2.1)$$

การออกแบบให้ระยะในแนวดิ่งหรือความลึกของ Parabola trough เท่ากับระยะโฟกัสสามารถทำได้โดย

$$y = f ; x = w^2 \quad (2.2)$$

$$y = \frac{\left(\frac{w}{2}\right)^2}{4f} \quad (2.3)$$

$$\frac{f}{w} = 0.25 \quad (2.4)$$

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการออกแบบรางพาราโบลานั้น จะต้องมีระยะความยาวโฟกัสต่อระยะความกว้างของช่องรับแสงจะต้องมีค่าเท่ากับ 0.25

## 2.4 กฎการสะท้อนของแสง [16]

การสะท้อนของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นค่าหนึ่งมายังตัวกลางที่มีค่าความหนาแน่นอีกตัวหนึ่ง ทำให้แสงตกกระทบกับตัวกลางใหม่ แล้วสะท้อนกลับสู่ตัวเดิม เช่น การสะท้อนของแสงจากอากาศกับผิวหน้าของกระจกเงาจะเกิดการสะท้อนแสงที่ผิวหน้าของกระจกเงาราบแล้วกลับสู่อากาศดังเดิมเมื่อแสงตกกระทบกับผิวหน้าของตัวกลางใดๆ ปริมาณและทิศทางของการสะท้อนของแสงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของพื้นผิวหน้าของตัวกลางที่ตกกระทบ เมื่อลำแสงขนานตกกระทบพื้นผิวหน้าวัตถุที่เรียบ แสงจะสะท้อนเป็นลำแสงขนานเหมือนกับลำแสงที่ตกกระทบ แสงอาจเกิดการสะท้อนสมบูรณ์ เช่นการสะท้อนผ่านกระจกเงา หรือสะท้อนไม่สมบูรณ์ ซึ่งสูญเสียภาพเชิงฟิลิกส์แต่อนุรักษ์พลังงานขึ้นกับชนิดของตัวกลางที่แสงซึ่งแสงเกิดการสะท้อน [17]

การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบพื้นผิววัตถุที่เรียบเกิดขึ้นเมื่อลำแสงตกกระทบไปยังพื้นกระจกหรือพื้นผิวที่ขรุขระจะส่งผลให้แสงสะท้อนกลับไปคนละทิศละทาง

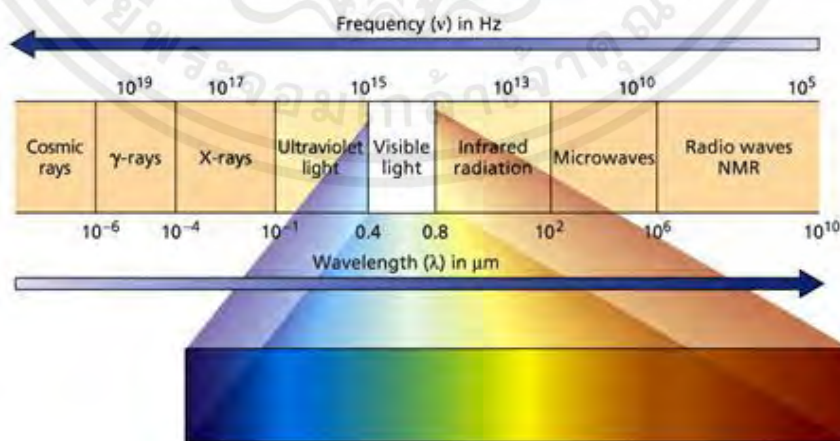
- 1) รังสีตกกระทบ คือ รังสีของแสงที่พุ่งเข้าหาพื้นผิวของวัตถุ
- 2) รังสีสะท้อน คือ รังสีของแสงที่พุ่งออกจากพื้นผิวของวัตถุ
- 3) เส้นปกติ คือ เส้นที่ลากตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุตรงจุดที่แสงกระทบ
- 4) มุมตกกระทบ คือ มุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ
- 5) มุมสะท้อน คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นปกติ

กฎการสะท้อนของแสง มี 2 ข้อ ดังนี้ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติจะอยู่ในระนาบเดียวกันมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การสะท้อนของแสง

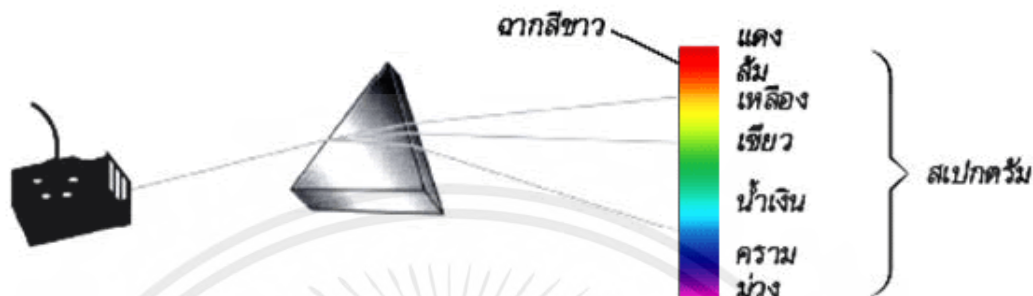
แสงจากดวงอาทิตย์เป็นแสงขาว ซึ่งเราสามารถใช้อปริซึมแยกแสงที่เป็นองค์ประกอบของแสงขาวออกจากกันได้เป็นแถบสีต่างๆ 7 สีเรียงติดกันเราเรียกแถบสีที่เรียงติดกันนี้ว่า สเปกตรัม



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงสเปกตรัมของคลื่นแสงสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์รุ้งกินน้ำ ก็เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่หยดน้ำฝนหรือละอองน้ำทำหน้าที่เป็นปริซึม แสงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมาจะเกิดการหักเหทำให้เกิดเป็นแถบสีบนท้องฟ้า

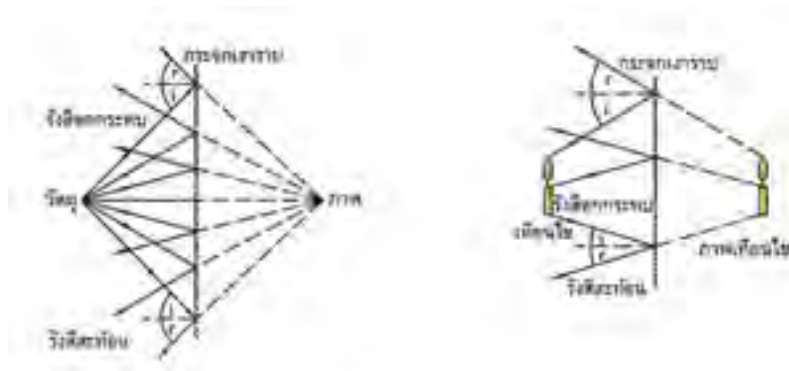


รูปที่ 2.4 ภาพแสดงการเกิดสเปกตรัมสีรุ้งของแสงเมื่อลำแสงผ่านปริซึม

จากภาพแสงสีแดงจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าแสงสีม่วง ทำให้แสงสีแดงเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่น้อยกว่าแสงสีม่วง เป็นสาเหตุทำให้เกิดการกระจายของแสงขาวเรียงกันเป็นแถบสีเกิดขึ้น

#### 2.4.1 กระจกกราบ [18]

เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาราบ เราสามารถเห็นทั้งวัตถุและภาพของวัตถุในกระจกเงาราบได้ เพราะมีแสงจากวัตถุมาเข้าตาแต่การเห็นภาพของวัตถุนั้น เกิดจากการที่แสงจากวัตถุไปตกกระทบบนผิวกระจกเงาราบแล้วสะท้อนกลับมาเข้าตาเรา โดยปกติแสงจากวัตถุจะกระจายออกไปทุกทิศทางและจะตกกระทบบนพื้นผิวของกระจกเงาราบ ถ้าพิจารณาแสงจากวัตถุเป็นรังสี จะมีรังสีของแสงจำนวนมากมายจากวัตถุตกกระทบบนผิวของกระจกเงาราบ ทำให้สามารถแสดงที่มาของภาพในกระจกเงาราบได้ ด้วยการใช้กฎการสะท้อนของแสงเขียนรังสีตกกระทบบน รังสีสะท้อนและเส้นแนวฉากจากนั้นต่อแนวรังสีสะท้อนไปทางด้านหลังของกระจกเงาราบ จากสมบัติเชิงเรขาคณิตของแสง อาจแสดงได้ว่ารังสีสะท้อนเหล่านี้เสมือนออกมาจากจุดจุดหนึ่ง ซึ่งก็คือตำแหน่งภาพของวัตถุนั้นเอง ดังรูป ก. ระยะที่วัตถุอยู่ห่างจากผิวกระจกเรียกว่า ระยะวัตถุ ระยะที่ภาพอยู่ห่างจากผิวกระจกเรียกว่า ระยะภาพ ตามรูป ก และ ข จุด P' เป็นภาพของ P โดยมี PA เป็นระยะวัตถุและ P'A เป็นระยะภาพ

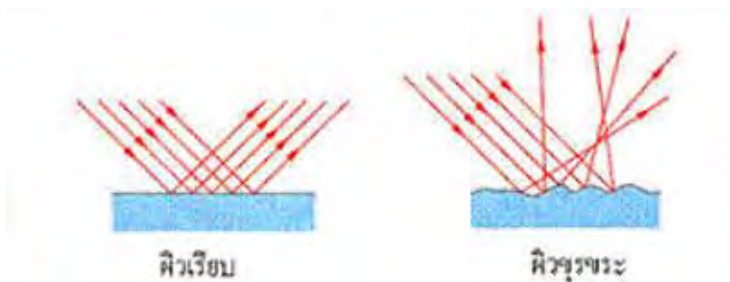


รูปที่ 2.5 การสะท้อนของกระจกเงา

การศึกษารูปของวัตถุที่เกิดในกระจกเงาราบที่ผ่านมาเป็นกรณีทีวัตถุมีขนาดเล็กกว่ากระจกเงาราบ ถ้าวัตถุมีขนาดใหญ่กว่ากระจกเงาราบเราก็สามารถเขียนรังสีโดยใช้กฎการสะท้อนแสงเพื่อแสดงการเกิดภาพในกระจกเงาราบได้เช่นกันสำหรับวัตถุที่มีรูปทรงเช่นกล่องหรือเก้าอี้ซึ่งประกอบด้วยจุดจำนวนมาก ดังนั้น เมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจกเงาราบเพราะภาพของจุดแต่ละจุดที่เกิดขึ้นจะมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุทำให้องค์ประกอบอื่นๆของวัตถุที่ปรากฏเป็นภาพก็จะมีขนาดเท่ากันด้วย จึงทำให้สรุปได้ว่าขนาดของภาพที่ได้จากการวางวัตถุไว้หน้าผิวสะท้อนราบใดๆจะเท่ากับขนาดของวัตถุเสมอภาพของวัตถุในกระจกเงาราบนั้นเป็นภาพที่เกิดจากรังสีสะท้อนมาเข้าตาจึงทำให้ดูเหมือนว่ารังสีเหล่านั้นมาจากภาพอยู่หลังกระจก และถ้าเรานำฉากไปวาง ณ ตำแหน่งที่เห็นภาพนั้นก็จะมีภาพใดๆปรากฏบนฉาก

#### 2.4.2 การสะท้อนบนพื้นผิวขรุขระ [19]

การสะท้อนของแสงจะเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ไปตกกระทบบนพื้นผิววัตถุ แล้วสะท้อนกลับมายังทิศทางของตัวกลางแรก โดยแสงที่สะท้อนออกมานั้นจะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะพื้นผิวถ้าพื้นผิวเรียบจะให้แสงสะท้อนที่เป็นระเบียบแต่ถ้าพื้นผิวขรุขระจะให้แสงสะท้อนที่กระจัดกระจาย ไม่เป็นระเบียบและเกิดการสะท้อนกลับออกไปในหลายทิศทางตัวอย่างเช่น เมื่อแสงตกกระทบบนถนนที่มีพื้นผิวแห้งและขรุขระจะเกิดการสะท้อนแสงเข้ามายังตาแต่ตรงกันข้ามเมื่อแสงตกกระทบบนพื้นถนนที่เปียกไปด้วยน้ำ พื้นน้ำจะทำให้เกิดการสะท้อนบนผิวเรียบแสงจากรถจึงสะท้อนไปยังหน้ารถเพียงอย่างเดียวและมีแค่ส่วนน้อยเท่านั้นที่สะท้อนเข้าตาจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้การมองพื้นถนนที่เปียกหลังฝนตกมองเห็นได้ไม่ชัดเจน



รูปที่ 2.6 การสะท้อนผิวเรียบกับขรุขระ

### 2.4.3 ลักษณะการสะท้อนของแสง

การสะท้อนของแสงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) การสะท้อนปกติคือการสะท้อนของแสงที่รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติ หรือเส้นแนวฉากอยู่บนระนาบเดียวกัน สามารถเกิดและให้ผลเหมือนกันบนวัตถุที่มีพื้นผิวเรียบทั้งลักษณะผิวราบและผิวโค้งตัวอย่างเช่น บนพื้นผิวกระจกเงา และพื้นผิวโลหะต่างๆ โดยที่การสะท้อนปกตินี้มุมตกกระทบนั้นจะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ

2) การสะท้อนกระจายเกิดขึ้นกับการสะท้อนของแสงลงบนวัตถุที่มีพื้นผิวขรุขระ ตัวอย่างเช่น ไม้ กระดาษ หรือวัตถุที่แสงอื่นๆก็เกิดการสะท้อนแสงในรูปแบบเดียวกัน ซึ่งด้วยพื้นผิวของวัตถุที่ไม่เรียบและหยาบนี้จึงทำให้แสงที่สะท้อนนั้นกระจายออกไปในหลายทิศทางเรียกการสะท้อนดังกล่าวว่า การสะท้อนกระจาย หากพิจารณาพื้นผิวเป็นบริเวณเล็กๆจะพบว่าพื้นผิวขรุขระนั้นประกอบขึ้นจากพื้นผิวเรียบจำนวนมากที่ทำมุมเป็นองศาต่างๆกันโดยที่มุมตกกระทบจะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อนบริเวณตำแหน่งที่แสงตกกระทบเสมอ

3) การสะท้อนกลับหมดคือการที่แสงวิ่งจากตัวกลางโปร่งแสงไปยังตัวกลางโปร่งใส สามารถอธิบายให้เข้าใจง่ายจากตัวอย่างของการที่แสงวิ่งจากแก้วไปยังอากาศ หากแสงบางส่วนสะท้อนกลับและบางส่วนทะลุจากแก้วออกไปยังอากาศคือการที่แสงทำมุมตกกระทบมีค่าน้อยกว่า 42 องศา แต่ถ้ามุมที่ตกกระทบมีค่าเท่ากับ 42 องศา แสงทั้งหมดจะสะท้อนกลับคืนสู่แก้วโดยที่ไม่ออกไปยังอากาศเลย เรียกการสะท้อนลักษณะนี้ว่าการสะท้อนกลับหมด รอยต่อระหว่างตัวกลางคือแก้วกับอากาศนั้นให้การตกกระทบที่ทำให้แสงสะท้อนกลับหมด ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางที่ต่างกันไปอีกตัวอย่างคือการมองผ่านแผ่นกรองแสงสีต่างๆกันทำให้เห็นปรากฏการณ์ของแสงในหลายรูปแบบ เช่น แผ่นกรองแสงสีแดง ยอมให้เพียงแสงสีแดงทะลุผ่านจึงสะท้อนออกมาให้เห็นเป็นสีแดง แผ่นกรองแสงสีเหลืองซึ่งเป็นสีทุติยภูมิ ที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดงและสีเขียวจะสะท้อนและยอมให้แสงสีแดงและสีเขียวทะลุผ่านการมองผ่าน

แผ่นกรองแสงสีต่างๆ เพื่อดูวัตถุใดๆ จะเห็นสีวัตถุที่ต่างไปจากการมองวัตถุแบบปกติในแสงขาว สรุปแล้วในการสะท้อนของแสงกับผิววัตถุ กรณีที่วัตถุมีพื้นผิวเรียบจะให้แสงสะท้อนออกมาเป็นระเบียบได้ภาพที่ชัดเจน แต่หากวัตถุมีพื้นผิวขรุขระจะให้แสงสะท้อนกระจัดกระจาย ได้ภาพที่ไม่ชัดเจน

การสะท้อนของแสงนั้นเกิดขึ้นได้บริเวณทุกผิวสัมผัสระหว่างตัวกลางสองชนิด โดยที่ดัชนีการหักเหแสงของผิวสัมผัสทั้งสองชนิดนั้นต้องมีค่าไม่เท่ากัน เช่น การสะท้อนของแสงบนกระจกเงา คือการสะท้อนของแสงบริเวณผิวสัมผัสของแก้วกับโลหะที่ฉาบไว้ ส่วนการสะท้อนบนผิวน้ำ คือการสะท้อนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสของน้ำกับอากาศ ปกติแล้วแสงสะท้อนส่วนหนึ่งจะเกิดการสะท้อนกลับไปยังผิวสัมผัสของวัตถุ ส่วนที่เหลือนั้นจะเกิดการหักเหของแสงไปยังตัวกลางอื่นๆ

## 2.5 การถ่ายเทความร้อน [20]

การถ่ายเทความร้อนมีความสำคัญกับงานทางวิศวกรรมอย่างมาก โดยเฉพาะวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมยานยนต์ และวิศวกรรมอากาศยาน ที่ลักษณะงานต้องเกี่ยวข้องกับระบบหรือชิ้นส่วนที่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงต้องมีการออกแบบเพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในระบบได้อย่างเหมาะสม อาทิ การออกแบบ Heat sink เพื่อถ่ายเทความร้อนบนชิ้นส่วนหรือวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายเทความร้อนจากเครื่องยนต์โดยอาศัยหม้อน้ำรถยนต์ซึ่งมีลักษณะคล้ายรังผึ้ง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนหรือไอน้ำที่เรียกว่าหม้อไอน้ำ (Boiler) การออกแบบหลังคาตัวอาคารและการเลือกใช้วัสดุที่ช่วยป้องกันความร้อน เป็นต้น โดยพื้นฐานแล้วการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

### 2.5.1 กลไกการถ่ายเทความร้อน

1) การนำความร้อน คือการถ่ายเทความร้อนโดยที่ตัวกลางไม่เคลื่อนที่ เช่น ความร้อนจากกาแฟในถ้วยไหลผ่านช้อนโลหะทำมือที่จับที่ด้ามช้อนรูสีกร้อน เป็นต้น การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์ระดับอนุภาคของสสาร เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการสั่นและส่งต่อพลังงานกัน การนำความร้อนจึงเกิดขึ้นได้ในสสารทุกสถานะทั้งของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ความสามารถในการนำความร้อนของสสารแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกัน พารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายความสามารถดังกล่าวเรียกว่า ค่าสภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity:  $k$ ) วัสดุที่มีค่า  $k$  สูงจะนำความร้อนได้ดี อาทิ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม จึงนิยมนำเอามาใช้ทำภาชนะหุงต้ม หรืออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนวัสดุที่มีค่า  $k$  ต่ำจะนำความร้อนได้น้อย อาทิ โยแก้ว ยิปซัม จึงนิยมนำมาใช้ทำฉนวนกันความร้อน เป็นต้น พื้นฐานการนำความร้อน

อธิบายได้ด้วย กฎการนำความร้อนของฟูริเยร์ ที่ว่า “อัตราการถ่ายนำความร้อนแปรผันตรงกับเกรเดียนต์ของอุณหภูมิและพื้นที่”

$$q = -kA_c \left( \frac{dT}{dx} \right) \quad (2.5)$$

ดังนั้น หากต้องการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำให้ได้มาก ทำได้โดยเลือกวัสดุตัวกลางที่มีค่าสภาพการนำความร้อนสูงๆ หรือเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัสของการนำความร้อนให้มากขึ้น

2) การพาความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยที่ตัวกลางเคลื่อนที่หรือไหลไปด้วย การพาความร้อนจึงเกิดขึ้นเฉพาะกับของเหลวหรือก๊าซเท่านั้น ความสามารถในการพาความร้อนขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Convection heat transfer coefficient: h) ค่าอุณหภูมิแวดล้อม และขนาดพื้นที่ผิวของวัตถุที่มีการพาความร้อน โดยทั่วไปค่า h ขึ้นอยู่กับหลายพารามิเตอร์ อาทิ ความเร็วและสมบัติของตัวกลาง ซึ่งมักได้จากการทดลองเป็นรายกรณี ค่า h มากหมายถึงการพาความร้อนได้ดี ในทางกลับกันค่า h น้อยหมายถึงพาความร้อนได้ไม่ดี พื้นฐานของการพาความร้อนอธิบายด้วย Newton's cooling law ดังนี้

$$q = hA_s (T - T_\infty) \quad (2.6)$$

ดังนั้น หากต้องการถ่ายเทความร้อนด้วยกาพาให้ได้มาก ทำได้โดยเพิ่มค่า h อาจด้วยการติดตั้งพัดลมช่วยเป่า หรือเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับวัตถุที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อน

3) การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงไม่อาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายความร้อน เช่น การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก โดยทั่วไปวัตถุยังมีอุณหภูมิสูงจะยิ่งแผ่รังสีความร้อนได้มาก หลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีอธิบายได้ด้วย Stefan-Boltzmann Law ดังนี้

$$q = \epsilon \sigma A_s T^4 \quad (2.7)$$

เมื่อ  $\sigma$  เป็นค่าคงที่ Stefan-Boltzmann ซึ่งเท่ากับ  $5.6703 \times 10^{-8}$  (W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>) และ  $\epsilon$  เป็นค่าสภาพการเปล่งรังสี (Emissivity) โดย  $\epsilon = 1$  สำหรับวัตถุดำ และ  $\epsilon = 0$  สำหรับวัตถุขาว

## 2.6 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน [21]

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนงานสุทธิที่ได้ออกมาจากกลจักรความร้อนจึงมีค่าน้อยกว่าปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าสู่ระบบเสมอหรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า มีความร้อนที่ถ่ายโอนเข้าสู่กลจักรความร้อนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะเปลี่ยนไปเป็นงานอัตราส่วนของความร้อนที่ป้อนเข้าไปที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นงานสุทธิจะถูกใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพการทำงานของกลจักรความร้อนและถูกเรียกว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน = งานสุทธิที่ได้ออกมา/ความร้อนทั้งหมดป้อนเข้าไป

$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_{in}} \quad \text{หรือ} \quad \eta_{th} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \quad (2.8)$$

เมื่อ  $Q_H$  = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างอุปกรณ์วัฏจักรกับแหล่งสะสมพลังงานที่มีอุณหภูมิสูง

$Q_L$  = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายโอนระหว่างอุปกรณ์วัฏจักรกับแหล่งสะสมพลังงานที่มีอุณหภูมิต่ำ

## 2.7 โปรแกรม SolidWorks [22]

SolidWorks พัฒนาขึ้นในปี 1995 โดยบริษัท Dassault System ในประเทศฝรั่งเศสเป็นซอฟต์แวร์เพื่อให้นักออกแบบใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำลองใน Computer ก่อนที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง โดยตัวซอฟต์แวร์จะจัดอยู่ในตระกูล CAD (Computer Aided Design) ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานจำลองในรูปแบบ 3D Solid Models เป็นแบบงานแยกชิ้น (Part) และแบบงานประกอบ (Assembly) เพื่อนำไปสร้างเป็น 2D Standard Engineering (CADD = Computer Aided Design and Drafting) โปรแกรม Solidwork เป็นโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงมาก คือ สามารถที่จะทำงานมากมายหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานที่ต้องขึ้นเป็น Solid หรือ Surface ก็มีเครื่องที่รองรับเป็นอย่างดี เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้วสามารถที่จะประกอบชิ้นงานได้ใน Mode ของชุดคำสั่ง Assembly รวมทั้งผู้ต้องการ Drawing ของชิ้นงานก็เพียงลากชิ้นงานมาวางในใบงานแล้วขนาดจะมองเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถประหยัดเวลาในการทำงาน

## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้เราจะกล่าวถึงการออกแบบและจัดสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกรวมถึงอุปกรณ์ในการวัดผลการทดลอง โดยการทดลองผู้วิจัยศึกษาการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศโดยทำการเปลี่ยนวัสดุของรางพาราโบลิกทั้งหมด 3 ชนิดคือ ฟอยล์ อลูมิเนียม และสแตนเลส โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบการทำอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศจากวัสดุทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวที่มุม 0 องศา จากนั้นจะทำการเลือกใช้วัสดุที่ทำอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่ดีที่สุดมาใช้เป็นวัสดุหลักในการทดลองการเปลี่ยนมุมที่ค่า 0 15 และ 30 องศาของแผ่นสะท้อนเพื่อศึกษาการทำอุณหภูมิภายในหลอดแก้วที่ค่ามุมที่ต่างกัน

### 3.1 การออกแบบและการสร้างระบบ

รายละเอียดการออกแบบสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกกล่าวตามรายละเอียดในหัวข้อนี้ซึ่งประกอบไปด้วย การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์วัดผล การออกแบบชิ้นส่วนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลการทดลอง และขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่จัดสร้างขึ้น

#### 3.1.1 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์วัดผล

ในส่วนนี้เราจะอธิบายถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองการอบอาหารของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

##### 1) ท่อแก้วสุญญากาศ (Vacuum Tube)

ท่อแก้วสุญญากาศเป็นอุปกรณ์ที่เรียกว่ามีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยทำหน้าที่เป็นเหมือนเตาอบอาหาร ทำหน้าที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและรังสีความร้อนที่สะท้อนจากรางพาราโบลิก โดยที่ลักษณะท่อแก้วด้านหนึ่งเป็นท่อปลายเปิดและอีกด้านหนึ่งเป็นท่อปลายปิด ท่อแก้วสุญญากาศมีความยาว 540 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 60 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 45 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.1 ท่อแก้วสุญญากาศ

2) แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน

แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนคือ ส่วนที่จะทำหน้าที่สะท้อนรังสีความร้อนเพื่อรวมรังสีความร้อนที่บริเวณการตกกระทบของแผ่นสะท้อนไปยังท่อแก้วสุญญากาศ โดยผู้วิจัยได้จัดหาวัสดุของแผ่นสะท้อนที่แตกต่างกัน 3 ชนิดได้แก่ ฟอยล์ อะลูมิเนียม และสแตนเลส มีความยาว 540 มิลลิเมตร มีความกว้าง 300 มิลลิเมตรที่เท่ากันของแต่ละวัสดุ



รูปที่ 3.2 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนวัสดุสแตนเลส



รูปที่ 3.3 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนวัสดุอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผ่นสะท้อนรังสีความร้อนวัสดุฟอยล์

3) เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยเลือกใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูลชนิด 4 ช่องสัญญาณ (4 channel K thermometer SD logger) ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger ซึ่งวัดข้อมูลอุณหภูมิผ่านสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K (Thermocouple Type K) โดยตัวอุปกรณ์สามารถบันทึกข้อมูลอุณหภูมิไปยัง SD การ์ดได้หลายรอบช่วงการบันทึกตั้งแต่ ทุก 15 วินาที และ 90 นาที ตัวอุปกรณ์มีความสามารถในการบันทึกผลที่ค่าความละเอียดการบันทึกผลที่ความแม่นยำต่างกันไม่เกิน 0.6 องศาเซลเซียส โดยมีขนาดของอุปกรณ์คือความยาว 53 มิลลิเมตร ความกว้าง 80 มิลลิเมตร และความสูง 23 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4) เครื่องวัดความเข้มแสง

ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ Tenmars รุ่น tm-750 โดยตัวอุปกรณ์มีความสามารถในการบันทึกค่าความเข้มแสงที่ค่าความเข้มแสงสูงสุดเท่ากับ 2000 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยแสดงผลที่ค่าความละเอียดต่ำสุดในหลักทศนิยม 1 ตำแหน่ง โดยมีขนาดของอุปกรณ์คือความยาว 53 มิลลิเมตร ความกว้าง 80 มิลลิเมตร และความสูง 23 มิลลิเมตร อุปกรณ์วัดความเข้มแสงจะถูกนำมาใช้ในการวัดปริมาณแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงสว่างระหว่างการทดลอง รูปที่ 3.6 แสดงภาพเครื่องวัดความเข้มแสงที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการบันทึกทดลอง

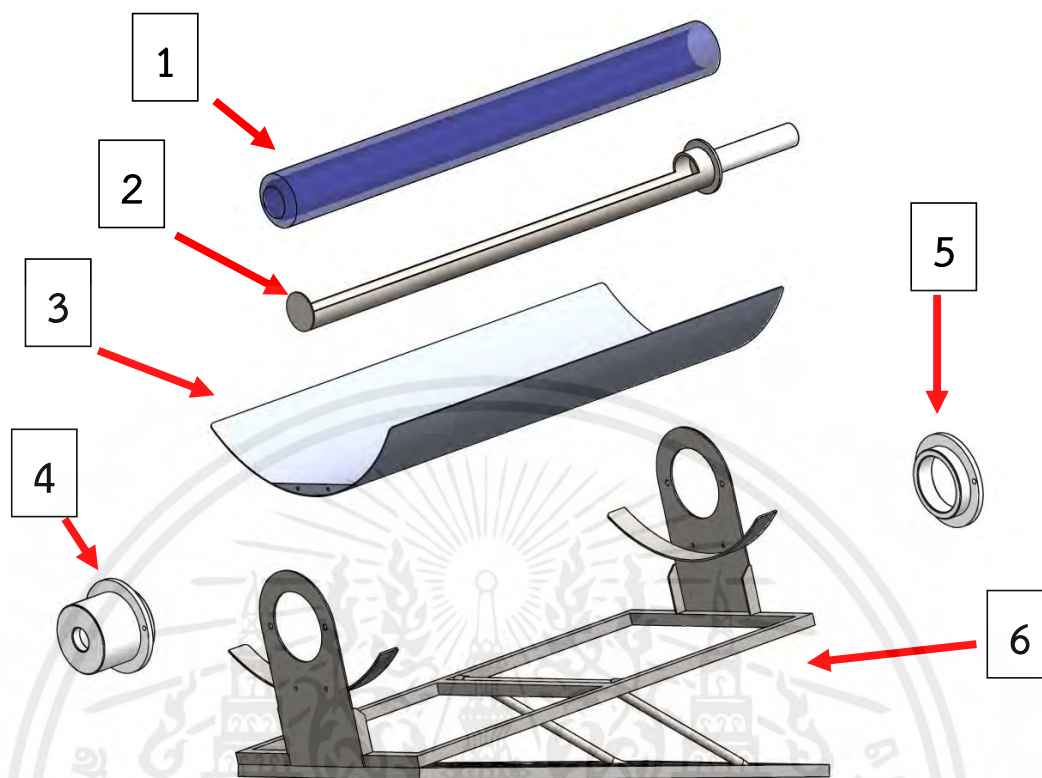


รูปที่ 3.6 เครื่องวัดความเข้มแสง

### 3.2 การออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านโปรแกรมออกแบบ Solid Works 2017 โดยมีการออกแบบส่วนประกอบ พร้อมกับการนำท่อแก้วสุญญากาศเข้าประกอบรวมเพื่อการจัดสร้างอุปกรณ์เตาพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแผนผังภาพแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์เตาพลังงานแสงอาทิตย์จะถูกแสดงรายละเอียดตามรูปที่ 3.7 โดยแต่ละชิ้นส่วนการประกอบในแผนผังโครงสร้างของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ถูกกำกับไว้ด้วยหมายเลขดังนี้

1. ท่อแก้วสุญญากาศ (ชิ้นส่วนจัดซื้อ)
2. ถาดใส่อาหาร
3. รางพาราโบลิก
4. วงแหวนสำหรับยึดติดปลายปิดของท่อแก้วสุญญากาศ
5. วงแหวนสำหรับยึดติดปลายเปิดท่อแก้วสุญญากาศ
6. ฐานปรับมุมเอียง

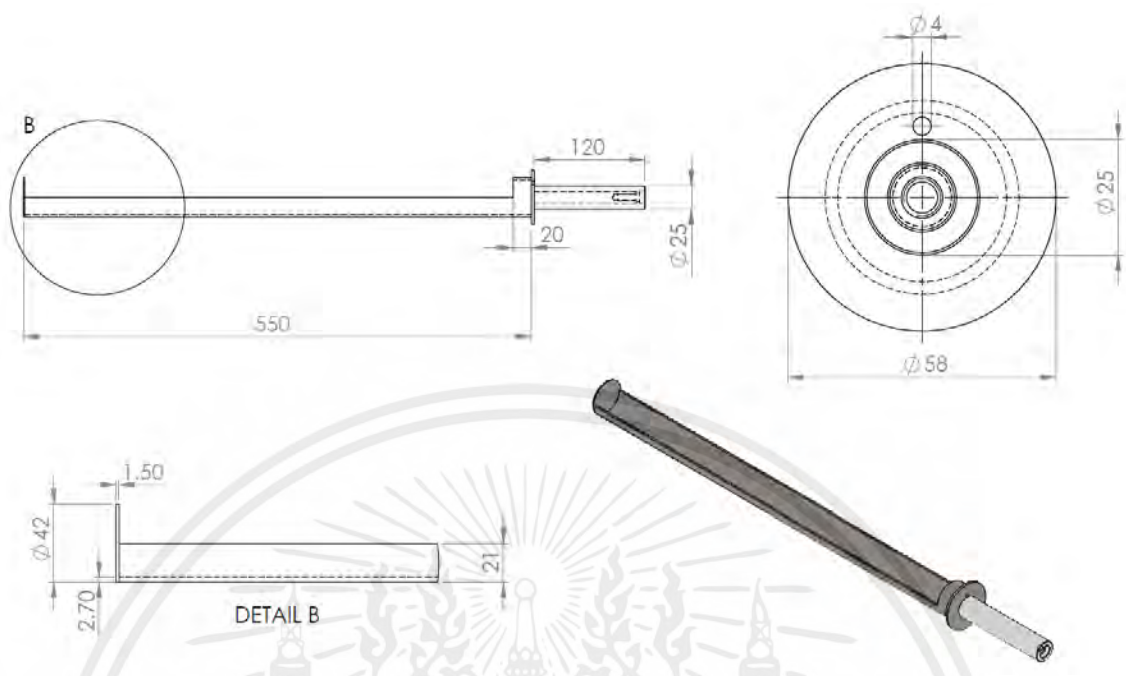


รูปที่ 3.7 ภาพแสดงการออกแบบเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบแยกส่วนประกอบ

รายละเอียดการออกแบบของชิ้นส่วนประกอบทั้งหมดของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ออกแบบเพื่อการจัดสร้างจะถูกบรรยายตามหัวข้อด้านล่างนี้

### 3.2.1 ภาตใส่อาหาร

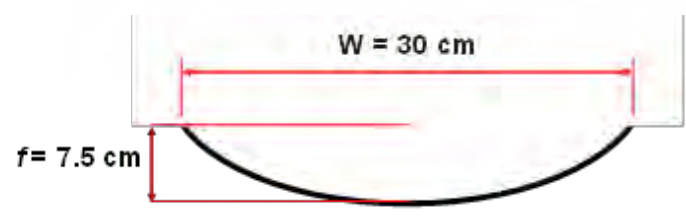
ภาตใส่อาหารเป็นชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบและจัดสร้างขึ้นเพื่อใช้บรรจุวัตถุดิบในการทดลองเข้าไปยังบริเวณภายในหลอดแก้วสุญญากาศ โดยมีรายละเอียดการออกแบบคือ มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกระบอกกลวงผ่าครึ่งมีความยาว 550 มิลลิเมตร รัศมีภายนอก 21 มิลลิเมตร ความหนา 2.7 มิลลิเมตร ส่วนปลายทั้ง 2 ด้านมีแผ่นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 มิลลิเมตร ความหนา 1.5 มิลลิเมตรเชื่อมปิดปลายทั้ง 2 ด้าน โดยทำการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 มิลลิเมตร ที่ด้านใดด้านหนึ่งของปลายปิดเพื่อสอดสายวัดอุณหภูมิเข้าสู่ภายในของภาตอาหาร โดยด้านดังกล่าวถูกออกแบบให้มีด้ามจับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร ความยาว 120 มิลลิเมตรเชื่อมต่อที่ด้านปลายของภาตใส่อาหาร 1 ด้าน ซึ่งวัสดุหลักที่ใช้จัดสร้างคือ สแตนเลสและเทฟลอน สำหรับภาตใส่อาหารและด้ามจับตามลำดับ



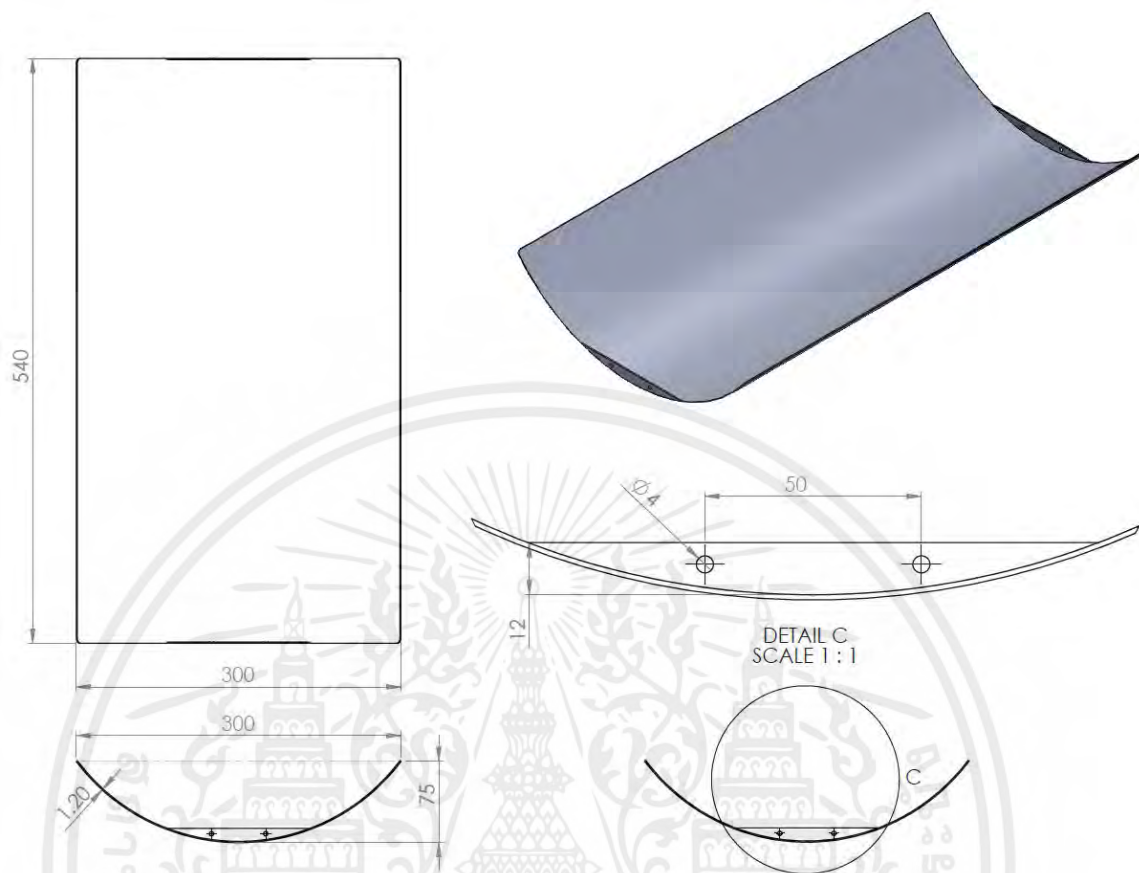
รูปที่ 3.8 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบถาดใส่อาหาร

### 3.2.2 รางพาราโบลา

รางพาราโบลาเป็นชิ้นส่วนที่ออกแบบขึ้นเพื่อใช้เป็นบริเวณการสะท้อนรังสีความร้อนไปยังท่อแก้วสุญญากาศเพื่อสร้างอุณหภูมิภายในท่อแก้ว โดยมีรายละเอียดการออกแบบคือ มีขนาดความกว้าง 300 มิลลิเมตร ความยาว 540 มิลลิเมตร ซึ่งจัดสร้างขึ้นด้วยวัสดุหลักคือ สแตนเลส หลังการออกแบบสร้างรางพาราโบลาจะถูกติดตั้งกับตัวฐานยกเปลี่ยนระดับให้มีลักษณะเป็นเส้นโค้งซึ่งมีความยาวโฟกัสที่ระยะ 75 มิลลิเมตร โดยคำนวณจากสมการ  $W = f / 0.25$  เมื่อ  $f$  คือ ความยาวโฟกัส และ  $W$  คือความกว้างของฐานแผ่นโค้ง โดยรูปที่ 3.9 และ 3.10 แสดงภาพอัตราส่วนของความกว้างและจุดโฟกัสของรางพาราโบลา และภาพรายละเอียดการออกแบบรางพาราโบลาตามลำดับ



รูปที่ 3.9 ภาพแสดงอัตราส่วนความกว้างและจุดโฟกัสของรางพาราโบลา



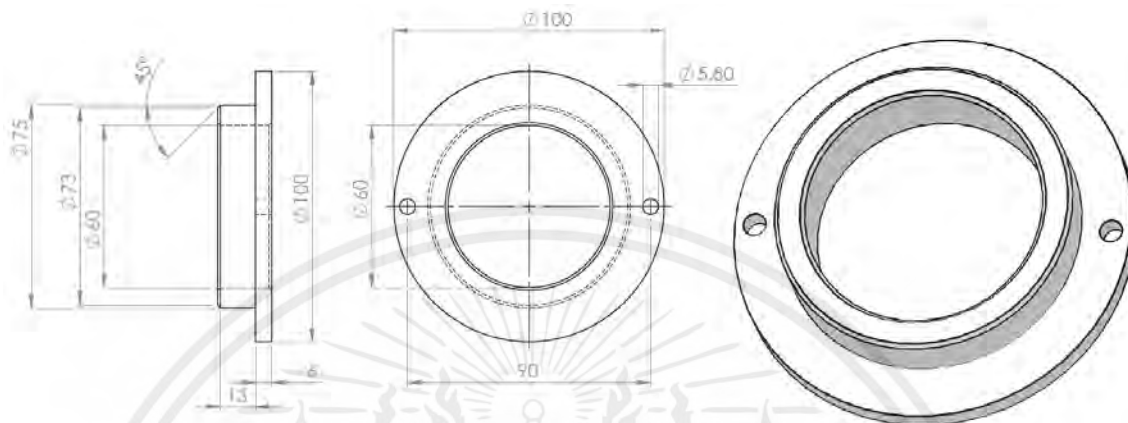
รูปที่ 3.10 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบรางพาราโบลา

### 3.2.3 วงแหวนสำหรับยึดติดท่อแก้วสุญญากาศ

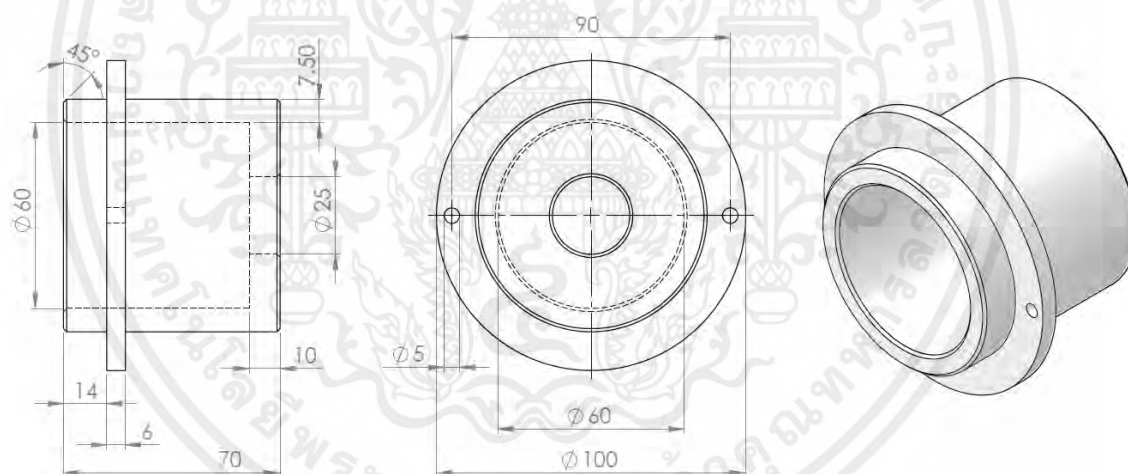
วงแหวนสำหรับยึดติดสำหรับท่อแก้วสุญญากาศถูกออกแบบให้มี 2 ลักษณะเพื่อการยึดติดท่อแก้วสุญญากาศกับกรอบแท่นวางหลักด้านปลายปิดและด้านปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศซึ่งจัดสร้างด้วยวัสดุเทฟลอน โดยรายละเอียดการออกแบบวงแหวนด้านปลายปิดของท่อแก้วสุญญากาศมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลางเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 100 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 75 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.11

โดยรายละเอียดการออกแบบวงแหวนด้านขวามีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลางเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 75 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 มิลลิเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับท่อทรงกระบอกยาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 100 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง

ภายใน 60 มิลลิเมตร ณ ระยะห่าง 14 มิลลิเมตรจากปลายด้านในด้านหนึ่งของท่อทรงกระบอกยาวดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบวงแหวนสำหรับยึดติดปลายปิดของท่อแก้วสุญญากาศ



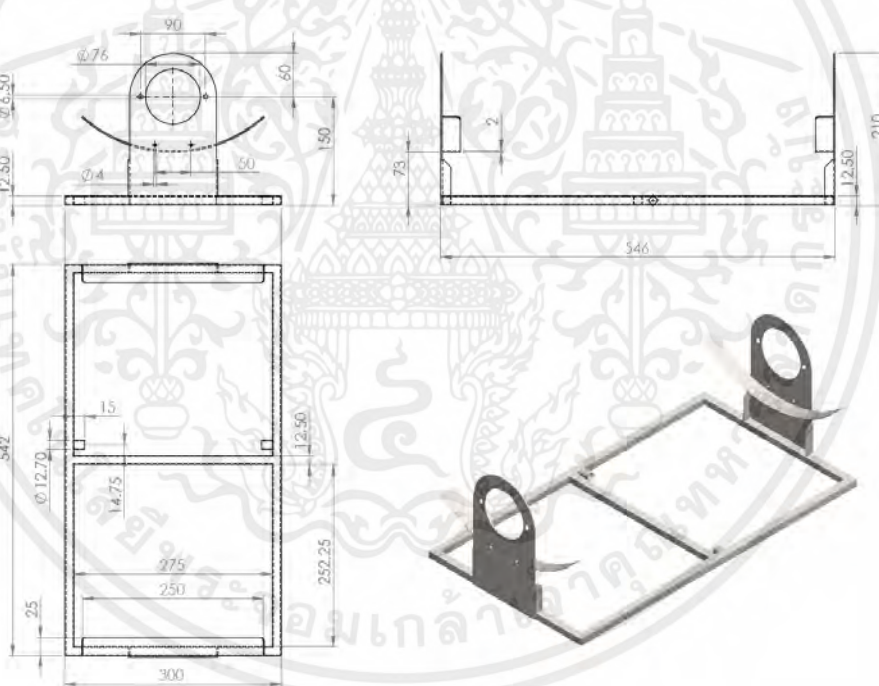
รูปที่ 3.12 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบวงแหวนสำหรับยึดติดปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศ

### 3.2.4 ฐานปรับมุมเอียง

ฐานปรับมุมเอียงเป็นชิ้นส่วนที่ถูกออกแบบมาเพื่อการรองรับชิ้นส่วนการประกอบทั้งหมดของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยออกแบบให้ฐานปรับมุมเอียงนี้สามารถปรับเปลี่ยนมุมการลาดเอียงของระนาบวางพาราโบลิกต่อแนวราบให้สามารถทำมุมได้ ระหว่าง 0 15 และ 30 องศา โดยชิ้นส่วนประกอบหลักของฐานปรับมุมเอียงจะถูกประกอบจาก 3 ชิ้นส่วนหลักคือ แท่นวาง

ท่อแก้วสุญญากาศ แกนการวางมุม และฐานการวางมุม โดยทุกชิ้นส่วนใช้วัสดุสแตนเลสในการออกแบบสร้าง

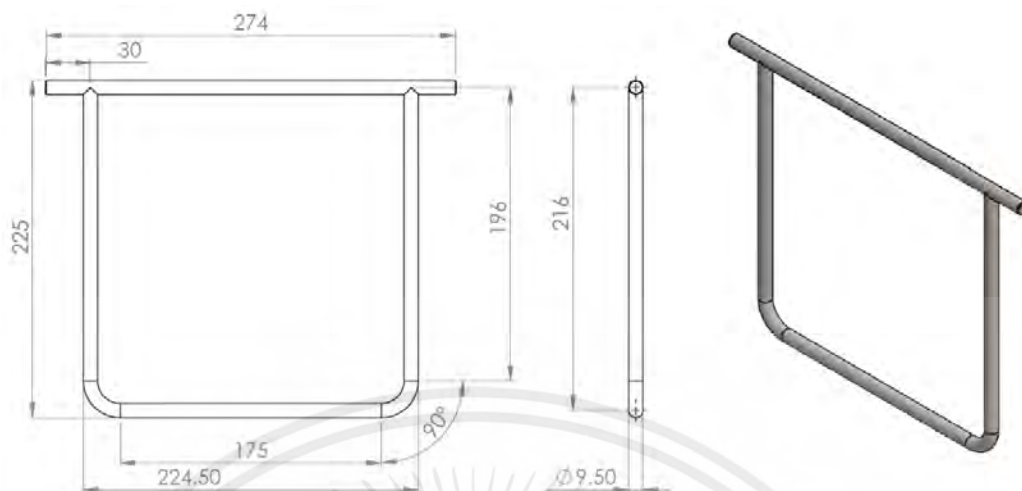
แผ่นวางท่อแก้วสุญญากาศถูกออกแบบให้มีลักษณะกรอบแทนวางเพื่อการเชื่อมต่อเข้ากับรางพาราโบลิก มีความสูงโดยรวมเท่ากับ 220 มิลลิเมตร ความกว้างโดยรวม 120 มิลลิเมตร และควมส่วนปลายทั้งสองด้านบนถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นฉากเพื่อการเชื่อมต่อกับหลอดแก้วสุญญากาศและวงแหวนยึดติดปลายของท่อแก้วสุญญากาศ มีการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร จุดศูนย์กลางรูเจาะห่างจากบริเวณฐานแนวราบที่ค้ำระยะห่าง 150 มิลลิเมตร เพื่อการสอดวงแหวนและท่อแก้วสุญญากาศ บริเวณส่วนกลางของฉากปลายฐานทั้ง 2 ด้านมีการออกแบบฉากโค้งเพื่อการเชื่อมติดของรางพาราโบลิกโดยมีความกว้างของฉากโค้งที่ค่า 250 มิลลิเมตร แผ่นฉากมีความหนา 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ภาพแสดงสัตส่วนการออกแบบแทนวางท่อแก้วสุญญากาศ

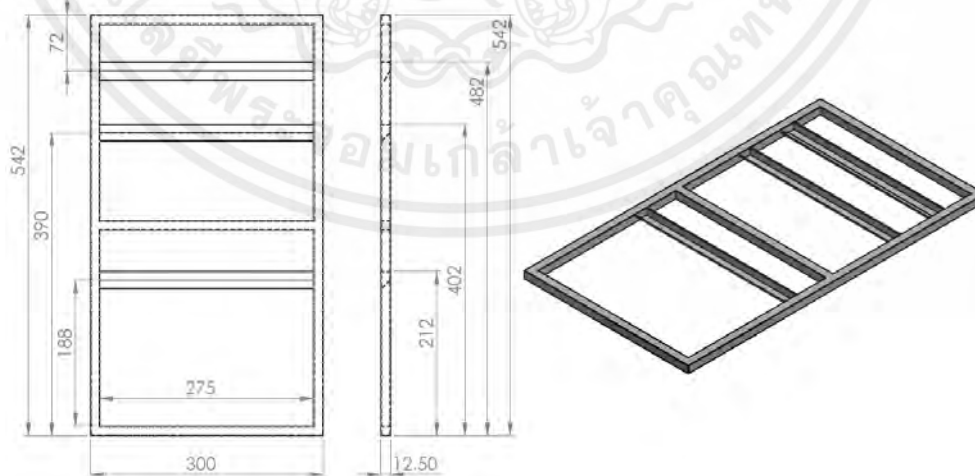
แกนการวางมุมเป็นชิ้นส่วนแกนการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางมุมของระนาบของระบบ โดยการออกแบบแกนการวางมุมถูกจัดจั้งให้มีลักษณะฉากเหลี่ยมขอบกลมมนจากท่อกระบอกสแตนเลสตัดทรงที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.50 เชื่อมติดกับแกนกระบอกความยาว 274 มิลลิเมตร โดยขนานรวมตามยาวและตามขวางของชิ้นส่วนคือ 274 มิลลิเมตรและ 216 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบแกนการวางมุม

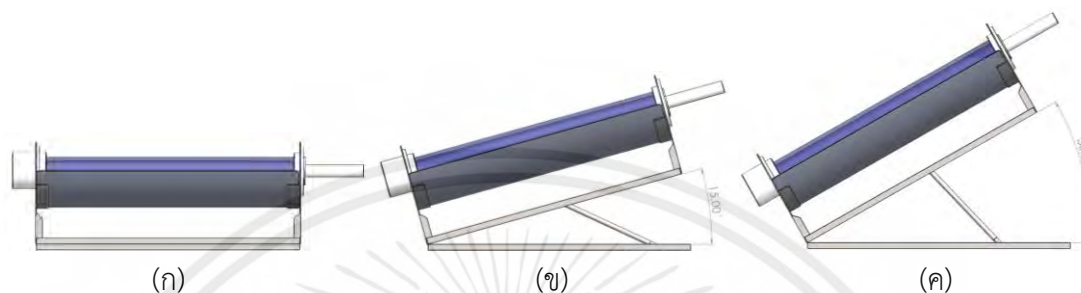
ฐานการวางมุมเป็นชิ้นส่วนการระบุมุมลาดเอียงของแนวรางพาราโบลาโดยการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางของแกนการวางมุมตามตำแหน่งแนวการวางฉากของฐานการวางมุม โดยการออกแบบฐานการวางมุมถูกออกแบบให้มีลักษณะกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้าความกว้าง 300 มิลลิเมตร และความยาว 542 มิลลิเมตรซึ่งจัดสร้างโดยใช้สแตนเลสชนิดกล่องที่ความกว้าง 12.50 มิลลิเมตร โดยตำแหน่งแนวการวางฉากถูกระบุไว้ที่ระยะ 390 มิลลิเมตร และ 482 มิลลิเมตร จากปลายด้านล่างของฐานการวางมุมซึ่งสามารถกำหนดมุมการลาดเอียงของรางพาราโบลาได้ที่ค่ามุม 30 และ 15 องศา กับแนวราบตามลำดับ โดยผังภาพการออกแบบฐานการวางมุมถูกแสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ภาพแสดงสัดส่วนการออกแบบฐานการวางมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมุมการลาดเอียงของรางพาราโบลิกและชิ้นส่วนประกอบทั้งหมดเมื่อปรับเปลี่ยนระยะการวางตำแหน่งของแกนการวางมุมต่อตำแหน่งฉากวางของฐานการวางมุมถูกแสดงผังการออกแบบดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การลาดเอียงของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ค่ามุม (ก) 0 องศา (ข) 15 องศา (ค) 30 องศา

### 3.3 การบันทึกผลอุณหภูมิด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล

เพื่อบันทึกข้อมูลอุณหภูมิระหว่างการทดลองผู้วิจัยดำเนินการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิชนิด K ทั้ง 4 สายที่ช่องสัญญาณที่ 1 2 3 และ 4 ของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ตั้งค่าช่วงเวลาการบันทึกผลของเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูลให้อยู่ที่รอบการบันทึกค่าอุณหภูมิทุก 1 นาที โดยส่วนประกอบของหน้าปัดหน้าจอแสดงผล และขั้นตอนการตั้งค่ารอบการบันทึกข้อมูลจะถูกอธิบายตามรายละเอียดด้านล่างนี้

#### 3.3.1 หน้าปัด

หน้าปัดของอุปกรณ์เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูลถูกแสดงดังรูปที่ 3.17 โดยแสดงรายละเอียดด้วยหมายเลขและคำสั่งดังนี้

หมายเลข 1 แสดงปุ่มคำสั่งเปิด/ปิดการทำงานของอุปกรณ์

หมายเลข 2 แสดงปุ่มคำสั่ง REL เพื่อการตั้งค่าอุณหภูมิพื้นฐาน (BASELINE) ปุ่มคำสั่ง SET เพื่อการตกลงตั้งค่า และปุ่มคำสั่ง ESC เพื่อยกเลิกการตั้งค่าหรือย้อนกลับสู่คำสั่งเริ่มต้น

หมายเลข 3 แสดงปุ่มคำสั่ง MAX/MIN เพื่อการแสดงค่าสูงสุดและต่ำสุดตั้งแต่เปิดอุปกรณ์

หมายเลข 4 แสดงปุ่มคำสั่ง HOLD เพื่อการหยุดหน้าจอเพื่อการอ่านค่า และแสดงปุ่มคำสั่ง T1-T2 เพื่อการหาค่าส่วนต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิที่ช่องสัญญาณที่ 1 และช่องสัญญาณที่ 2 เมื่อกดปุ่มหมายเลขดังกล่าวค้างไว้เป็นเวลา 2 วินาที

หมายเลข 5 แสดงปุ่มคำสั่ง ENTER เพื่อการเลือกตกลงคำสั่งใดๆ และแสดงปุ่มคำสั่ง REC เพื่อเริ่มการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิเมื่อกดปุ่มดังกล่าวเป็นเวลา 2 วินาที



1 2 3 4 5

รูปที่ 3.17 รูปภาพแสดงส่วนประกอบหน้าปัดเทอร์โมมิเตอร์

### 3.3.2 หน้าจอแสดงผล

หน้าจอแสดงผลเมื่อทำการเปิดเครื่องและต่อสายวัดอุณหภูมิชนิด K ทั้ง 4 สาย หน้าจอแสดงผลจะแสดงข้อมูลบนหน้าจอแสดงผลดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 แสดงข้อมูลวัน-เดือน-ปีค.ศ. ที่ทำการตั้งค่าไว้ของอุปกรณ์

หมายเลข 2 แสดงข้อมูลเวลาที่ทำการตั้งค่าไว้ของอุปกรณ์

หมายเลข 3 แสดงการมีอยู่ของที่จัดเก็บข้อมูลการบันทึก (SD การ์ด)

หมายเลข 4 แสดงหน่วยของอุณหภูมิที่บันทึก

หมายเลข 5 แสดงอุณหภูมิที่สายวัดอุณหภูมิชนิด K ทั้ง 4 ช่องสัญญาณบ่งบอกโดยอักษรย่อ CH1 CH2 CH3 และ CH4 เพื่อบ่งบอกอุณหภูมิที่วัดได้จากช่องสัญญาณที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.18 รูปภาพแสดงหน้าจอแสดงผลเทอร์โมมิเตอร์

### 3.3.3 ขั้นตอนการตั้งค่ารอบการบันทึกข้อมูล

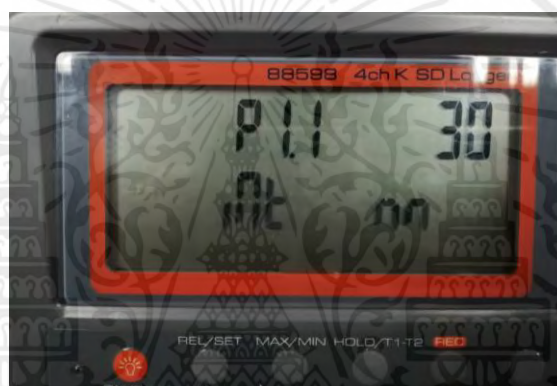
การตั้งค่ารอบการบันทึกข้อมูลของอุปกรณ์สามารถทำได้โดยการกดปุ่มคำสั่ง REL/SET ตามหมายเลข 1 ในรูปที่ 3.19 เป็นเวลา 2 วินาที จากนั้นทำการกดปุ่มคำสั่ง ENTER เพื่อเข้าสู่โหมดการตั้งค่าบันทึกผล (P1.1) และกดปุ่มคำสั่ง ENTER เพื่อเข้าสู่การตั้งค่าช่วงเวลาการบันทึก ดังรูปที่ 3.20 ต่อมาทำการเลือกช่วงเวลาที่ต้องการบันทึกและกดปุ่มคำสั่ง ENTER เพื่อตกลงการตั้งค่า ดังรูปที่ 3.21 จากนั้นกดปุ่ม ESC เพื่อย้อนกลับสู่หน้าจอแสดงผลตามลำดับ



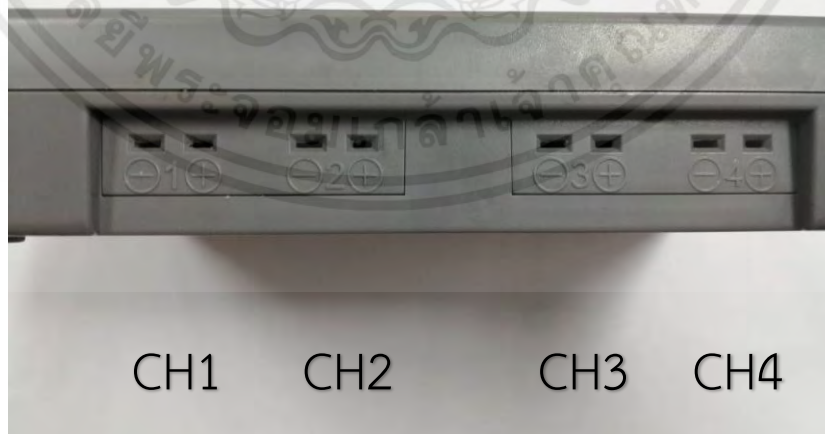
รูปที่ 3.19 ภาพแสดงหมายเลขการตั้งค่ารอบการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.20 ภาพแสดงโหมดการตั้งค่าบันทึกผล (P1.1)



รูปที่ 3.21 ภาพแสดงตัวอย่างการเลือกช่วงเวลาบันทึกข้อมูลที่ 30 นาที



รูปที่ 3.22 ภาพแสดงช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์

การทดสอบประสิทธิภาพการทำอุณหภูมิภายในหลอดสุญญากาศของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ถูกทดสอบโดยการแบ่งกรณีการทดลองออกเป็น 2 เงื่อนไขได้แก่ เงื่อนไขที่ 1 คือรางพาราโบลิกทำมุม 0 องศากับแนวราบโดยใช้วัสดุแผ่นสะท้อนที่ต่างกัน และเงื่อนไขที่ 2 คือ รางพาราโบลิกที่มุม 0 15 และ 30 องศาโดยใช้วัสดุแผ่นสะท้อนหลักคือสแตนเลสเป็นวัสดุหลักของแผ่นสะท้อน เพื่อจัดหาประสิทธิภาพการทำอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่มุมแผ่นสะท้อนต่างกัน

#### 3.4.1 การทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัสดุแผ่นสะท้อนต่างกัน

ผู้วิจัยทำการจัดตั้งชุดเตาพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศโดยปราจจากรางพาราโบลิกและมีรางพาราโบลิกวัสดุแผ่นสะท้อนที่ต่างกันคือ ฟอยล์อะลูมิเนียม และสแตนเลส

เตรียมวัตถุดิบหลัก ได้แก่ เนื้อไก่ดิบ น้ำหนักประมาณ 50 กรัมเพื่อบรรจุใส่ถาดบรรจุอาหารของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชุด

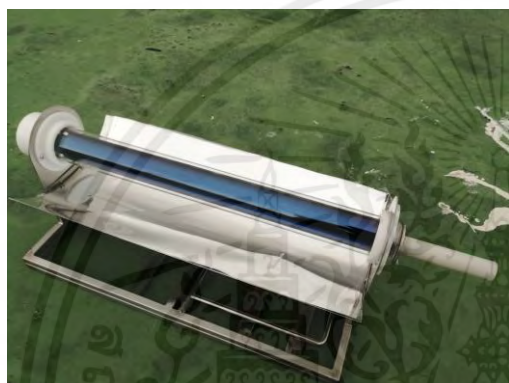
จากนั้นทำการบรรจุวัตถุดิบลงในถาดบรรจุอาหารของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 4 ชุดและทำการทดลองโดยการจัดเรียงเตาทั้ง 4 ในบริเวณโล่งแจ้งพร้อมกับการบันทึกความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิภายในเตาทุก 1 นาที เป็นเวลาทั้งหมด 60 นาที โดยผ่านสายวัดอุณหภูมิทั้ง 4 ช่องสัญญาณที่สายสัญญาณที่ 1 2 3 และ 4 ถูกบรรจุให้อยู่ภายในกึ่งกลางของท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อน และมีแผ่นสะท้อนชนิดฟอยล์ อะลูมิเนียม และสแตนเลส ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 3.23



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

### รูปที่ 3.23 เต้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีวัสดุรางพาราโบลิก

- (ก) ฟอยล์
- (ข) สแตนเลส
- (ค) อะลูมิเนียม
- (ง) ปราศจากรางพาราโบลิก

โดยทำการทดลองซ้ำทั้งหมดจำนวน 5 รอบ การทดลองเพื่อจัดหาประสิทธิภาพการทำความร้อนที่ดีที่สุดของเต้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีวัสดุทำสะท้อนต่างชนิดกัน

#### 3.4.2 การทดสอบเต้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่มุมแผ่นสะท้อนต่างกัน

ผู้วิจัยทำการจัดตั้งชุดเต้าพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศโดยเลือกใช้วัสดุแผ่นสะท้อนหลักคือสแตนเลส ซึ่งในการทำการทดลองมุมของแผ่นสะท้อนจะถูกจัดตั้งให้ทำมุมกับแนวราบที่ค่า 0 15 และ 30 องศา ดังรูปที่ 3.24 โดยรายละเอียดขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 เต้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบปรับมุมเอียง

(ก) 0 องศา

(ข) 15 องศา

(ค) 30 องศา

เตรียมเนื้อไก่ดิบน้ำหนักประมาณ 50 กรัม เพื่อบรรจุใส่ถาดบรรจุอาหารของเต้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองที่มุมแผ่นสะท้อนทำมุมกับแนวราบที่ค่า 0 15 และ 30 องศา ทั้งหมด 3 ชุด

บรรจุวัตถุดิบลงในถาดบรรจุอาหารของเต้าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 ชุด และจัดเตรียมอุปกรณ์การวัดผลความเข้มแสงและอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศของทุกเต้าที่ใช้ในการทดลอง

จัดเรียงเต้าทั้ง 3 ในบริเวณโล่งแจ้งพร้อมกับการบันทึกความเข้มแสงจากสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิภายในเต้าทุก 1 นาทีเป็นเวลาทั้งหมด 60 นาที โดยผ่านสายวัดอุณหภูมิทั้ง 3 ช่องสัญญาณที่สายสัญญาณที่ 1 2 และ 3 ถูกบรรจุให้อยู่ภายในกึ่งกลางของท่อสุญญากาศที่มีแผ่นสะท้อนที่ทำมุมกับแนวราบที่ค่า 0 15 และ 30 องศาตามลำดับ

จากนั้นทำการทดลองซ้ำอีกจำนวน 4 รอบ ตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4.2

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะรายงานถึงผลการทดลองตามเงื่อนไขการทดลองที่ดำเนินงานโดยมีกรณีการทดลองที่แตกต่างกันดังที่ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.4.1 และ 3.4.2 โดยทำการรายงานออกเป็น 2 หัวข้อหลักได้แก่ ผลการทดลองที่ได้รับจากการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัสดุแผ่นสะท้อนต่างกัน และผลการทดลองที่ได้รับจากการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มุมแผ่นสะท้อนต่างกัน ตามหัวข้อดังนี้

#### 4.1 ประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยวัสดุแผ่นสะท้อนที่แตกต่างกัน

จากการทดสอบการสร้างอุณหภูมิที่สูงขึ้นให้แก่หลอดแก้วสุญญากาศโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุแผ่นสะท้อนที่ต่างกันซึ่งคือ ไม่มีแผ่นสะท้อน และมีแผ่นสะท้อนที่ใช้วัสดุหลักเป็นพอยส์ อะลูมิเนียม สแตนเลส ที่ทดสอบในที่โล่งแจ้งเป็นระยะเวลาทั้งหมด 60 นาที ทั้งหมด 5 รอบการทดลอง ขอบเขตการรายงานผล จะถูกรายงานด้วยหัวข้อคือ ตารางแสดงข้อมูลการทดลอง น้ำหนักของวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลา โดยจะถูกแสดงเรียงตามลำดับครั้งของการทดลอง

**ตารางที่ 4.1** แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1

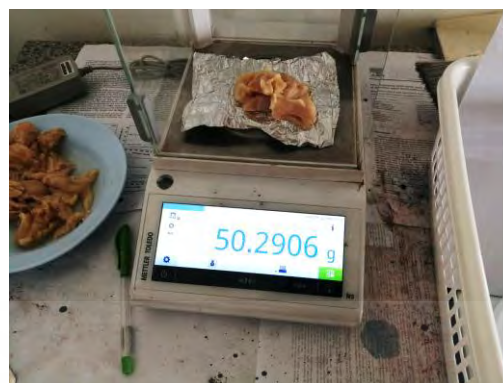
ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่ทำการทดลอง	14 มิ.ย. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	11:30 – 12:30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	หน้าร้าน Amazon ตึกพระจอมเกล้า
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	1. ไม่มีแผ่นสะท้อน 2. สแตนเลส 3. ฟอยล์ 4. อะลูมิเนียม
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 องศา
ความเข้มแสง	200 – 1150 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆน้อย

**ตารางที่ 4.2** น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1

วัสดุแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
ไม่มีแผ่นสะท้อน	50.6548 กรัม	23.4720 กรัม
สแตนเลส	50.2906 กรัม	18.0692 กรัม
ฟอยล์	50.4239 กรัม	22.3263 กรัม
อะลูมิเนียม	50.7594 กรัม	13.2243 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.1 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทอดอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 14 มิ.ย. 2562

- (ก) ไม่มีร่างพาราโบลิค
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยส์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

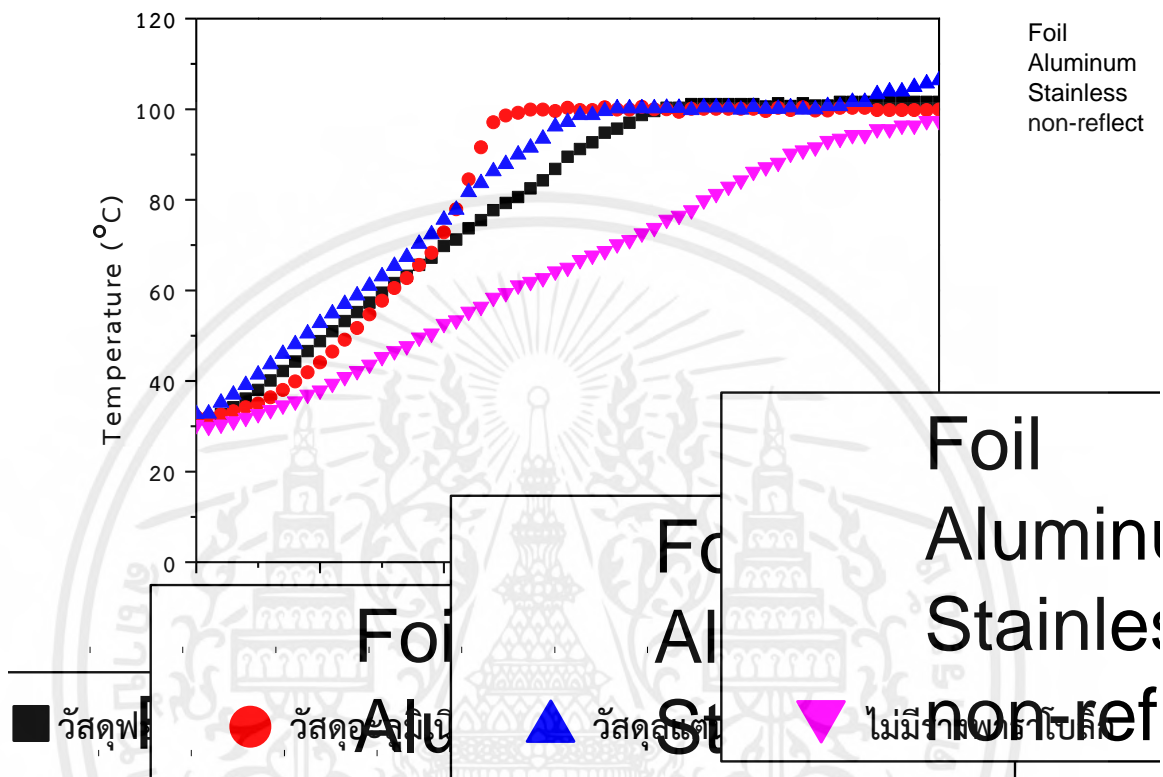
รูปที่ 4.2 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 14 มิ.ย. 2562

- (ก) ไม่มีรางวัลโบลิก
- (ข) วัสดุแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยส์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของข้อมูลการทดลองการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศครั้งที่ 1 กราฟข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาแสดงการทำอุณหภูมิที่สูงที่สุดอยู่ที่ค่าอุณหภูมิในช่วง 100 ถึง 106 องศาเซลเซียส โดยผลจากการเปรียบเทียบการทำอุณหภูมิเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระยะเวลาผ่านไป 30 นาที เตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ปราศจากรางพาราโบลิกแสดงแนวโน้มการเพิ่มของอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่ต่ำที่สุด โดยมีอุณหภูมิ ณ เวลา 30 นาที ที่ประมาณ 65.3 องศาเซลเซียส โดยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางวัลโบลิกช่วยในการรวมรังสีแสดงค่าอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่ค่า 86.5 97.0 และ 100.5 องศาเซลเซียสจากวัสดุ

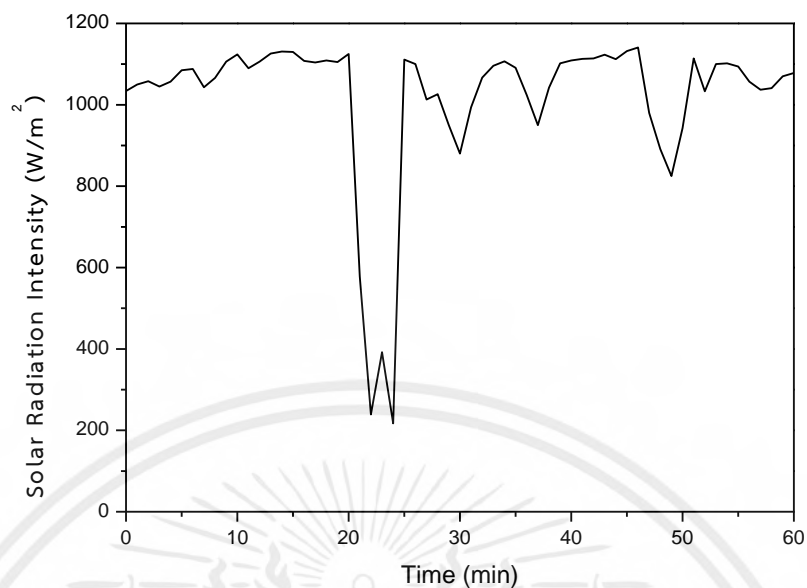
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นสะท้อนชนิด ฟอยล์ สแตนเลส และอะลูมิเนียม ตามลำดับ ซึ่งช่วงค่าอุณหภูมิที่ได้รับอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สามารถปรุงวัตถุดิบให้สุกได้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิด ฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และไม่มีสารพาราโบลาใน วันที่ 14 มิ.ย. 2562

จากรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลาของข้อมูลการทดลองการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศครั้งที่ 1 โดยกราฟความสัมพันธ์แสงแนวโน้มของค่าความเข้มในช่วง 800 ถึง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตรตลอดช่วงการทดลอง เว้นเพียงแต่ช่วงเวลาที่ 21 ถึง 24 ที่ค่าความเข้มแสงลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชั่วขณะของสภาพแวดล้อม



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 14 มิ.ย. 2562

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่ทำการทดลอง	20 มิ.ย. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	12.30 – 13.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	หน้าร้าน Amazon ตึกพระจอมเกล้า
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	1. ไม่มีแผ่นสะท้อน 2. สแตนเลส 3. ฟอยล์ 4. อะลูมิเนียม
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 องศา
ความเข้มแสง	115 – 1150 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2

วัสดุแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
ไม่มีแผ่นสะท้อน	50.5513 กรัม	33.1366 กรัม
สแตนเลส	50.7233 กรัม	25.6328 กรัม
พอยส์	50.5247 กรัม	27.6663 กรัม
อะลูมิเนียม	50.7420 กรัม	25.3301 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

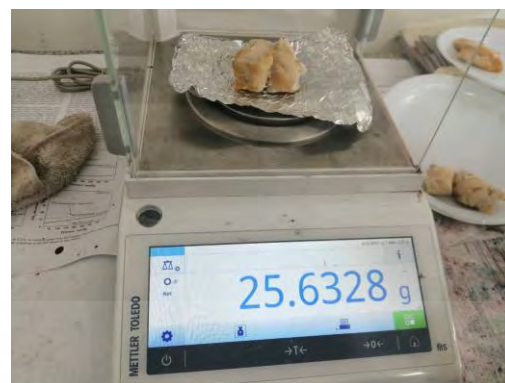
รูปที่ 4.5 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 20 มิ.ย. 2562

- (ก) ไม่มีรางพาราโบลิก
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยส์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

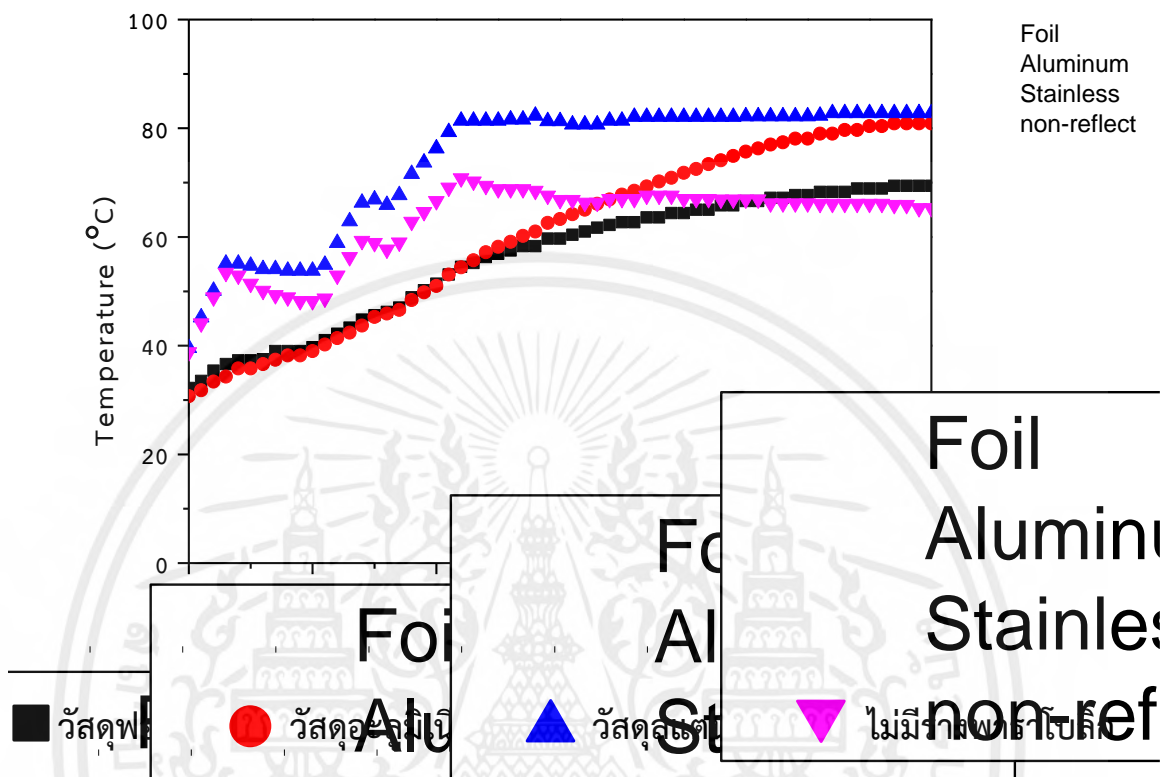
รูปที่ 4.6 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 20 มิ.ย. 2562

- (ก) ไม่มีรางวัลโบลิก
- (ข) วัสดุแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยล์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

จากรูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของข้อมูลการทดลองการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศครั้งที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการทำอุณหภูมิเตาพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง 60 นาทีพบว่า เตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุแตนเลสและปราศจากแผ่นพาราโบลิกแสดงการเพิ่มของอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่เร็วกว่าเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุอะลูมิเนียมและพอยล์ในช่วงเวลา 20 นาทีแรกของการทดลอง โดยเมื่อผ่านช่วงเวลาดังกล่าวแนวโน้มของอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุพอยล์และปราศจากแผ่นพาราโบลิกมีค่าอุณหภูมิ ณ นาทีที่ 60 นาทีที่ช่วง 65 ถึง 70 องศาเซลเซียส โดย

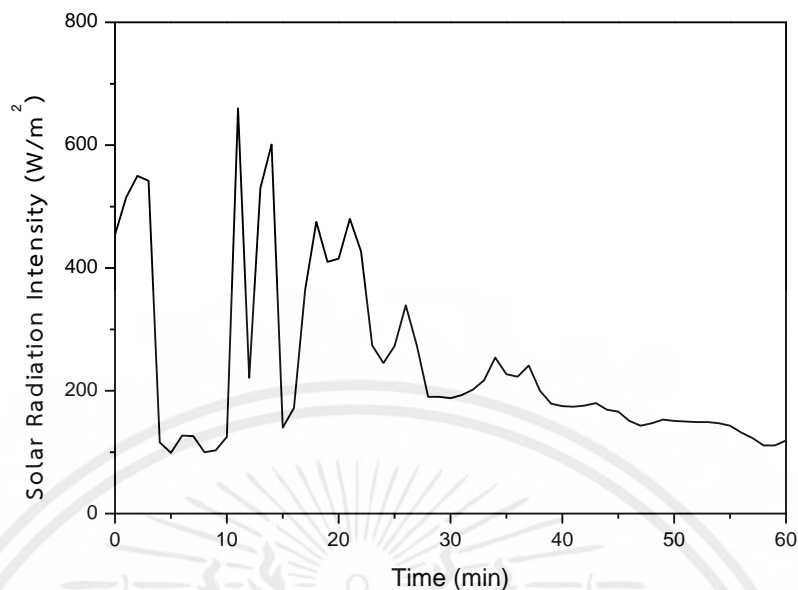
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดการทดลองพบว่าวัสดุสแตนเลสสร้างอุณหภูมิภายในหลอดสุญญากาศที่สูงที่สุดตลอดช่วงเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และไม่มีรางพาราโบลาในวันที่ 20 มิ.ย. 2562

จากรูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลาของข้อมูลการทดลองการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศครั้งที่ 2 กราฟความสัมพันธ์แสดงค่าความเข้มสูงสุดที่ช่วงเวลาที่ 16 ถึง 21 โดยมีค่าความเข้มแสงเกินกว่า 300 วัตต์ต่อตารางเมตร หลังช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความเข้มแสง



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 20 มิ.ย. 2562

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม

0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่ทำการทดลอง	29 มิ.ย. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	14.30 – 15.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	ตาดฟ้าตึกจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	1. ไม่มีแผ่นสะท้อน 2. สแตนเลส 3. ฟอยล์ 4. อะลูมิเนียม
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 องศา
ความเข้มแสง	205 – 310 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3

วัสดุแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
ไม่มีแผ่นสะท้อน	50.7131 กรัม	29.6699 กรัม
สแตนเลส	50.5122 กรัม	29.1110 กรัม
ฟอยล์	50.6854 กรัม	30.4328 กรัม
อะลูมิเนียม	50.2624 กรัม	29.9923 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.9 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 29 มิ.ย. 2562

(ก) ไม่มีพาราโบลิก

(ข) วัสดุสแตนเลส

(ค) วัสดุฟอยล์

(ง) วัสดุอะลูมิเนียม

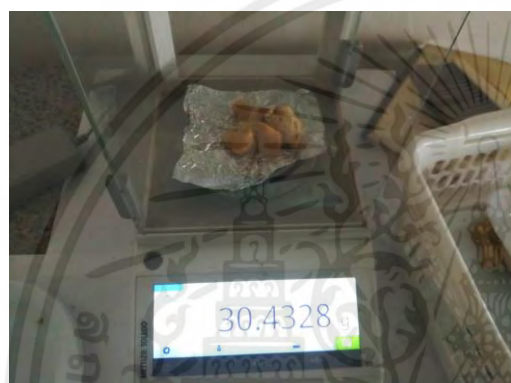
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)



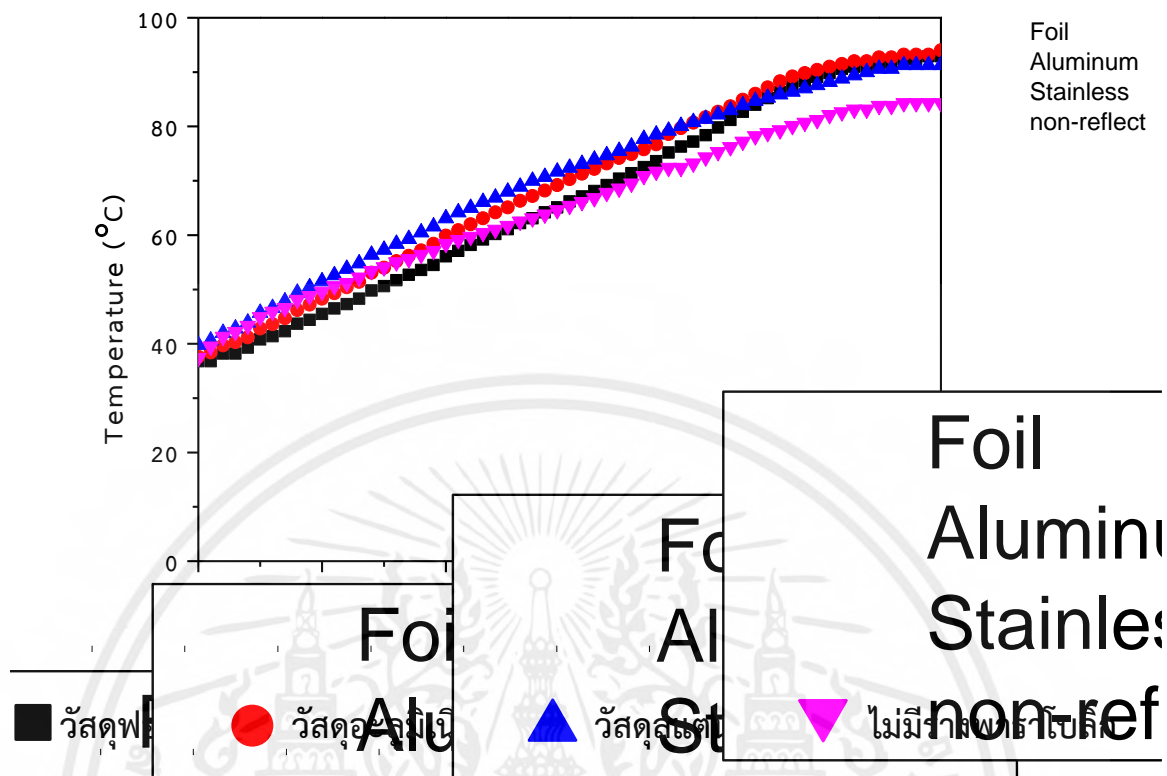
(ง)

รูปที่ 4.10 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์ 29 มิ.ย. 2562

- (ก) ไม่มีพาราโบลิค
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยส์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

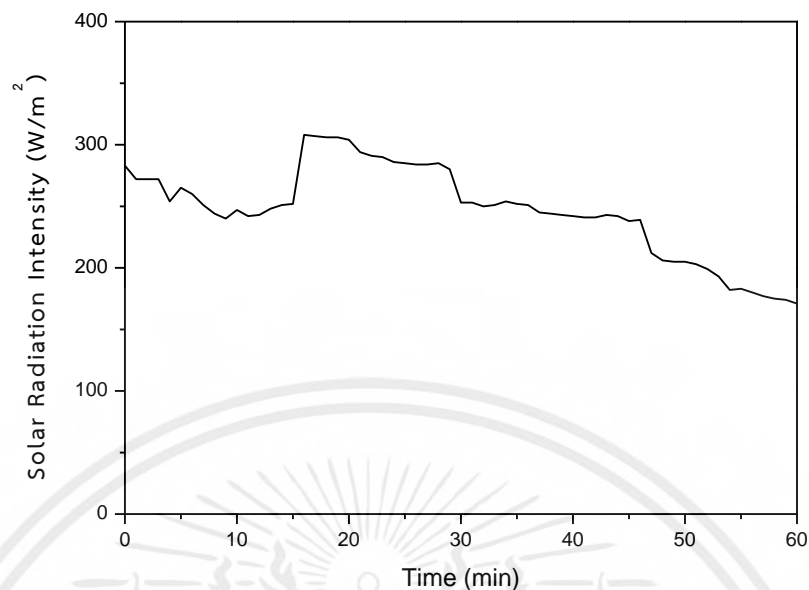
จากรูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาแสดงค่าอุณหภูมิภายในหลอดแก้วที่ค่าใกล้เคียงกันทั้งหมดของการทดสอบการสร้างอุณหภูมิด้วยวัสดุต่างชนิดกันครั้งที่ 3 อุณหภูมิแรกเริ่มการทดลองเริ่มต้นที่ค่าอุณหภูมิในช่วง 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเส้นแนวอุณหภูมิที่เป็นลักษณะเดียวกัน โดยอุณหภูมิสูงสุดของการทดสอบปรากฏที่นาฬิกาการทดลองที่ 60 โดยมีค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 90 ถึง 93 องศาเซลเซียส สำหรับเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุแผ่นสะท้อนรังสีด้วยพอยล์ สแตนเลส และอะลูมิเนียม สำหรับเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ใช้รางพาราโบลิคอุณหภูมิสูงสุดของการทดสอบปรากฏที่นาฬิกาการทดลองที่ 60 เช่นกันโดยมีค่าเท่ากับ 84.3 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และไม่มีรางพาราโบลาในวันที่ 29 มิ.ย. 2562

จากรูปที่ 4.12 ค่าความเข้มแสงต่อระยะเวลาการทดลอง 60 นาทีจากการทดสอบครั้งที่ 3 ถูกบ่งบอกโดยรูปที่ จากรูปค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่าอยู่ที่ 307 วัตต์ต่อตารางเมตร ณ นาทีที่ 17 ของการทดลอง โดยค่าความเข้มแสงเริ่มลดค่าลงจนสิ้นสุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 29 มิ.ย. 2562

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม

0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่ทำการทดลอง	2 ก.ค. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	8.00 – 9.00 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	ตาดฟ้าตึกจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	1. ไม่มีแผ่นสะท้อน 2. สแตนเลส 3. ฟอยล์ 4. อะลูมิเนียม
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 องศา
ความเข้มแสง	160 – 360 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4

วัสดุแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
ไม่มีแผ่นสะท้อน	50.2312 กรัม	42.7753 กรัม
สแตนเลส	50.2942 กรัม	41.3957 กรัม
ฟอยล์	50.8238 กรัม	38.3075 กรัม
อะลูมิเนียม	50.5580 กรัม	27.6633 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.13 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 2 ก.ค. 2562

- (ก) ไม่มีพาราโบลิค
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุฟอยล์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)



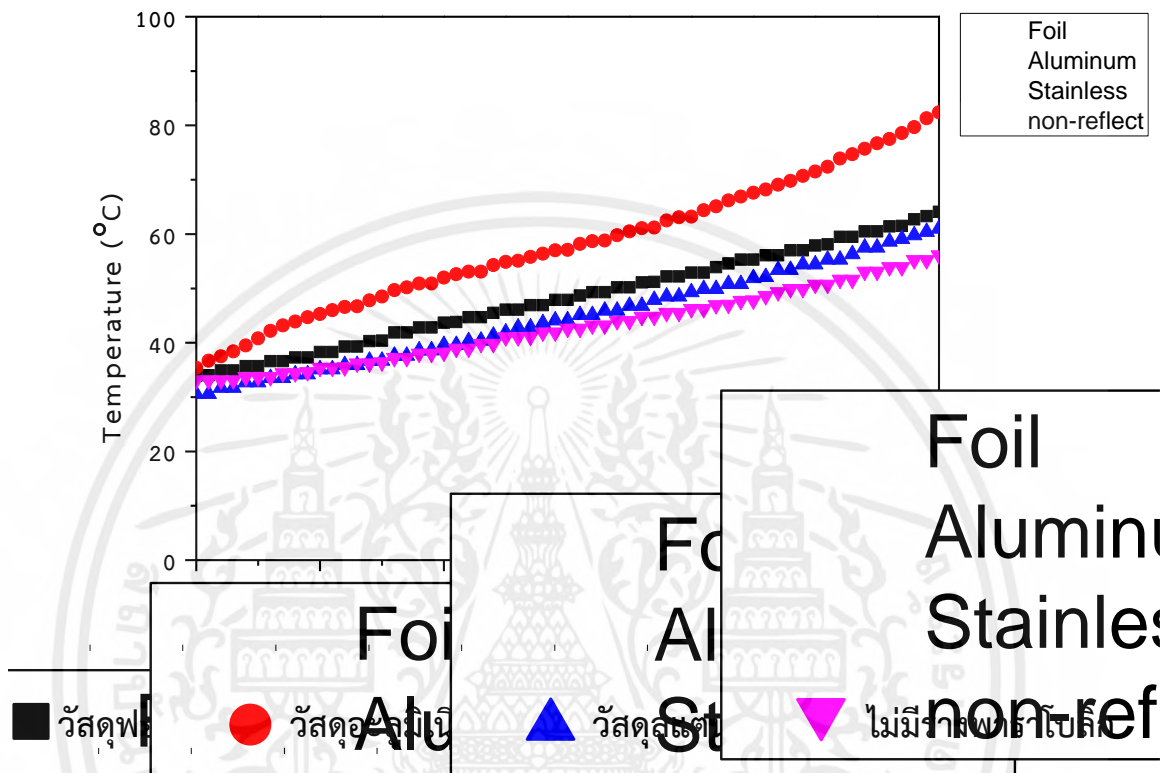
(ง)

#### รูปที่ 4.14 แสดงน้ำหนักของเนื้อไม้หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 2 ก.ค. 2562

- (ก) ไม่มีพาราโบลิก
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยล์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

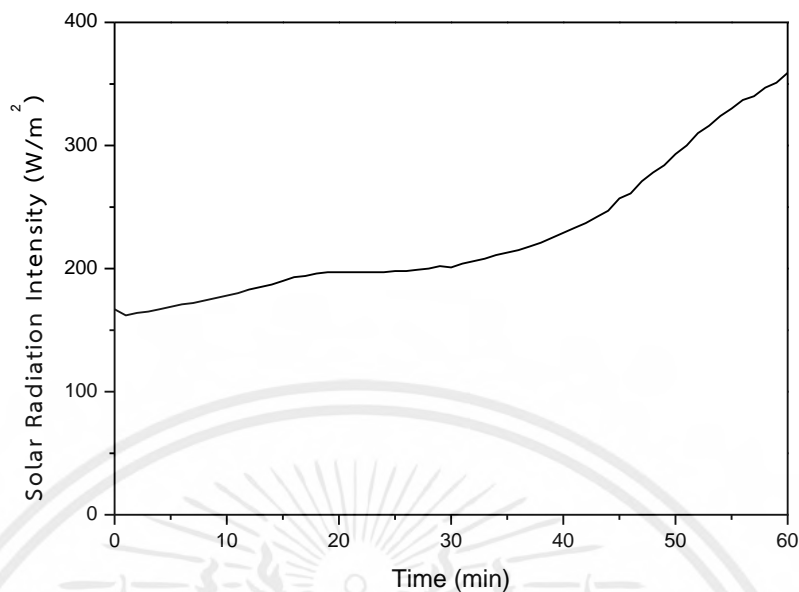
กราฟแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศและระยะเวลาการทดลองของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีวัสดุแผ่นสะท้อนที่แตกต่างกันครั้งที่ 4 จากกราฟเตาพลังงานที่ใช้วัสดุอะลูมิเนียมเป็นวัสดุการสะท้อนแสดงค่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในหลอดแก้วที่สูงที่สุด โดยมีค่าอุณหภูมิแรกเริ่มที่ 35.4 องศาเซลเซียสและเพิ่มมากขึ้นสู่ค่า 38.2 46.2 และ 56.1 องศาเซลเซียส ณ ระยะเวลาทดลองในนาที่ที่ 20 40 และ 60 ตามลำดับ สำหรับเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุแผ่นสะท้อนเป็นพอยล์และสแตนเลสปรากฏแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ค่าใกล้เคียงกันโดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง 61 ถึง 64 องศาเซลเซียส เตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ปราศจาก

แผ่นสะท้อนแสดงค่าอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดโดยมีอุณหภูมิสูงสุดของชุดทดลองดังกล่าวอยู่ที่ 56.1 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และท่อแก้วที่ไม่มีฉากกั้นรังสีในวันที่ 2 ก.ค. 2562

ค่าความเข้มแสงของความเข้มแสงตลอดการทดลองครั้งที่ 4 ถูกแสดงดังรูปที่ จากข้อมูลที่ได้รับพบว่าแนวโน้มของเส้นความสัมพันธ์มีการเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นการทดลองโดยมีค่าอยู่ในช่วง 150 ถึง 200 วัตต์ต่อตารางเมตร ณ ช่วงเวลาเริ่มการทดลองจนถึงช่วง 30 นาทีแรก โดยเริ่มเพิ่มขึ้นถึงค่าสูงสุดที่ 359 วัตต์ต่อตารางเมตรที่นาฬิกาการทดสอบที่ 60



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 2 ก.ค. 2562

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่การทดลอง	2 ก.ค. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	10.30 – 11.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	ตาดฟ้าตึกจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	1. ไม่มีแผ่นสะท้อน 2. สแตนเลส 3. ฟอยล์ 4. อะลูมิเนียม
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 องศา
ความเข้มแสง	340 – 660 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ในมุม 0 องศาที่วัสดุแผ่นสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5

วัสดุแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
ไม่มีแผ่นสะท้อน	50.4258 กรัม	26.7500 กรัม
สแตนเลส	50.2880 กรัม	25.2753 กรัม
ฟอยล์	50.2235 กรัม	27.5510 กรัม
อะลูมิเนียม	50.0966 กรัม	24.6282 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.17 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 2 ก.ค. 2562

- (ก) ไม่มีพาราโบลิก
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุฟอยล์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

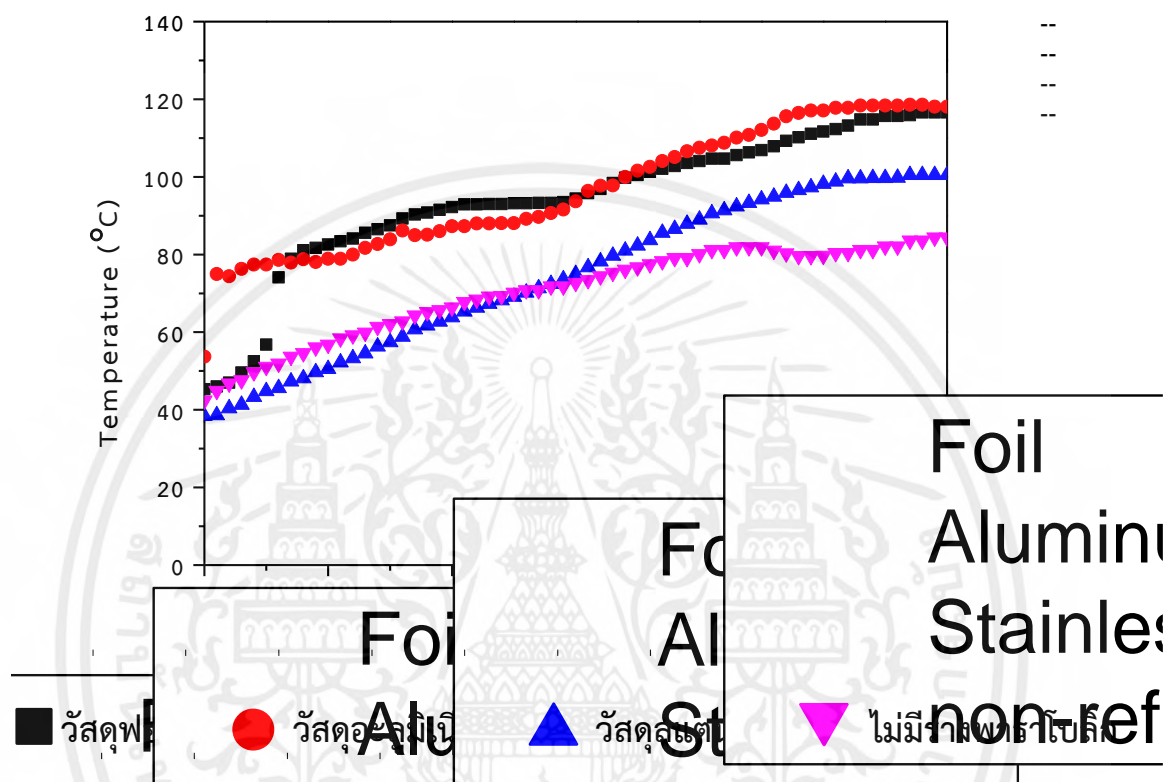
รูปที่ 4.18 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์วันที่ 2 ก.ค. 2562

- (ก) ไม่มีพาราโบลิก
- (ข) วัสดุสแตนเลส
- (ค) วัสดุพอยล์
- (ง) วัสดุอะลูมิเนียม

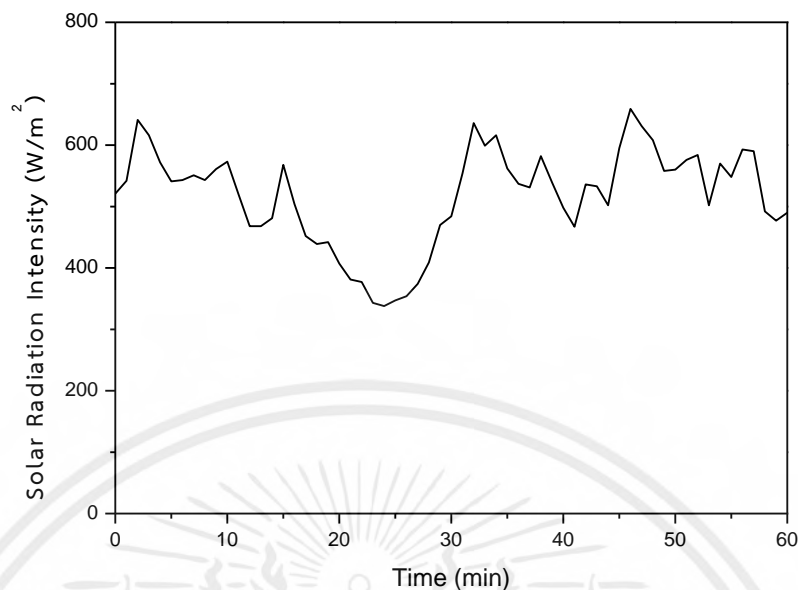
รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศและระยะเวลาการทดลองของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีวัสดุแผ่นสะท้อนที่แตกต่างกันครั้งที่ 5 จากกราฟเตาพลังงานที่ปราศจากรางพาราโบลิกแสดงช่วงอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิกที่เปลี่ยนวัสดุการสะท้อนรังสีด้วย พอยล์ อะลูมิเนียม และสแตนเลส ผู้วิจัยพบว่าค่าอุณหภูมิที่ปรากฏในช่วงระยะเวลาการทดลองเมื่อผ่านไป 30 และ 60 นาทีมีค่าเท่ากับ 72.7 และ 84.4 องศาเซลเซียส โดยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิกที่เปลี่ยนวัสดุการสะท้อนรังสีด้วย พอยล์ และอะลูมิเนียม มีแนวโน้มการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่ค่อนข้างสูงกว่าเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ปราศจากรางพาราโบลิกประมาณ 15 ถึง 20 องศาเซลเซียส โดยจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลอุณหภูมิวัสดุฟอยล์ และอะลูมิเนียม มีค่าอุณหภูมิที่นาฬิกาที่ 30 และ 60 อยู่ในช่วง 94 และ 117 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดฟอยล์ อะลูมิเนียม สแตนเลส และไม่มีรางพาราโบลาในวันที่ 2 ก.ค. 2562



รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 2 ก.ค. 2562

#### 4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของท่อแก้วสุญญากาศของแผ่นพาราโบลาโคลิกชนิดสแตนเลส ด้วยมุม 0 15 และ 30 องศา

จากการทดสอบผู้วิจัย ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบใดให้ความร้อนมากกว่า โดยหึ่งเตาพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตนเลส ไว้กลางแจ้งโดยปรับมุม 0 15 และ 30 องศา แล้วจากนั้นใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลอุณหภูมิแต่ละช่วงเวลา จากนั้นใช้เครื่องวัดความเข้มแสงเพื่อวัดความเข้มแสง ณ ช่วงเวลานั้น

**ตารางที่ 4.11** แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่ทำการทดลอง	26 มิ.ย. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	10.30 – 11.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	หน้าร้าน Amazon ตึกพระจอม
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	สแตนเลส
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 15 และ 30 องศา
ความเข้มแสงที่มุม 0 องศา	65 – 870 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 15 องศา	65 – 802 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 30 องศา	40 – 388 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆมาก

**ตารางที่ 4.12** น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1

ค่ามุมแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
0 องศา	50.2927 กรัม	34.1487 กรัม
15 องศา	50.2300 กรัม	32.9301 กรัม
30 องศา	50.6117 กรัม	35.2710 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.21 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1

(ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา

(ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา

(ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา



(ก)



(ข)



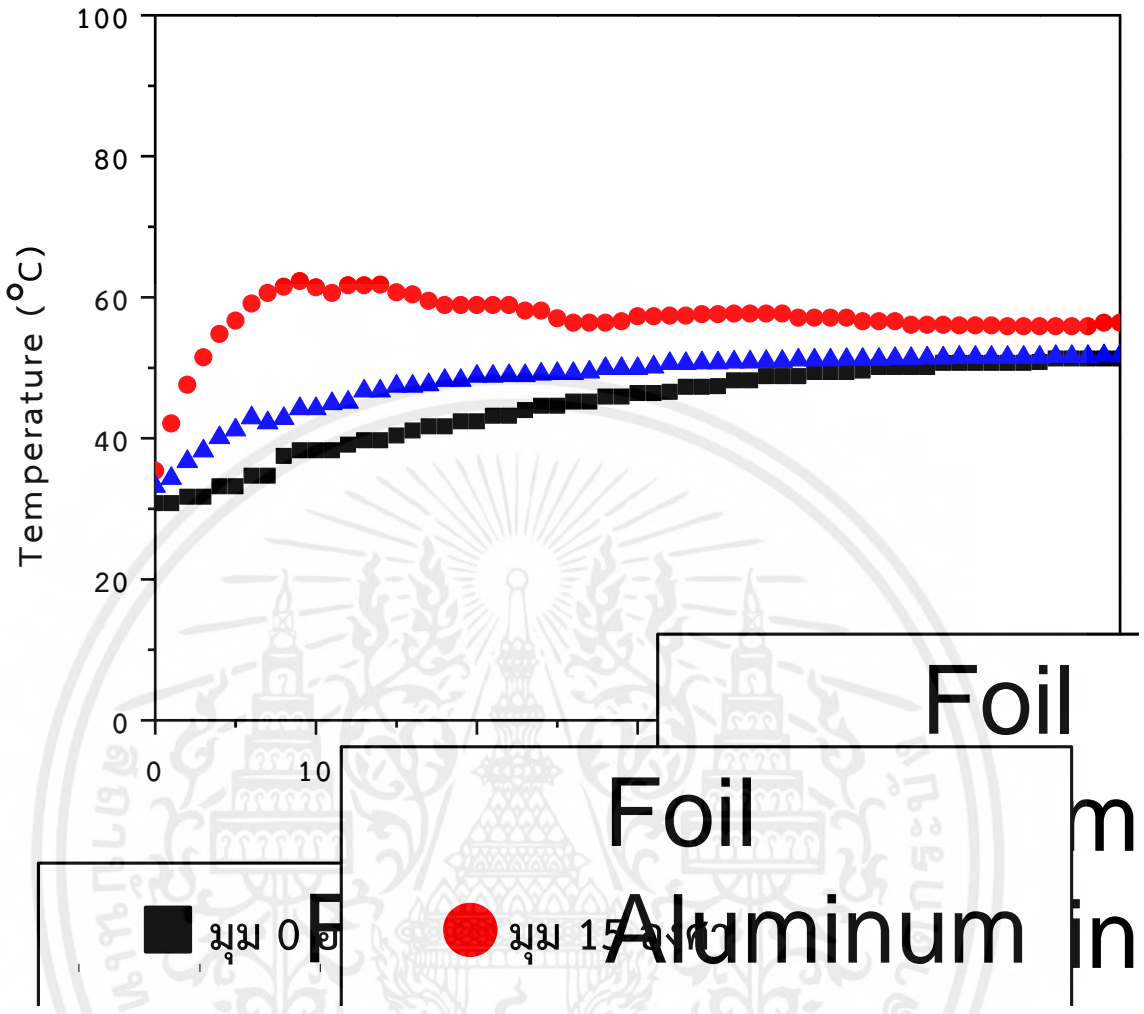
(ค)

รูปที่ 4.22 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1

- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา

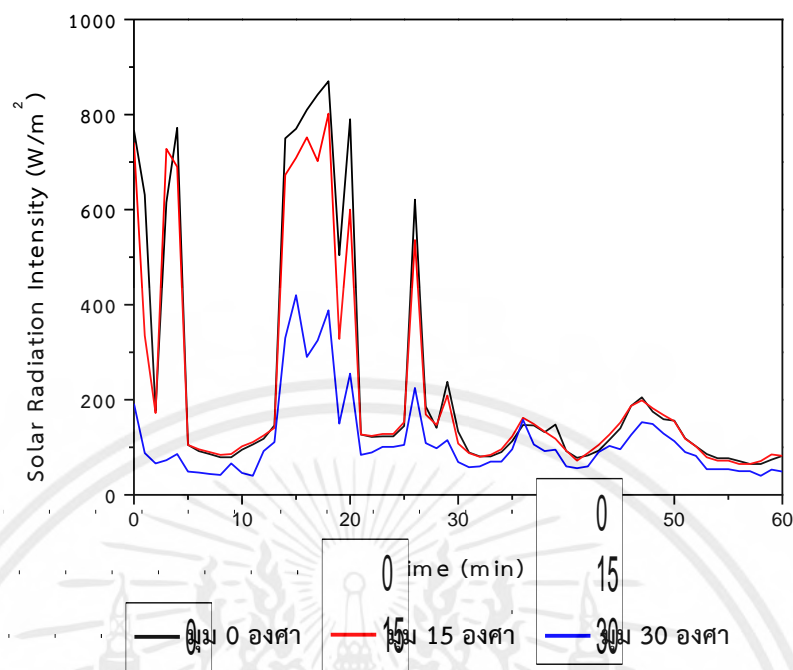
รูปที่ 4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศกับระยะเวลาของการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลส ที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1 โดยจากข้อมูลความสัมพันธ์อุณหภูมิภายในหลอดสุญญากาศแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ค่า 62.3 องศาเซลเซียส จากการใช้มุมลาดเอียงของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่มุม 15 องศา โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างวัสดุทั้ง 3 ชนิด พบว่าแนวโน้มอุณหภูมิมิใกล้เคียงกัน โดยมีอุณหภูมิที่ค่า 50.7 56.1 และ 51.4 องศาเซลเซียส ของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่นสะท้อนทำมุมกับแนวราบที่ค่ามุม 0 15 และ 30 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 26 มิ.ย. 2562

ค่าความเข้มแสงจากการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลส ที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 1 ถูกแสดงในรูปที่ โดยลักษณะเส้นความสัมพันธ์ของค่าความเข้มแสงที่มุม 30 องศา แสดงค่าความเข้มแสงที่น้อยที่สุดตลอดช่วงการทดลอง และแสดงค่าสูงสุดที่ค่ามุม 0 องศาจากการเอนแผ่นพาราโบลิก



รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสง วันที่ 26 มิ.ย. 2562

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกัน ครั้งที่ 2

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่การทดลอง	26 มิ.ย. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	14.30 – 15.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	หน้าร้าน Amazon ตึกพระจอม
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	สแตนเลส
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 15 และ 30 องศา
ความเข้มแสงที่มุม 0 องศา	165 – 820 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 15 องศา	170 – 1020 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 30 องศา	120 – 900 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆมาก

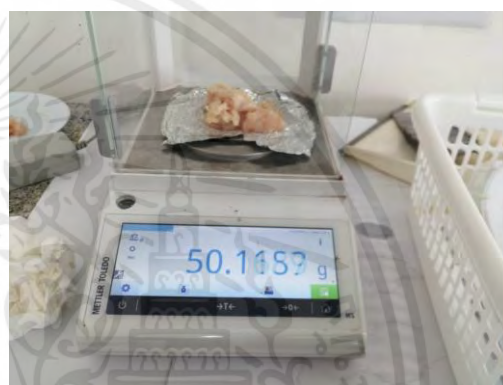
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2

ค่ามุมแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
0 องศา	50.0560 กรัม	30.3320 กรัม
15 องศา	50.1157 กรัม	25.2549 กรัม
30 องศา	50.5937 กรัม	23.6220 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.25 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2

- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.26 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2

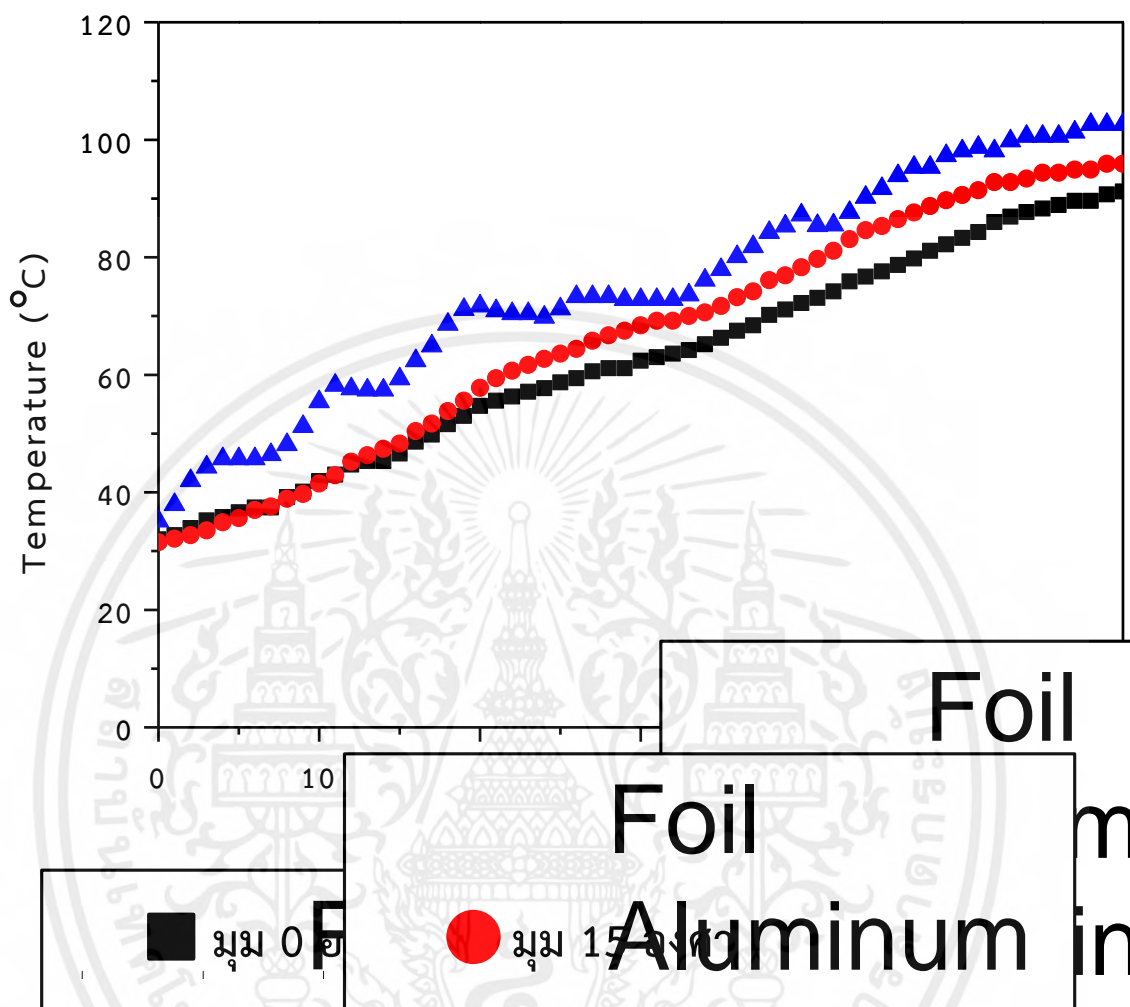
(ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา

(ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา

(ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา

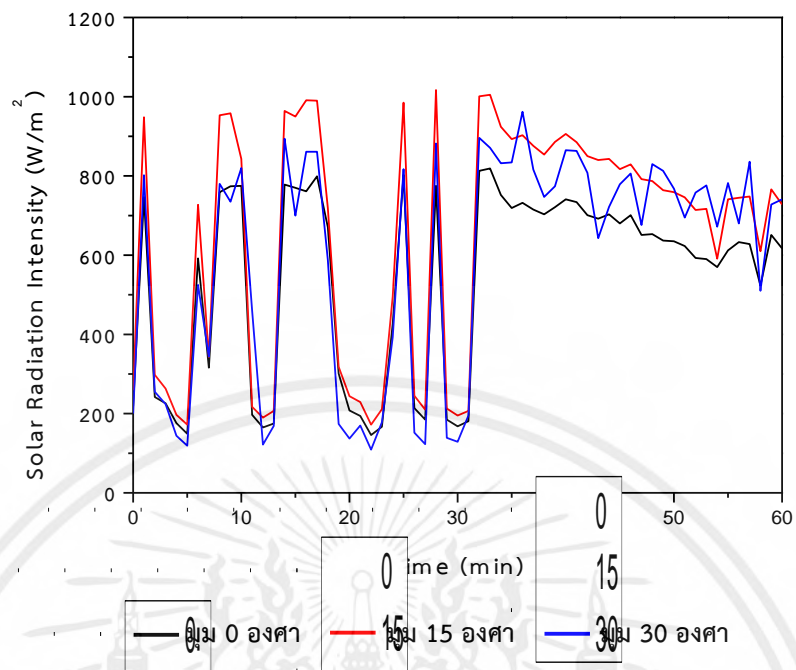
รูปที่ 4.27 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศกับระยะเวลาของการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลส ที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2 ที่มุมการเอียงของแผ่นพาราโบลิกที่ค่า 30 องศาแสดงค่าอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่มากที่สุดตลอดช่วงเวลากการทดลองโดยมีค่าอุณหภูมิ ณ นาทีที่ 30 และ 60 ที่ค่าอุณหภูมิ 72.8 องศาเซลเซียส และ 102.6 องศาเซลเซียส สำหรับมุมการเอียงที่ 0 และ 15 องศาแสดงค่าอุณหภูมิที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันของอุณหภูมิเริ่มการทดลองและอุณหภูมิสูงสุดการทดลองที่ค่าอุณหภูมิในช่วง 32 องศาเซลเซียส และ 96 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 26 มิ.ย. 2562

จากรูปที่ 4.28 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับระยะเวลาของการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 2 จากความสัมพันธ์ค่าความเข้มแสงภายในช่วงระยะเวลาการทดลองที่น้อยกว่า 30 นาทีแสดงค่าความเข้มที่ผันผวนโดยมีค่าความเข้มอยู่ระหว่าง 200 ถึง 1000 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 26 มิ.ย. 2562

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่การทดลอง	2 ก.ค. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	13.30 – 14.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	ดาดฟ้าตึกจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	สแตนเลส
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 15 และ 30 องศา
ความเข้มแสงที่มุม 0 องศา	25 – 180 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 15 องศา	60 – 315 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 30 องศา	70 – 400 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	ฝนตก

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3

ค่ามุมแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
0 องศา	50.8175 กรัม	35.7011 กรัม
15 องศา	50.4869 กรัม	36.5725 กรัม
30 องศา	50.5926 กรัม	41.8001 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.29 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3

(ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา

(ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา

(ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ลาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา



(ก)



(ข)



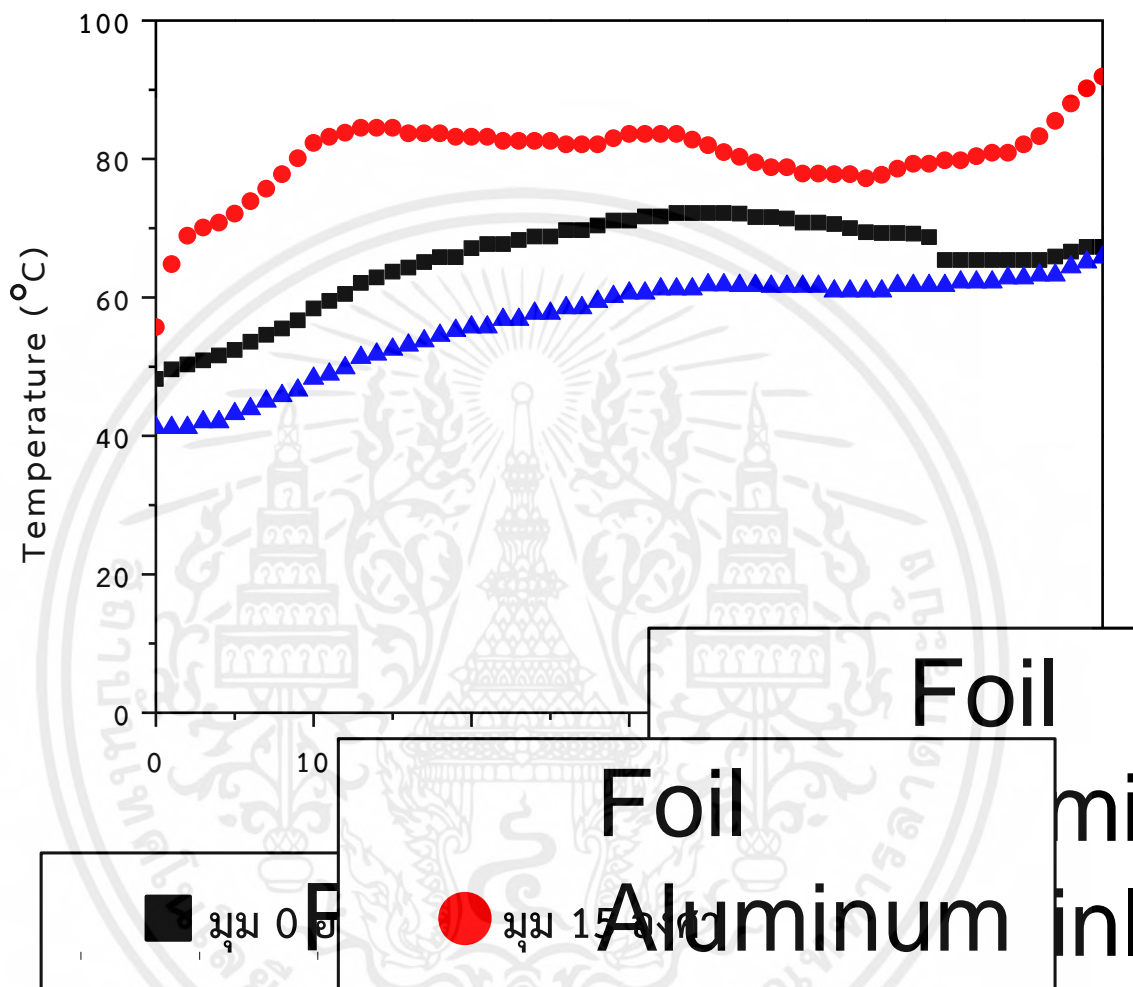
(ค)

รูปที่ 4.30 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3

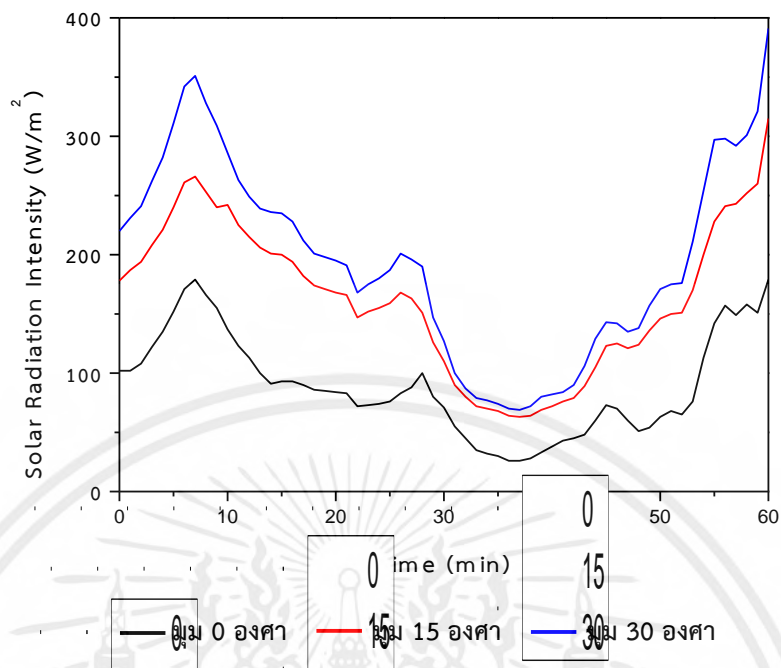
- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา

รูปที่ 4.30 แสดงข้อมูลการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3 จากกราฟความสัมพันธ์แสดงอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่ค่าสูงสุดที่ค่าประมาณ 82.3 องศาเซลเซียสจากมุมเอียงของฐานรองกับแนวราบที่ 15 องศา โดยที่มุมการเอียงที่ค่าเท่ากับ 0 และ 30 องศา แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ค่า 72.2 และ 61.8 องศาเซลเซียสเมื่อเวลาการผ่านไป 40 นาที โดยค่าความเข้มแสงจากการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 3 ถูก แสดงดังรูปที่ 4.32 ซึ่งแสดงค่าความ

เข็มสูงสุดที่มุมเอิน 30 องศา โดยช่วงความเข้มที่ค่ามุมทั้งหมดตรวจวัดได้ค่าในช่วงตั้งแต่ 40 ถึง 391 วัตต์ ต่อตารางเมตรที่ค่ามุมเอินในช่วงมุม 0 15 และ 30 องศาตลอดช่วงเวลาการทดลอง



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิด สแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 2 ก.ค. 2562



รูปที่ 4.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 2 ก.ค. 2562

ตารางที่ 4.17 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่ทำการทดลอง	3 ก.ค. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	12.30 – 13.30 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	ดาดฟ้าตึกจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	สแตนเลส
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 15 และ 30 องศา
ความเข้มแสงที่มุม 0 องศา	230 – 367 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 15 องศา	135 – 240 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 30 องศา	190 – 275 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	ฝนตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4

ค่ามุมแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
0 องศา	50.1710 กรัม	28.8701 กรัม
15 องศา	50.0394 กรัม	31.3998 กรัม
30 องศา	50.0794 กรัม	33.7063 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.33 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4

- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา



(ก)



(ข)

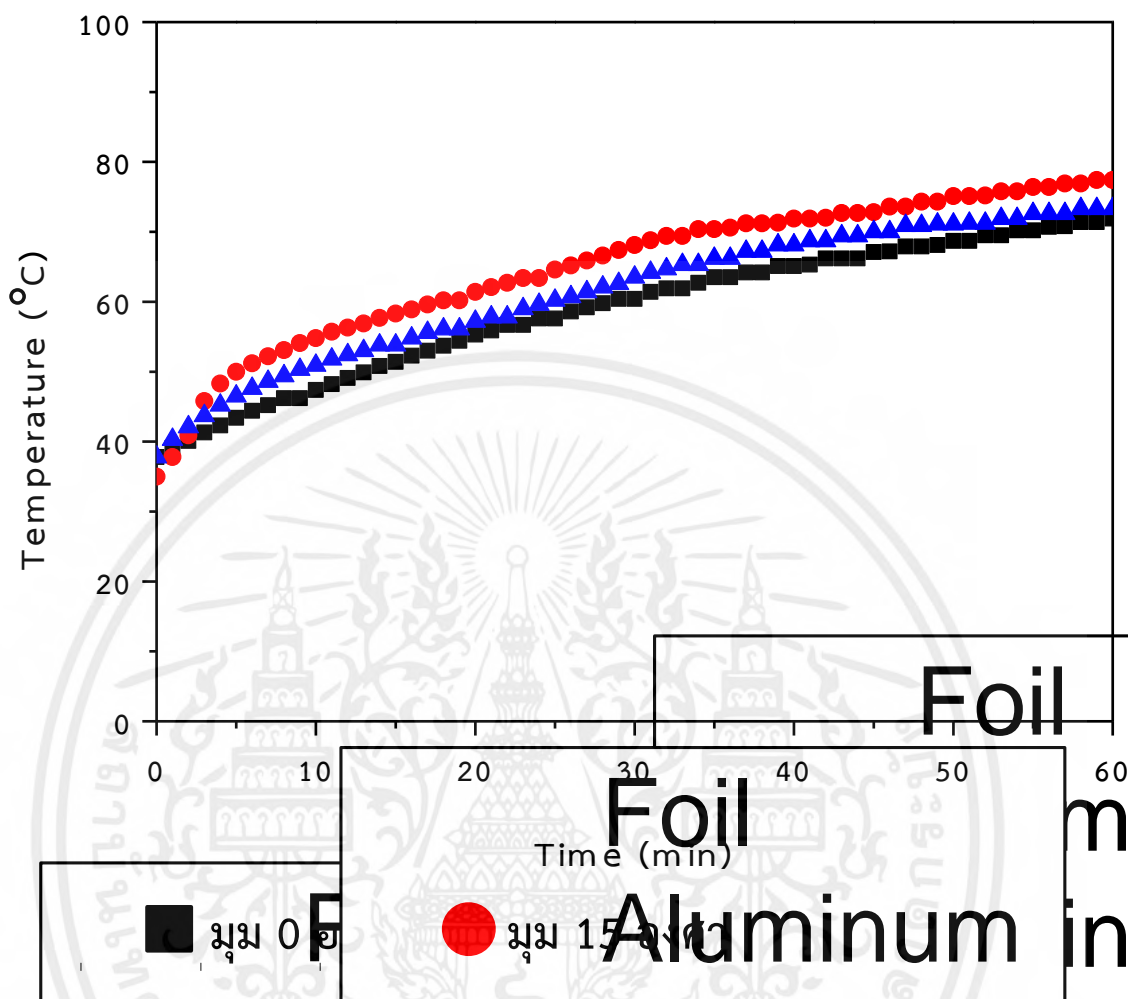


(ค)

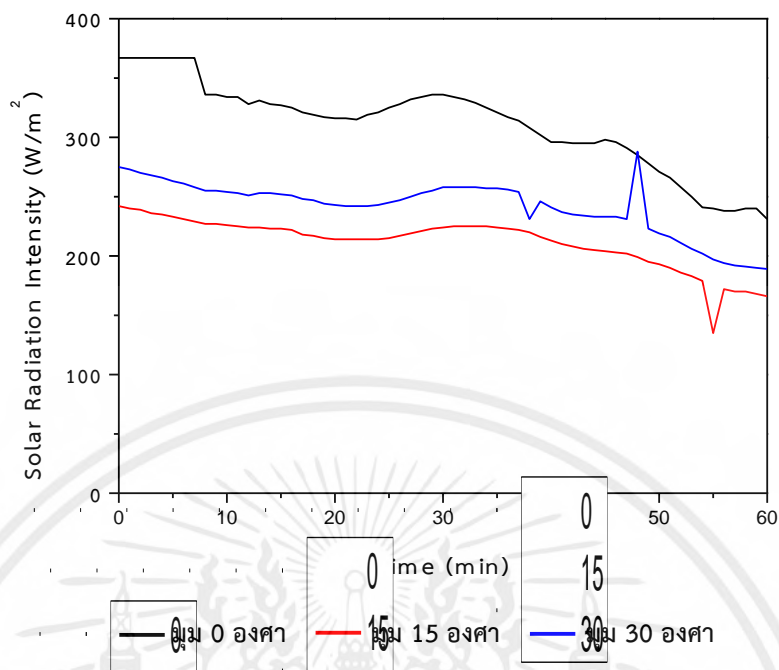
#### รูปที่ 4.34 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 4

- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่อัตราสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่อัตราสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่อัตราสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา

จากรูปที่ 4.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาแสดงค่าอุณหภูมิภายในหลอดแก้วที่ค่าใกล้เคียงกันทั้งหมดของการทดสอบการสร้างอุณหภูมิด้วยค่ามุมการเอียงที่ต่างกันครั้งที่ 4 อุณหภูมิแรกเริ่มการทดลองเริ่มต้นที่ค่าอุณหภูมิใกล้เคียงกันในช่วง 38 องศาเซลเซียส และมีเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อใช้มุมการเอียงเท่ากับ 15 องศา ซึ่งแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 77.4 องศาเซลเซียส และแสดงค่าต่ำสุดที่ค่ามุมเอียงเท่ากับ 0 องศา โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุด ณ ค่ามุม 0 องศา เท่ากับ 71.9 องศา ในทางกลับกันค่าความเข้มแสงแสดงผลค่าสูงสุดที่ค่ามุมเอียงที่ 30 องศาโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 367 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิด  
สแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศา ในวันที่ 3 ก.ค. 2562



รูปที่ 4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสง วันที่ 3 ก.ค. 2562

ตารางที่ 4.19 แสดงข้อมูลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่การทดลอง	4 ก.ค. 2562
ช่วงเวลาการทดลอง	11.00 – 12.00 น.
ระยะเวลาการทดลอง	60 นาที
สถานที่ทำการทดลอง	ดาดฟ้าตึกจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุแผ่นสะท้อน	สแตนเลส
มุมระหว่างแผ่นสะท้อนกับพื้นแนวราบ	0 15 และ 30 องศา
ความเข้มแสงที่มุม 0 องศา	400 – 930 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 15 องศา	260 – 410 วัตต์ต่อตารางเมตร
ความเข้มแสงที่มุม 30 องศา	250 – 370 วัตต์ต่อตารางเมตร
สภาพอากาศ	เมฆน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 น้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองหาประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวัสดุสะท้อนรังสีชนิดสแตนเลสที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5

ค่ามุมแผ่นสะท้อน	น้ำหนักวัตถุดิบก่อนการทดลอง	น้ำหนักวัตถุดิบหลังการทดลอง
0 องศา	50.6244 กรัม	20.5780 กรัม
15 องศา	50.4363 กรัม	20.9683 กรัม
30 องศา	50.8899 กรัม	20.7203 กรัม



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.37 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่ก่อนการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5

- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา



(ก)



(ข)



(ค)

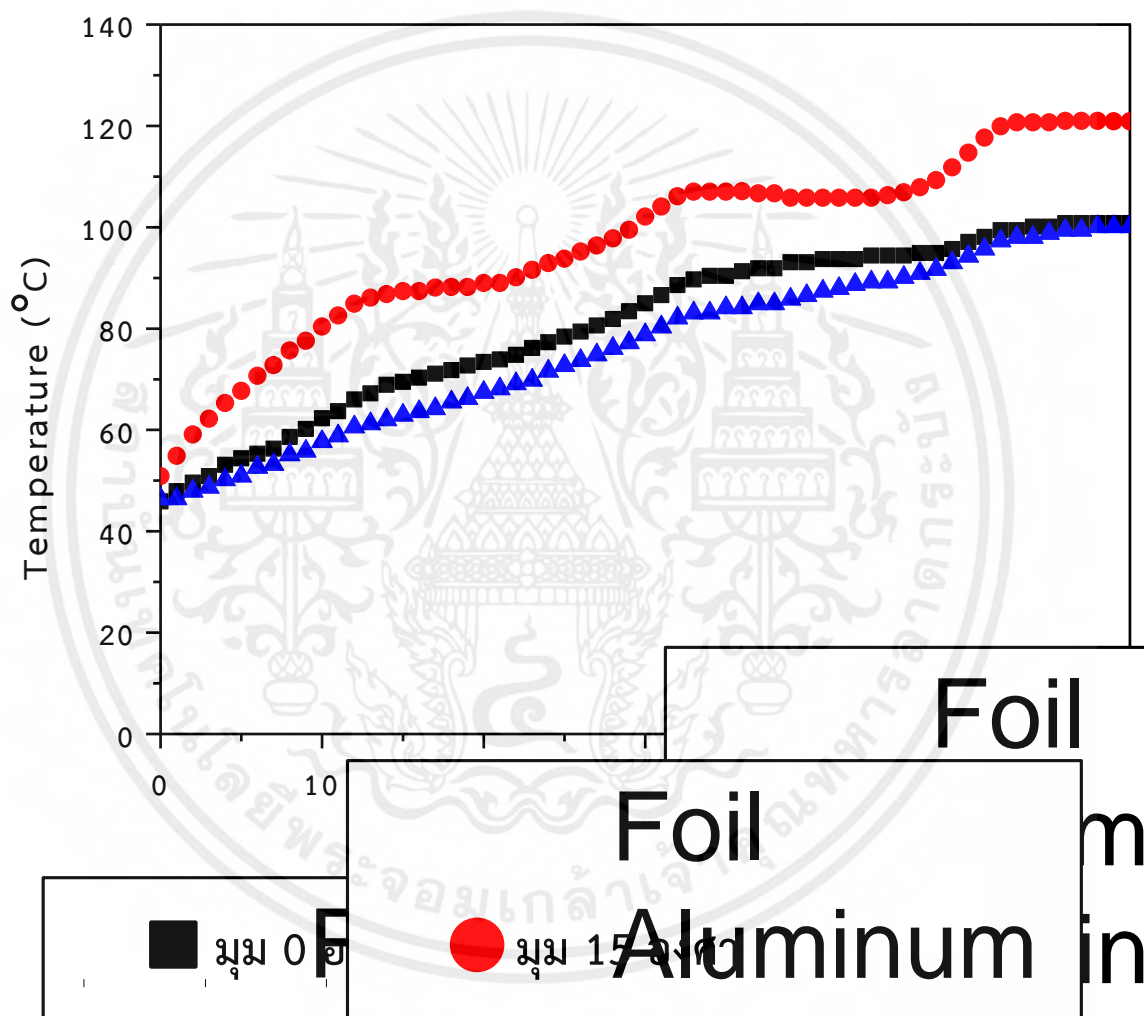
รูปที่ 4.38 แสดงน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการทดลองที่มุมสะท้อนแตกต่างกันครั้งที่ 5

- (ก) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 0 องศา
- (ข) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 15 องศา
- (ค) เนื้อไก่ที่วางไว้ที่ถาดสแตนเลสทำมุมเอียง 30 องศา

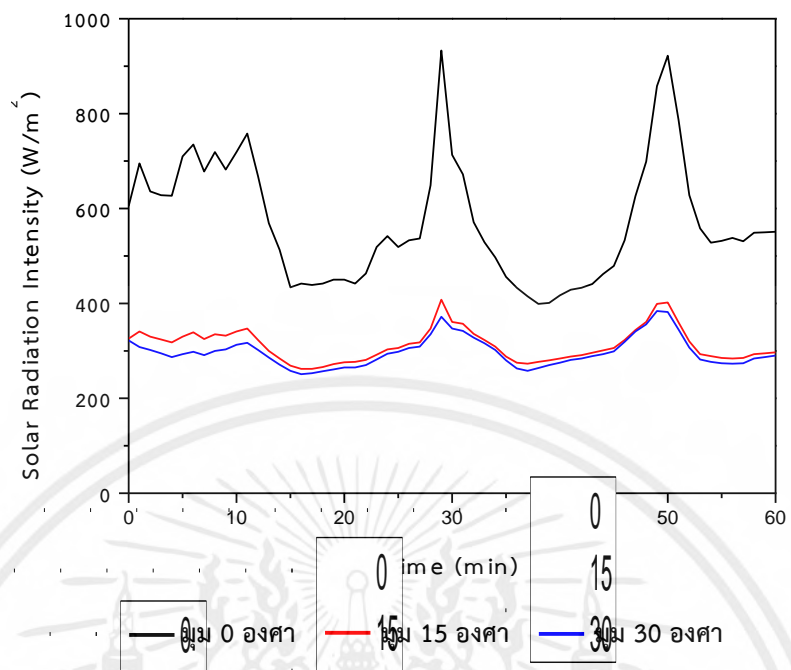
รูปที่ 4.38 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่มุมเอียง 0 15 และ 30 องศาจากการทดลองครั้งที่ 5 โดยในการทดลองค่าอุณหภูมิภายในหลอดแก้วมีค่าสูงสุดจากการเปรียบเทียบของค่ามุมเอียงทั้ง 3 ค่าที่ 120.9 องศาเซลเซียสที่มุมเอียง 15 องศา โดยที่ค่ามุมเอียงที่ 0 และ 30 องศา ค่าสูงสุดของอุณหภูมิอยู่ที่ 100.8 และ 100.1 องศาเซลเซียสตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและเวลาของข้อมูลการทดลองการสร้างอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศครั้งที่ 5 ด้วยเงื่อนไขการปรับเปลี่ยนมุม ค่าความเข้มที่ช่วง 290 ถึง 408 วัตต์ต่อตารางเมตรตลอดช่วงการทดลองที่ค่ามุมทดลองที่ 15 และ 30 องศา โดยที่มุม 0 องศาแสดงค่าความเข้มแรกเริ่มที่ 605 วัตต์ต่อตารางเมตรและเพิ่มสูงสุดสู่ 922 วัตต์ต่อตารางเมตรเมื่อทดลองผ่านไป 29 นาที



รูปที่ 4.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดสแตนเลสในมุม 0 15 และ 30 องศาในวันที่ 4 ก.ค. 2562



รูปที่ 4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงวันที่ 4 ก.ค. 2562

## บทที่ 5

# สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาและดำเนินการออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในจุดประสงค์ของการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการปรุงสุกวัตถุดิบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบเพื่อการจัดสร้างเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิกซึ่งมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนมุมการรับแสงสะท้อนเข้าสู่หลอดแก้วสุญญากาศที่และสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุของแผ่นสะท้อนเพื่อการศึกษาการทำอุณหภูมิภายในหลอดแก้วสุญญากาศที่เงื่อนไขที่ต่างกัน 2 กรณี คือ กรณีการปรับเปลี่ยนวัสดุแผ่นสะท้อนโดยใช้ ฟอยล์ อะลูมิเนียม และสแตนเลส และกรณีการปรับเปลี่ยนมุมการรับแสงสะท้อนที่ค่ามุม 0 15 และ 30 องศาโดยใช้สแตนเลสเป็นวัสดุหลักในการทำสะท้อน ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้นส่วนหลักทั้งหมดคือ ถาดบรรจุอาหาร รางพาราโบลิก วงแหวนสำหรับยึดติดปลายปิดของท่อแก้วสุญญากาศ วงแหวนสำหรับยึดติดปลายเปิดท่อแก้วสุญญากาศ และฐานปรับมุมเอียง ซึ่งจะถูกรวบรวมเข้ากับอุปกรณ์ที่จัดซื้อคือ ท่อแก้วสุญญากาศ เทอร์โมมิเตอร์ สายวัดอุณหภูมิชนิด K และอุปกรณ์วัดความเข้มแสงอาทิตย์

จากการทดสอบค่าความร้อนจากกรณีศึกษาการเปลี่ยนวัสดุรางพาราโบลิกพบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 80 ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยพบมากที่สุดจากวัสดุอะลูมิเนียม โดยพบว่าน้ำหนักของวัตถุดิบหลังการทดลองมีน้ำหนักที่ลดลง 20 กรัม โดยประมาณ

จากการทดสอบค่าความร้อนจากกรณีศึกษาการเปลี่ยนมุมเอียงรางพาราโบลิกชนิดสแตนเลสพบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 60 ถึง 120 องศาเซลเซียส โดยพบมากที่สุดจากมุมการเอียงที่ค่า 15 องศา กับแนวราบของฐานวาง น้ำหนักของวัตถุดิบหลังการทดลองมีน้ำหนักที่ลดลงในช่วงประมาณ 20 ถึง 30 กรัม

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ผู้วิจัยควรทดสอบในวันที่มีสภาพอากาศที่มีแสงแดด
- 2) ผู้วิจัยควรทำความสะอาดท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกทุกครั้งก่อนทดลอง
- 3) ผู้วิจัยควรใช้ตัววัดความเข้มแสงแบบเก็บข้อมูลเพื่อจะทำให้การบันทึกข้อมูลละเอียดและถูกต้องมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2554. **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2.** กระทรวงพลังงาน.
- [2] นิรมล สุภาพรม, นริส ประทินทอง, และสมพงษ์ ศรีมโนเสาวภาคย์. 2558. “การเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรังสีของแผงรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศชนิดท่อความร้อนด้วยตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ออกแบบมาในพื้นที่จำกัด.” *การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 8.* 1: 306-310.
- [3] Dasin, D.Y. Aser, A.A. and Habou, D. 2011. “Parabolic solar cooker dish: design and simulation.” *Nigerian J. sol. Energy* 22: 43-51.
- [4] Al-Soud, M.S. Abdallah, E. Akayleh, A. Abdallah, S. and Hrayshat, E.S. 2010. “A parabolic solar cooker with automatic two axes sun tracking system.” *Appl. Energy* 87: 463-470.
- [5] SLiCK Solar Stove UK. 2016. **The Great British Solar Bake Off 2017 – SLiCK.** [Online]. Available: <http://www.slicksolarstove.com/blog/>.
- [6] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. **เตารังสีแสงอาทิตย์.** [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/เตารังสีแสงอาทิตย์>.
- [7] รศ.ดร.ประกอบ สุรวิฒนาวรรณ และ ธีรภัทร หลิมบุญเรือง. 2555 “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบล่า.” *บทความวิชาการ* 16: 116-125.
- [8] Öztürk, H.H. 2004. “Experimental determination of energy and energy efficiency of the solar parabolic-cooker.” *Sol. Energy* 77: 67-71.
- [9] Ayompe, L.M. Duffy, A. McKeever, M. Conlon, M. and McCormack, S.J. 2011. “Comparative field performance study of flat plate and heat pipe evacuated tube collectors (ETCs) for domestic water heating systems in a temperate climate.” *Energy* 36: 3370-3378.
- [10] Clean Heat Energy Saving Solutions (Pty) Ltd. 2018. **Evacuated Tube SA.** [Online]. Available: <http://www.cleanheatsolar.com/evacuated-tube-sa.html>.
- [11] สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย. 2562. **พลังงานแสงอาทิตย์.** [Online]. Available: <http://www.reca.or.th/library-solar-energy.aspx>.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [12] กลุ่มวิจัยฟิสิกส์อวกาศและอนุภาคพลังงานสูง. 2562. **ดวงอาทิตย์**. [Online]. Available: <http://astro.phys.sc.chula.ac.th/IHY/Sun/Sun.htm>.
- [13] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2562. **ดวงอาทิตย์**. [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/ดวงอาทิตย์>.
- [14] SOLARLAA. 2562. **การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์**. [Online]. Available: <https://www.nortisgroup.com/solarlearning/archives/445>.
- [15] ธนวิษณุ กุลเกียรติชัย, นรุตม์ เปรมประเสริฐ, ประภากร ตันยะกุล. 2562. **พาราโบลา**. [Online]. Available: <https://sai1518pccchon.wordpress.com/about/>.
- [16] สมัชญา มาตย์ทิพย์, อรุณรัตน์ รัตนรักษ์, ดิษฐฤดี แก่นทอง, จินตนา ไชยวัฒน์, จุรีรัตน์ นาคมุสิก และ ปณิตา ฉิ่งสุวรรณโรจน์ 2562. **การสะท้อนของแสง (Reflection)**. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/2pntbw/kar-sathxn-khxng-saeng-reflection>.
- [17] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2562. **การสะท้อน (ฟิสิกส์)**. [Online]. Available: [https://th.wikipedia.org/wiki/การสะท้อน\\_\(ฟิสิกส์\)](https://th.wikipedia.org/wiki/การสะท้อน_(ฟิสิกส์)).
- [18] Pronpirom Prompao. 2562. **กระจกราบ**. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/aayepronpirom/home/bthna/phara-gan/krabwnkar/kar-sathxn-khxng-saeng/kd-kar-sathxn-khxng-saeng/krack-rab>.
- [19] บริษัท ไชยเจริญเทคโนโลยี จำกัด. 2562. **หลักการสะท้อนของแสง**. [Online]. Available: <https://www.chi.co.th/article/article-1016/>.
- [20] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2556. **การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)**. [Online]. Available: [http://eng.sut.ac.th/me/2014/subject\\_mechanical-blue.php?page=HeatTransfer](http://eng.sut.ac.th/me/2014/subject_mechanical-blue.php?page=HeatTransfer).
- [21] Pitsanu Prosuwan. 2562. **ประสิทธิภาพเชิงความร้อน**. [Online]. Available: <http://gp01fbthailand.tripod.com/c5/red62.htm>.
- [22] ธนชัย แจงเจริญ. 2559. “การออกแบบและพัฒนาระบบการสร้างเส้นใยขนาดเล็กด้วยเส้นใยขนาดเล็กในระบบนาโน.” ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.