

การออกแบบและสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MULTI-PORPOSE

SOLAR STOVE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหาไม่ผิดแต่สิ่งเนื้อหาและที่ยังคงอยู่ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2560

DESIGN AND CONSTRUCTION OF MULTI-PORPOSE
SOLAR STOVE



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KING MINGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2017

หัวข้อโครงการพิเศษ การออกแบบและสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์
Design and Construction of Multi-Purpose Solar Stove

ชื่อนักศึกษา นางสาวเบญจวรรณ ปิยะโยธิน รหัสนักศึกษา 57050992
นายปิยะวุฒิ กชนิภากุล รหัสนักศึกษา 57050999
นายสันหนัฐ ทาสวิง รหัสนักศึกษา 57051043

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา ฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2560
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ญัฐพร พรหมรส

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ. สาทร่าย เล็กชะอุ่ม ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร. เชรชฐา รัตนพันธ์ กรรมการ	
อ. ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
ผศ.ดร. ญัฐพร พรหมรส กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบเชิงพาณิชย์และดัดแปลงใดๆ ของเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การออกแบบและสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์อเนกประสงค์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวเบญจวรรณ ปิยะโยธิน รหัสนักศึกษา 57050992
	นายปิยะวุฒิ กชนิกากุล รหัสนักศึกษา 57050999
	นายสันหนัฐ ทาสวิง รหัสนักศึกษา 57051043
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. อนุรักษ์ พรหมรส

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการกล่าวถึงการออกแบบสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีชิ้นส่วนที่สำคัญคือที่
 ท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิค โดยรางพาราโบลิคนั้นเกิดจากการคำนวณโดยใช้หลักการของ
 พาราโบลา ซึ่งจะได้ว่าความกว้างของพาราโบลาจะมีขนาดเป็น 4 เท่าของโฟกัส รางพาราโบลิคเป็น
 อุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไปหาจุดโฟกัสซึ่งก็คือตำแหน่งของท่อแก้ว
 สุญญากาศ เมื่อผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยการนำชุดอุปกรณ์มาให้ความร้อนโดยการนำท่อแก้ว
 สุญญากาศและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ไปวางไว้ในที่โล่งแจ้ง พบว่าเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีราง
 พาราโบลิคช่วยในการทำความร้อนได้ดีกว่าท่อแก้วสุญญากาศเพียงอย่างเดียว โดยจากการทดลองพบว่า
 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อสุญญากาศมีค่า 17.02 % และของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีราง
 พาราโบลิคมีค่า 20.63 % หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทดสอบระบบโดยการใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้
 ความร้อนกับอาหารพบว่าสามารถทำให้อาหารสุกได้ โดยปัจจัยหลักที่ทำให้ระบบทำความร้อนได้อย่างมี
 ประสิทธิภาพคือค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อค่าความเข้มแสงอาทิตย์มีค่าสูง รังสีความร้อนก็จะมีค่าสูง
 ตามไปด้วย

คำสำคัญ : การให้ความร้อนกับอาหาร เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ราง
 พาราโบลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Design and Construction of Multi-Purpose Solar Stove
Students	Miss Benchawan Piyayothin Student ID 57050992 Mr. Piyawot Kuchnipakul Student ID 57050999 Mr. Sunhanuth Thasawing Student ID 57051043
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2017
Advisor	Asst.Prof.Dr. Nathaporn Promros

Abstract

This research has reported on the design and construction of the solar stove. The vacuum tube and the parabolic rail are essential components. The width of the parabolic rail was calculated by the theory of parabola, which was 4 times of the focus point. The parabolic rail is the component for reflecting the solar radiation to the focus of the vacuum tube. We tested the constructed solar stove by placed the stove at the open area and found that the solar stove with the parabolic rail performed the better heat conductance than the without parabolic rails. From the experimental results, the thermal coefficient of the vacuum tube was 17.02 % and increased to 20.63 % by adding the parabolic rail. Then the solar stove was tested by heating the ingredients and we found that the stove can cook the ingredients. The main role of the heat source for the stove is the intensity of solar radiation, which the solar radiation depends upon the solar intensity.

Keyword : cooking, parabolic rail, solar stove, solar radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. ณัฐพร พรหมรส อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่อบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี ซื่อสัตย์สุจริต มีความรับผิดชอบ ตั้งใจทำงาน อ่อนน้อมถ่อมตน รับฟังความคิดเห็นคนอื่น เชื้อฟังคำสั่งสอนของครูอาจารย์และพ่อแม่ เป็นคนมีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม มีน้ำใจนักกีฬา กตัญญูรู้คุณพ่อแม่ครูอาจารย์ ที่มอบหมายหัวข้อโครงการพิเศษเรื่องนี้แก่ผู้วิจัย ทั้งยังสนับสนุนในเรื่องต่างๆ ทั้งในเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ปฏิบัติงาน รวมไปถึงคำแนะนำและความรู้ใหม่ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ประยุกต์ในการปฏิบัติงานแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด อีกทั้งคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขส่วนต่างๆ ภายในระบบการทำโครงการพิเศษเรื่องนี้ให้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบโครงการพิเศษ รศ. สาหรัย เล็กชะอุ่ม อ. ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง และ ผศ.ดร. เชษฐา รัตนพันธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้ารับฟังการนำเสนองานวิจัย รวมถึงการให้คำแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องของโครงการพิเศษนี้ รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยทำให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้มาใช้ในการงานวิจัยได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณนายอดิสร นพรุจิกุล นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นายวีรศรุต แก่นไร่ นายพีรศิลป์ เจริญยืนยาว นางสาววิวรรธณ เฉลียวพงษ์ และนายธนชัย แจงเจริญ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นตลอดงานวิจัยในครั้งนี้ อันมีผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องของผู้วิจัย ที่คอยสนับสนุนในหลายด้านตลอดงานวิจัยในครั้งนี้

เบญจวรรณ ปิยะโยธิน
ปิยะวุฒิ กษนิภากุล
สัณห์รัฐ ทาสวิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 พลังงานแสงอาทิตย์	5
2.1.1 ดวงอาทิตย์	5
2.1.2 แสงอาทิตย์	6
2.1.2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก	7
2.2 การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์	7
2.2.1 การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heating)	8
2.2.2 อุปกรณ์สะสมพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Collector)	8
2.3 ทฤษฎีของพาราโบลา	8
2.3.1 การวิเคราะห์หาขนาดของรางพาราโบลา	9
2.4 กฎการสะท้อนของแสง	12
2.4.1 การสะท้อน (Reflection)	12
2.4.2 กระจกราบ (Plane Mirrors)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3 การสะท้อนบนพื้นผิวขรุขระ (Diffuse Reflection)	14
2.5 การถ่ายเทความร้อน	15
2.5.1 กลไกการถ่ายเทความร้อน	15
2.5.2 อิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน	16
2.5.2.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์	16
2.6 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน	16
2.7 โปรแกรม SolidWorks	17
2.7.1 ประสิทธิภาพการทำงาน	17
2.7.2 ลักษณะการทำงาน	17
2.7.2.1 Part Mode	17
2.7.2.2 Assembly Mode	18
2.7.2.3 Drawing Mode	18
2.7.3 SolidWorks ช่วยงานในส่วนต่างๆ อย่างไร	19
2.7.3.1 Marketing	19
2.7.3.2 Research & Development	19
2.7.3.3 Production	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
3.1 การออกแบบและสร้างระบบ	22
3.1.1 การจัดหาวัสดุอุปกรณ์	22
3.1.2 การออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	31
3.1.3 การสร้างแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	48
3.2 การทดสอบระบบ	51
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุดิบเพื่อนำไปให้ความร้อน	51
3.2.2 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบระบบ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้ว สุญญากาศ	52
3.2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้ว สุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก	56
3.2.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบ พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในหมุมต่างๆ	59
3.2.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลัง งานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด	65
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	67
4.1 แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์	67
4.2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์	68
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ	71
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อ เทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก	74
4.4.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ ไม่มีรางพาราโบลิก	81
4.4.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพารา โบลิก	82
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงาน แสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในหมุมต่างๆ	83
4.5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ และรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่หมุม 0 องศา	83
4.5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ และรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่หมุม 15 องศา	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

4.5.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้ว สุญญากาศและรางพาราโบลิคเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุม 30 องศา	106
4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงาน แสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด	118
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	124
5.1 สรุปผลการวิจัย	124
5.2 ข้อเสนอแนะ	125
เอกสารอ้างอิง	127
ภาคผนวก ก	129
ภาคผนวก ข	130
ภาคผนวก ค	131
ภาคผนวก ง	132
ภาคผนวก จ	133
ภาคผนวก ฉ	134
ภาคผนวก ช	135



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
4.1 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 สำหรับการทดลองการทำความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก	71
4.2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 สำหรับการทดลองการทำความร้อนเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก	75
4.3 แสดงระยะเวลาในการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิของจากการทดลองท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกและแบบมีรางพาราโบลิก อุณหภูมิภายนอกระบบและค่าความเข้มแสง	79
4.4 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบต่างๆ ในขั้นตอนการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อน	83
4.5 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	84
4.6 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	88
4.7 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	91
4.8 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	96
4.9 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	99
4.10 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	103
4.11 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	107
4.12 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	111
4.13 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	114
4.14 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	119
4.15 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์	5
2.2 แสดงช่วงของสเปกตรัมที่ตามองเห็นและคลื่นย่านต่างๆ ที่ตามองไม่เห็น	6
2.3 พาราโบลาและส่วนประกอบ	9
2.4 แสดงความกว้างและความยาวโฟกัสของพาราโบลา โดยระยะของ f ต่อ W	12
2.5 การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบผิวสะท้อนราบ	13
2.6 แสดงการเกิดภาพในกระจกในแต่ละแบบ	13
2.7 แสดงพื้นผิวแต่ละแบบที่แสงสะท้อนลงมา	14
2.8 เปรียบเทียบการสะท้อนบนผิวเรียบและผิวขรุขระ	14
3.1 แสดงท่อแก้วสุญญากาศเพื่อใช้ในการดูดซับความร้อนให้กับอาหารภายในท่อในด้านข้าง	23
3.2 แสดงถึงแผ่นฉนวนกันความร้อนที่จะนำมาใช้ในการสะท้อนรังสีความร้อน	24
3.3 แสดงถึงแผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อนที่จะนำมาใช้ในการสะท้อนรังสีความร้อน	24
3.4 แสดงถึงรูปลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่น Vector 303B	25
3.5 แสดงถึงหน้าจอแสดงผลของเทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่น Vector 303B	25
3.6 แสดงถึงเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger	27
3.7 แสดงถึงเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U	27
3.8 แสดงถึงเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750	27
3.9 แสดงถึงเครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale	28
3.10 แสดงถึงมิดและเขียนในการวิจัย	28
3.11 แสดงถึงภาชนะบรรจุอาหารในการวิจัย	29
3.12 แสดงถึงที่คีบอาหารที่ใช้ในการวิจัย	29
3.13 แสดงถึงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้ห่อวัตถุดิบ	30
3.14 แสดงถึงตู้เย็นสำหรับเก็บวัตถุดิบ	30
3.15 แสดงภาพลักษณะของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้วในมุมมองไอโซเมตริกโดยใช้โปรแกรม Solidwork	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.16 แสดงภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิกที่ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidwork	32
3.17 ภาตใส่อาหารที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	34
3.18 แสดงภาตใส่อาหารในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	35
3.19 ท่อแก้วสุญญากาศที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	36
3.20 แสดงท่อแก้วสุญญากาศในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	36
3.21 รางพาราโบลิกที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	39
3.22 แสดงรางพาราโบลิกในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	39
3.23 แท่นวางท่อแก้วสุญญากาศที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองไอโซเมตริก	40
3.24 แสดงแท่นวางท่อแก้วสุญญากาศในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	41
3.25 ชั้นวางรางพาราโบลิกที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	42
3.26 แสดงฐานวางรางพาราโบลิกในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	42
3.27 แกนปรับมุมเอียงที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	43
3.28 แสดงแกนปรับมุมเอียงในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	44
3.29 แท่นวางอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	45
3.30 แสดงแท่นวางอุปกรณ์ในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	45
3.31 แผ่นไม้วางวัสดุที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	46
3.32 แสดงแผ่นไม้วางวัสดุในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork	46
3.33 ล้อเลื่อนที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก	47
3.34 แสดงการวาดชิ้นส่วนต่างๆ และการตัดออก	48
3.35 แสดงการนำชิ้นส่วนมาทับซ้อนกันเพื่อความแข็งแรงและคงทน	49
3.36 แสดงการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน	49
3.37 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.38 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และแผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน	50
3.39 แสดงการชั่งเนื้อหมูและมันฝรั่ง โดยใช้เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale	51
3.40 แสดงการห่อวัตถุดิบด้วยอลูมิเนียมฟอยล์	52
3.41 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ	53
3.42 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750	53
3.43 แสดงการสอดสายวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger	54
3.44 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U	54
3.45 แสดงการดาวน์โหลดข้อมูลจากเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U	55
3.46 แสดงการเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม OriginPro 8.5	55
3.47 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก	56
3.48 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750	57
3.49 แสดงการสอดสายวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger	57
3.50 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U	58
3.51 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุม 0 องศา	59
3.52 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุม 15 องศา	59
3.53 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุม 30 องศา	60
3.54 วัดอุณหภูมิก่อนทำการให้ความร้อนด้วยเทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่น Vector 303B	60
3.55 แสดงการวางวัตถุดิบลงบนภาตใส่อาหารก่อนสอดเข้าไปในด้านปลายเปิดของท่อแก้ว	61
3.56 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750	62
3.57 แสดงการสอดสายวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger	62
3.58 แสดงการติดตั้งติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.59 แสดงการนำเอาอาหารที่สอดไว้ในท่อแก้วสุญญากาศออก	64
3.60 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่ใช่แสงแดด	65
4.1 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก	67
4.2 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศและแผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน	68
4.3 แสดงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์	69
4.4 แสดงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งในพื้นที่โล่งแจ้งเพื่อทดสอบระบบ	69
4.5 แสดงการนำวัตถุดิบไปวางไว้บนภาตใส่อาหารก่อนสอดเข้าไปในด้านปลายเปิดของท่อแก้ว	70
4.6 แสดงการขึ้นงานอาหารที่สุกหลังจากได้นำไปให้ความร้อนภายในท่อแก้วสุญญากาศ	70
4.7 ภาพของสภาพอากาศวันที่ วันที่ 10 พ.ค. 2561 ระหว่างการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ	72
4.8 แสดงการติดตั้งแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีราง	72
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในระบบขณะทำความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก วันที่ 10 พ.ค. 2561	73
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก วันที่ 10 พ.ค. 2561	74
4.11 ภาพของสภาพอากาศวันที่ วันที่ 10 พ.ค. 2561 ระหว่างการทดสอบการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก	75
4.12 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก	76
4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก วันที่ 10 พ.ค. 2561	78
4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก วันที่ 10 พ.ค. 2561	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.15 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา	84
4.16 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	85
4.17 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	85
4.18 ภาพแสดงวัตถุติดหลังการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	86
4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	87
4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	87
4.21 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	88
4.22 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	89
4.23 ภาพแสดงวัตถุติดหลังการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	90
4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	90
4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงาน	91
4.26 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	92
4.27 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	92
4.28 ภาพแสดงวัตถุติดหลังการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	93
4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	94
4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	94
4.31 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา	95
4.32 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.33 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	97
4.34 ภาพแสดงวัตถุติดหลังการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	98
4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	98
4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	99
4.37 ภาพของสภาพอากาศวันที่ วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	100
4.38 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	100
4.39 ภาพแสดงวัตถุติดหลังการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	101
4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	102
4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	102
4.42 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	103
4.43 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	104
4.44 ภาพแสดงวัตถุติดหลังการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	105
4.45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	105
4.46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	106
4.47 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา	107
4.48 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	108
4.49 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.50 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	109
4.51 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	110
4.52 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงาน	110
4.53 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	111
4.54 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	112
4.55 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	113
4.56 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	113
4.57 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	114
4.58 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	115
4.59 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	115
4.60 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	116
4.61 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	117
4.62 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3	117
4.63 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	119
4.64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	120
4.65 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.66 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	122
4.67 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	123
4.68 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2	123



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
f	ระยะโฟกัสของรางพาราโบลา
W	ความกว้างของรางพาราโบลา
S	ระยะความโค้งของรางพาราโบลา
H	ความสูงจากจุดต่ำสุดของรางพาราโบลาถึงขอบพาราโบลา
W/m^2	วัตต์ต่อตารางเมตร
$^{\circ}C$	องศาเซลเซียส
$^{\circ}$	องศา
η	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ณ ขณะใดขณะหนึ่ง
C	ค่าความจุความร้อนจำเพาะใดๆ
T_{60}	อุณหภูมิหลังจากทดลองแล้ว
T_0	อุณหภูมิเริ่มต้นของการทดลอง
A	พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์
G	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง
r	รัศมีของท่อแก้วสุญญากาศ
l	ความยาวของท่อแก้วสุญญากาศ
$J/kg^{\circ}C$	จูลต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส
m^2	ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา [1]

เทคโนโลยีในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้แบ่งเป็น 2 แบบได้แก่ การใช้ประโยชน์ทางความร้อน (solar thermal) และการเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (photovoltaic) ซึ่งแต่ละแบบจะมุ่งเน้นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีให้มีการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับมาให้มากที่สุด ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานจากรูปแบบอื่นๆ เช่น พลังงานจากซากฟอสซิล อีกทั้งยังมีส่วนในการลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ที่ผ่านมามีการนำเอาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ เช่น การใช้น้ำอุ่น การผลิตน้ำร้อน การอบแห้ง และการประกอบอาหาร เป็นต้น

เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ (solar oven) คืออุปกรณ์ที่ให้ความร้อนกับอาหารโดยอาศัยหลักการรวมรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำ อุปกรณ์นี้สามารถนำไปใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น การนำไปประกอบอาหาร และการอบแห้ง เป็นต้น และสามารถสร้างขึ้นจากวัสดุหลายชนิดหลายรูปแบบตามความเหมาะสม โดยมีชิ้นส่วนสำคัญคือ ตัวสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ (solar collector) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ดูดซับและสะสมพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์ สำหรับเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบด้วยตัวสะสมพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อและแผ่นสะท้อนแสงแบบพาราโบลาจะมีคุณสมบัติในการรวมแสงจากการสะท้อนที่แผ่นพาราโบลามายังจุดโฟกัสซึ่งก็คือบริเวณศูนย์กลางของท่อแก้วสุญญากาศ วัสดุที่ใช้ทำเป็นแผ่นสะท้อนโดยทั่วไปจะใช้แผ่นอลูมิเนียมหรือแผ่นสแตนเลสขัดเงาเป็นตัวสะท้อนแสงอาทิตย์ แสงสะท้อนที่เกิดจากแผ่นพาราโบลาจะไปรวมที่ท่อรับแสงสะท้อน ข้อดีของเตาชนิดนี้คือ เมื่อทำการรวมแสงจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าเตาแบบกล่อง (box cookers) หรือแบบแผง (panel cookers) มาก อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังมีการศึกษาและรายงานน้อยมากถึงการออกแบบสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่มีตัวสะสมพลังงานแสงอาทิตย์เป็นท่อแก้วสุญญากาศและแผ่นสะท้อนแสงแบบพาราโบลา ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงต้องการออกแบบสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศที่เคลือบด้วยสารที่มีความสามารถในการดูดกลืนแสงได้ดีเป็นตัวกักเก็บความร้อนให้กับอาหารที่อยู่ภายใน และมีชิ้นส่วนสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแบบพาราโบลาโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นแผ่นสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ไปยังจุดโฟกัสซึ่งเป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางของท่อแก้วสุญญากาศ และจะทำการตรวจสอบลักษณะเฉพาะของเวลาและอุณหภูมิเพื่อใช้ในการทำให้อาหารสุก โดยผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติของการกักเก็บพลังงานความร้อนโดยใช้วัสดุต่างๆ ภายในประเทศ
- 2) นำเอาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ทำอาหารแทนก๊าซหุงต้ม
- 3) ออกแบบและสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่ไม่จำกัดและไม่มีค่าใช้จ่าย
- 4) เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพด้านการนำความรู้เชิงฟิสิกส์ในด้านอุณหพลศาสตร์และวัสดุศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในรูปแบบงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์
- 5) เพื่อนำเอาเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นการนำพลังงานความร้อนมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้
- 6) เพื่อนำอุปกรณ์เป็นต้นแบบในการศึกษาและวิจัยทางด้านพลังงานได้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ท่อแก้วสุญญากาศที่ใช้ในการสะสมความร้อนเป็นท่อแก้วสุญญากาศที่เคลือบสารเพื่อดูดกลืนแสงได้ดี
- 2) ออกแบบแผ่นโคงพาราโบลาเพื่อสะท้อนแสงไปตกกระทบบที่ท่อแก้วสุญญากาศ
- 3) ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงได้ดีติดบนแผ่นโคงพาราโบลาเพื่อสะท้อนแสงไปตกกระทบบที่ท่อแก้วสุญญากาศ
- 4) ใช้ท่อแก้วสุญญากาศพร้อมกับแผ่นโคงพาราโบลาที่สร้างขึ้นในการให้ความร้อนกับอาหาร
- 5) ออกแบบให้ฐานของสิ่งประดิษฐ์สามารถเคลื่อนที่ได้ และปรับเปลี่ยนมุมของแผ่นวางในการรับแสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา										
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	
ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และวัสดุที่นำมาใช้ในการ ออกแบบสร้าง											←→
ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Solidwork ออกแบบเตา อบพลังงานแสงอาทิตย์ และหาวัสดุที่นำมาใช้											←→
จัดสร้างวัสดุภายในระบบ ได้แก่ ถาดใส่อาหาร ราง พาราโบลิก แทนวางท่อ แล้ว ฐานวางรางพาราโบ ลิก แกนปรับมุมเอียง แทนวางวัสดุ และแผ่นไม้ วางวัสดุ											←→
ทดสอบระบบที่สร้างขึ้น ในการรับรังสีแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนกับ อาหาร โดยการวัดและ บันทึกอุณหภูมิและค่า ความเข้มแสงในช่วงเวลา ที่ทดลอง											←→
สรุปผลการทดลองและ จัดทำเล่มรายงาน											←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้รับความรู้ ความเข้าใจ และความชำนาญในการออกแบบอุปกรณ์ด้วยโปรแกรม Solidwork
- 2) ได้รับความรู้เกี่ยวกับวัสดุต่างๆที่นำมาใช้ในงานวิจัย และได้เข้าใจในอุณหพลศาสตร์และวัสดุศาสตร์
- 3) ทราบความแตกต่างของการออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นโดยใช้วัสดุในการทำแผ่นสะท้อนหลายชนิด
- 4) นำวัสดุที่มีอยู่ในประเทศและนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด
- 5) เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับศึกษา ทดลอง สำหรับนักศึกษาและยังสามารถนำไปต่อยอดได้ในอนาคต
- 6) เพื่อเป็นการนำพลังงานความร้อนมาใช้ในชีวิตประจำวัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

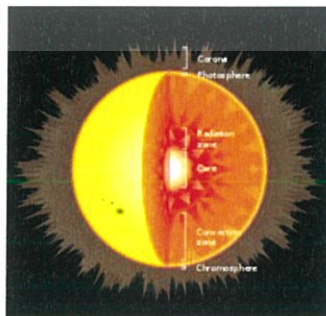
ในบทที่ 2 นี้คณะผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้ คือ พลังงานแสงอาทิตย์ การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีพาราโบลา กฎการสะท้อนของแสง การถ่ายเทความร้อน การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน และโปรแกรม SolidWorks

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ [2]

แสงอาทิตย์จัดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญทางธรรมชาติ ทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานสะอาดและถือเป็นทรัพยากรที่ไม่มีวันหมดไป ซึ่งมนุษย์นั้นรู้จักใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และได้พัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เพื่อก่อประโยชน์สูงสุด เช่น ใช้ประโยชน์ในรูปของพลังงานความร้อนที่ได้มาจากแสงอาทิตย์โดยตรง หรือการเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น โดยพลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยต่างๆ และส่งผลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก เนื่องจากเป็นแหล่งทรัพยากรที่ไม่มีวันหมดไป ไม่เสียค่าใช้จ่ายของต้นทุนพลังงานและยังไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย แสงอาทิตย์จึงถือเป็นพลังงานทางเลือกที่สามารถทดแทนพลังงานหลักต่างๆ บนโลกได้

2.1.1 ดวงอาทิตย์ [3]

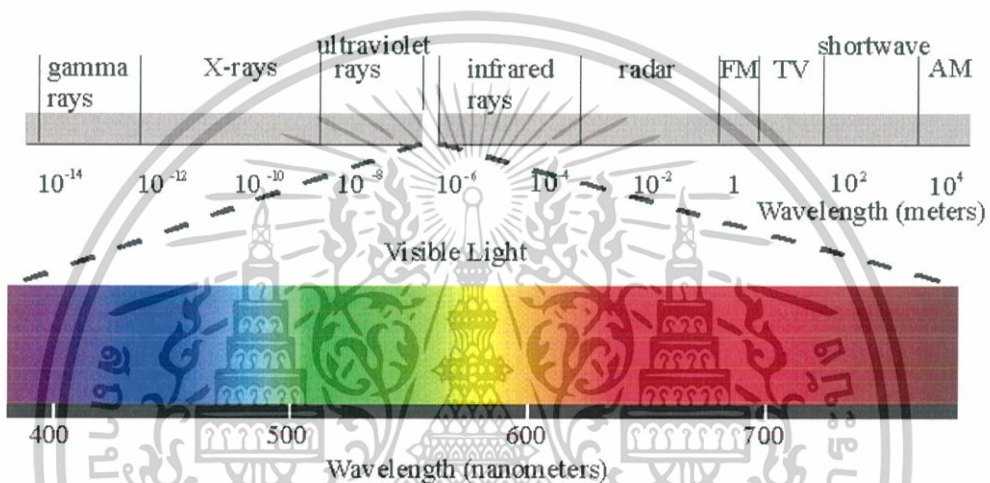
ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะจักรวาล โดยจะมีอายุประมาณ 5,000 ล้านปี อยู่ห่างจากโลก 150 ล้านกิโลเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ล้านกิโลเมตร มีพื้นผิว 6.09×10^{12} ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,000 เท่าของโลก และมีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 6,000 องศาเซลเซียส ภายในแกนของดวงอาทิตย์จะเกิดปฏิกิริยาฟิวชั่นลูกโซ่ โดยจะเปลี่ยนไฮโดรเจนให้เป็นฮีเลียม ซึ่งพลังงานในส่วนนี้นั้นทำให้ดวงอาทิตย์เปล่งแสงส่องสว่างนั่นเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์ ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 แสงอาทิตย์ [4]

แสงอาทิตย์เคลื่อนที่จากดวงอาทิตย์มายังโลกมีความเร็ว 3×10^8 m/s เรียกว่าความเร็วแสง หมายความว่า ใน 1 วินาที แสงเดินทางได้ 300 ล้านเมตร หรือประมาณ 1.6 กิโลเมตร โดยเคลื่อนที่มายังโลกเป็นลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการแผ่ของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีความยาวคลื่นในหลายช่วง เรียกว่าสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ โดยมีทั้งในช่วงที่ตามองเห็นเรียกว่า visible light และช่วงที่ตามองไม่เห็น เพราะมีช่วงความยาวคลื่นที่มากกว่าและต่ำกว่า ได้แก่ อินฟราเรด อัลตราไวโอเล็ต รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ และคลื่นวิทยุ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 แสดงช่วงของสเปกตรัมที่ตามองเห็นและคลื่นย่านต่างๆ ที่ตามองไม่เห็น

ใน 1 ชั่วโมง โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ประมาณ 174 เพตะวัตต์, 30% ของพลังงานนี้ถูกสะท้อนกลับไปในอวกาศ แล้วส่วนที่เหลือจะถูกดูดซับโดยเมฆ มหาสมุทรและพื้นดิน คิดเป็น 3,850,000 เอกซะจูลต่อปี พลังงานนี้ใน 1 ชั่วโมงมีปริมาณเกือบเท่ากับพลังงานที่โลกใช้ทั้งปีโดยประมาณ (510 เอกซะจูล ในปี 2009) และนอกจากนี้พลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตในโลก ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำและธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน พลังงานแสงอาทิตย์จึงจัดเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทน หรือ พลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพสูง ปราศจากมลพิษ อีกทั้งเกิดใหม่ได้ไม่สิ้นสุด และยังเป็นต้นกำเนิดของพลังงานน้ำ (จากการทำให้น้ำกลายเป็นไอและลอยตัวขึ้นสูง พลังงานน้ำที่ตกกลับลงมาถูกนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานเคมีในอาหาร (พืชสังเคราะห์แสง เปลี่ยนแร่ธาตุให้เป็นแป้งและน้ำตาล ซึ่งสามารถให้พลังงานแก่มนุษย์และสัตว์ชนิดต่าง ๆ) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานลม (ทำให้เกิดความกดอากาศและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ) และ เป็นต้นกำเนิดพลังงานคลื่น (ทำให้น้ำขึ้น-ลง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลก

พลังงานแสงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่มายังโลกนั้น จะต้องผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ เพื่อลงมาสู่พื้นโลกมีทั้งพลังงานที่ทะลุชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นโลก และพลังงานจากรังสีที่สะท้อนภายในชั้นบรรยากาศ โดยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1) รังสีตรง (direct radiation) รังสีประเภทนี้เป็นรังสีจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทะลุชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นโลกตรงๆ โดยไม่เกิดการหักเหในชั้นบรรยากาศ ซึ่งทำให้อัตราการแผ่รังสีมีความเข้มแสงสูง ซึ่งเหมาะใช้ในงานวิจัยประเภทที่ต้องการรวมแสงอาทิตย์หรือที่ต้องการค่าความเข้มแสงสูง

2) รังสีกระจาย (diffuse radiation) รังสีชนิดนี้จะเกิดจากการชนกับอะตอมต่างๆ ของธาตุในชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการหักเห สะท้อน และกระจายของแสงลงสู่พื้นโลก ซึ่งค่าความเข้มแสงนั้นจะน้อยกว่ารังสีตรงมาก โดยรังสีประเภทนี้จะเหมาะกับงานวิจัยประเภทระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น

2.2 การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ปัจจุบันมนุษย์ใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวิธีต่างๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น การใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง หรือการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบโซลาร์เซลล์ เป็นต้น

พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายหลายรูปแบบ เช่น

1) เพื่อเพิ่มสุขอนามัยในพื้นที่ห่างไกล [5] เช่น การฆ่าเชื้อโรคที่มากับน้ำโดยการให้น้ำสัมผัสกับแสงอาทิตย์โดยตรง การเลี้ยงสาหร่ายในการปรับสภาพน้ำโดยการเพิ่มออกซิเจน การติดตั้งเครื่องสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์เพื่อแจกจ่ายน้ำสะอาดเพื่อการบริโภค

2) การพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือก [6] เช่น การเลี้ยงสาหร่ายบางชนิดเพื่อนำมาสกัดเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ การติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อสร้างพลังงานให้รถไฟฟ้า

3) การพัฒนาการเกษตร เช่น การปลูกต้นไม้ ประเภทพืชผักสวนครัว ดอกไม้ในเรือนกระจกในประเทศหนาว เป็นต้น เรือนกระจกจะป้องกันอากาศหนาวจากภายนอกและเก็บกักความร้อนจากแสงอาทิตย์เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ การติดตั้งไฟฟ้าพลังแสงอาทิตย์ในพื้นที่ห่างไกลเพื่อสูบน้ำเข้าไร่เพื่อการเกษตร

4) การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้านทั่วไปแล้วต่อเข้ากับสายส่งของผู้ผลิตไฟฟ้างกลางเพื่อใช้เองและขายส่วนเกินให้ผู้ผลิตกลาง

5) การผลิตน้ำร้อนจากพลังแสงอาทิตย์เพื่อการพาณิชย์ [7] ปัจจุบันมีการผลิตทั่วโลกถึง 196 กิโลวัตต์ ในปี 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Heating)

เป็นการใช้ความร้อนของแสงอาทิตย์โดยตรง เช่น เตาส่งแสงอาทิตย์ โดยใช้การรวมแสงไปที่จุดโฟกัสของภาชนะรูปพาราโบล่าทำให้อุณหภูมิที่จุดนั้นสูงขึ้นจากเดิมมาก เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์จะใช้วัสดุสีดำหรือสีดำนที่ทอ เพราะสีดำมีคุณสมบัติในการดูดซับแสงทำให้น้ำในท่อที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำร้อนที่ได้ถูกนำไปใช้ปรุงอาหาร ชำระล้าง หรือการทำน้ำในสระว่ายน้ำให้อุ่น ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็ใช้วิธีให้แสงแดดส่องเข้าไปในตู้ที่ทำสีดำไว้เพื่อดูดซับแสง การตากผ้าก็นับว่าเป็นการใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์เพื่อทำให้ผ้าแห้งและยังใช้แสงแดดฆ่าเชื้อโรคด้วยการทำนาเกลือก็เป็นรูปแบบหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากความร้อนจากแสงอาทิตย์ บางประเทศยังใช้แสงอาทิตย์เพื่อกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดด้วย

2.2.2 อุปกรณ์สะสมพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Collector) [4]

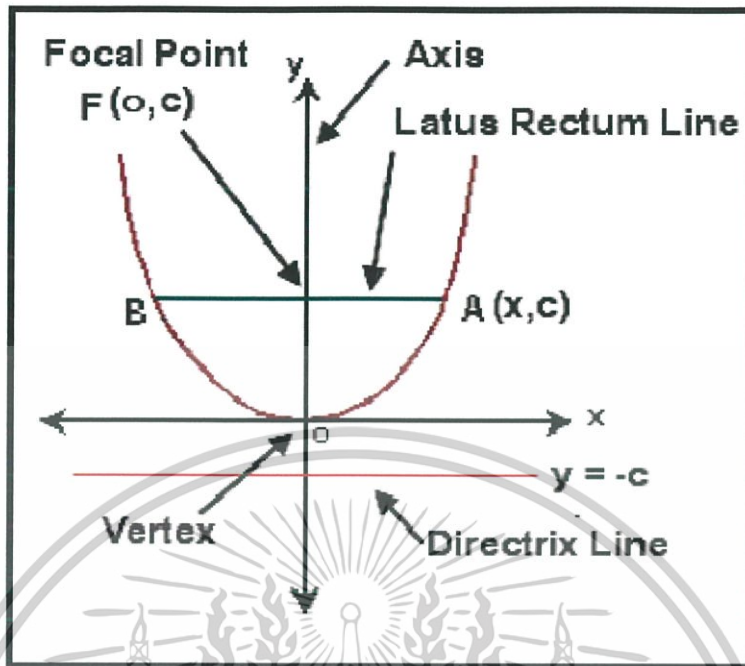
อุปกรณ์สะสมพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ดูดซับและสะสมพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์และจะถ่ายเทพลังงานความร้อนไปยังตัวกลางที่ลำเลียงไปตามท่อ โดยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มีส่วนประกอบสำคัญคือ

- 1) ตัวดูดกลืน (absorber) มีหน้าที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งทำมาจากวัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ได้ดี มีการสะท้อนที่น้อย และไม่ยอมให้แสงส่องผ่าน
- 2) อุปกรณ์นำความร้อน (Heat Carrier) โดยจะมีส่วนประกอบเป็นตัวกลางและระบบท่อนำความร้อน ซึ่งจะมีหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนจากตัวดูดกลืนส่งต่อไปยังอุปกรณ์ปลายทาง
- 3) อุปกรณ์เก็บความร้อน (Energy Storage) มีหน้าที่เป็นตัวเก็บสะสมความร้อนการที่จะนำไปใช้งาน

2.3 ทฤษฎีของพาราโบล่า [8]

พาราโบล่า คือเซตของจุดระนาบซึ่งอยู่ห่างจากจุดคงที่จุดหนึ่งและห่างจากเส้นหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากัน เรียกจุดคงที่นั้นว่าจุดโฟกัส F และเรียกเส้นคงที่ว่าเส้นกำกับหรือเส้นไดเรกทริกซ์ (Directrix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 พาราโบลาและส่วนประกอบ

โดยส่วนประกอบสำคัญของพาราโบลา มีดังนี้

- 1) เส้นบังคับหรือไดเรกตริกซ์ (Directrix) คือเส้นคงที่ของพาราโบลา
- 2) จุดโฟกัส F (Focus) คือจุดคงที่ของพาราโบลา
- 3) เลตัสเรกตรัม (Latus rectum) คือส่วนของเส้นตรงที่ลากผ่านจุดโฟกัส มีจุดปลายทั้งสองอยู่บนพาราโบลา เลตัสเรกตรัมจะตั้งฉากกับแกนของพาราโบลาและขนานกับไดเรกตริกซ์
- 4) จุดยอด (Vertex) คือจุดที่เส้นพาราโบลาตัดกับแกนพาราโบลา
- 5) แกนของพาราโบลา (Axis) คือเส้นตรงที่ลากผ่านจุดโฟกัส และจุดยอด ตั้งฉากกับไดเรกตริกซ์

2.3.1 การวิเคราะห์หาขนาดของรางพาราโบลา

โดยที่มีสมการของของพาราโบลาแบบหงายขึ้นที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดกำเนิด (0,0) คือ

$$y = \frac{x^2}{4f} \quad (1)$$

การออกแบบให้ระยะในแนวตั้งหรือความลึกของ Parabola trough เท่ากับระยะโฟกัส สามารถทำได้โดย

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = \frac{\left(\frac{W}{2}\right)^2}{4f} \quad (3)$$

$$\frac{f}{W} = 0.25 \quad (4)$$

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการออกแบบรางพาราโบลานั้น จะต้องมึระยะความยาวโฟกัสต่อระยะความกว้างของช่องรับแสงจะต้องมีค่าเท่ากับ 0.25

หาระยะความโค้งของ Parabolic trough

$$S = 2 \int_0^x \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \quad (5)$$

โดยใช้หลักการของ Hyperbolic Function ในการคำนวณ

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{2f} = \sinh u \quad (6)$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx = \sqrt{1 + \sinh^2 u} \quad (7)$$

$$\sqrt{1 + \sinh^2 u} = \cosh u \quad (8)$$

$$x = 2f \sinh u \quad (9)$$

$$dx = 2f \cosh u du \quad (10)$$

$$S = 2 \int_0^x \cosh u \cdot 2f \cosh u du \quad (11)$$

$$S = 4f \int_0^x \cosh^2 u du \quad (12)$$

$$S = 4f \left(\frac{\sinh(2u)}{4} + \frac{u}{2} \right) \quad (13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าระยะความโค้งของ Parabolic trough นั้นอยู่ในรูปตัวแปรของ f (ระยะโฟกัส) และ u ซึ่งเป็นตัวแปรของ Hyperbolic function ในขั้นตอนต่อไปจึงต้องดำเนินการวิเคราะห์ค่า u ด้วยการใช้ Inverse hyperbolic function

$$\frac{x}{2f} = \sinh u \quad (14)$$

$$\frac{f}{W} = 0.25 \text{ แทนค่า } x = \frac{W}{2} \quad (15)$$

$$\frac{f}{2x} = 0.25 \text{ จะได้ว่า } x = 2f \quad (16)$$

$$\sinh u = \frac{f}{2x} = 1 \quad (17)$$

$$\frac{1}{2}(e^u - e^{-u}) = 1 \quad (18)$$

$$e^u - \frac{1}{e^u} = 2 \quad (19)$$

$$(e^u)^2 - 2(e^u) - 1 = 0 \quad (20)$$

เมื่อสมการอยู่ในรูป Quadratic equation และสามารถเขียนสมการนี้ใหม่ได้ว่า

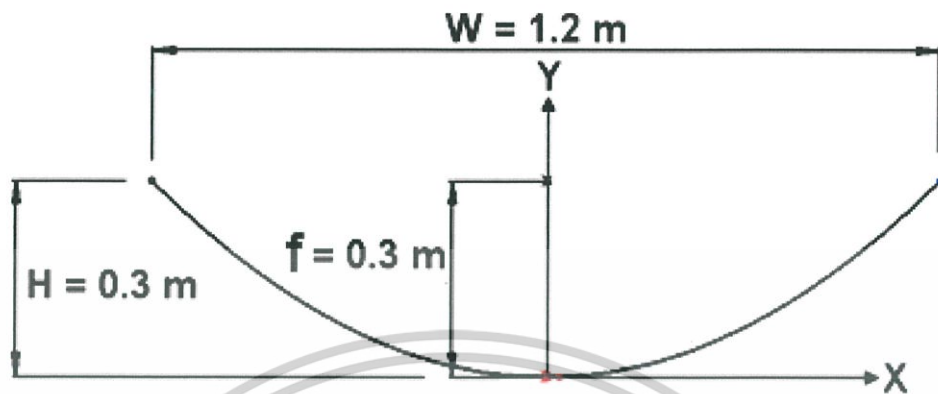
$$e^u = 2.415 \text{ และ } u = 0.882 \quad (21)$$

แทนค่า u ในสมการ S

$$S = 4f \left(\frac{\sinh(1.764)}{4} + \frac{0.883}{2} \right) \quad (22)$$

สมการ (22) จะสามารถนำไปใช้ในการหาระยะความโค้ง S หรือระยะความกว้างของแผ่นที่ใช้

สร้าง parabolic trough ซึ่งสมการนั้นสามารถใช้ได้กับทุกการออกแบบที่มีระยะ $\frac{f}{W} = 0.25$ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงความกว้างและความยาวโฟกัสของพาราโบลา โดยระยะของ f ต่อ W จะมีค่าเท่ากับ 0.25

2.4 กฎการสะท้อนของแสง [9]

มุมตกกระทบคือมุมที่รังสีตกกระทบ (incident ray) ทำกับเส้นปกติ (normal) ของผิวสะท้อน และมุมสะท้อน (reflected ray) คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นปกติ

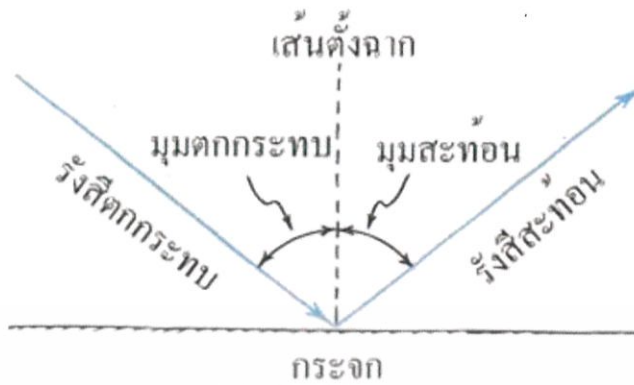
การสะท้อนของแสงที่มีระเบียบจะได้ว่า

- 1) มุมตกกระทบมีค่าเท่ากับมุมสะท้อน
- 2) รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อนและเส้นปกติจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

2.4.1 การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนของแสงทำให้เกิดมุมตกกระทบคือมุมที่แสงตกกระทบทำกับเส้นตั้งฉากกับกระจก และมุมสะท้อนคือมุมที่แสงสะท้อนทำกับเส้นตั้งฉากกับกระจก กฎของการสะท้อนกล่าวว่า “เมื่อเกิดการสะท้อนแสงทุกครั้งมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบผิวสะท้อนราบ

2.4.2 กระจกราบ (Plane Mirrors)

เมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจก วัตถุจะสะท้อนลำแสงออกมาถึงกระจก แต่ขอยกตัวอย่างลำแสง 4 เส้น เมื่อเกิดการสะท้อนแสงที่กระจกมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ทำให้เกิดลำแสงเสมือนตัดกันจนเกิดภาพเสมือนที่หลังกระจก ภาพเสมือนที่หลังกระจกจะมีขนาดเท่ากับวัตถุและกลับซ้ายเป็นขวา



รูปที่ 2.6 แสดงการเกิดภาพในกระจกในแต่ละแบบ

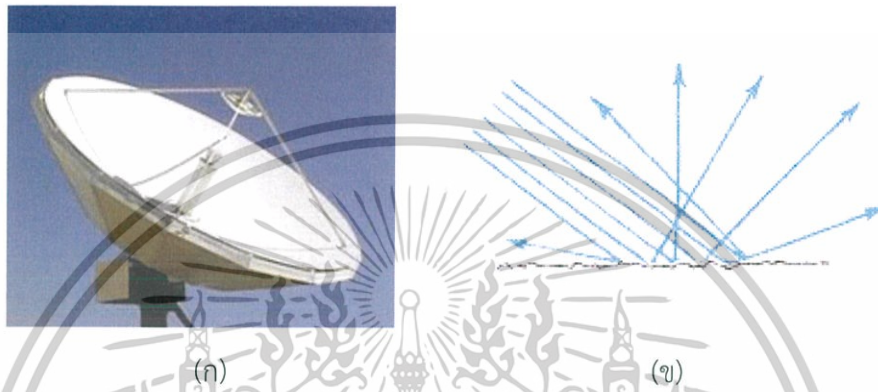
(ก) การเกิดภาพในกระจกเงาราบ

(ข) การเกิดภาพสะท้อนจำนวนมากเมื่อตั้งกระจกสองอันหันเข้าหากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การสะท้อนบนพื้นผิวขรุขระ (Diffuse Reflection)

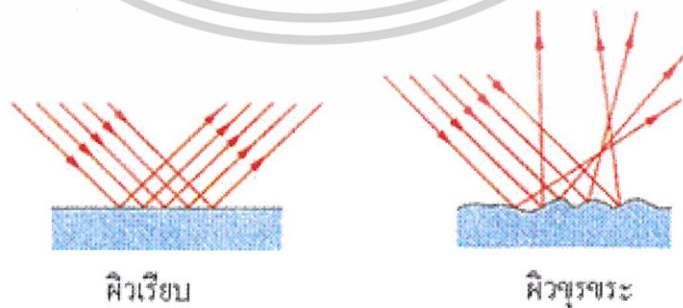
เมื่อแสงสะท้อนที่ผิวขรุขระ แสงจะสะท้อนออกไปหลายทิศทาง โดยพื้นผิวนูนที่แห้งอยู่ จะมีการสะท้อนแสงบนพื้นผิวขรุขระจึงมีแสงสะท้อนมายังตา แต่เมื่อถนนนองไปด้วยน้ำ ฝิวน้ำทำให้เกิด การสะท้อนบนผิวเรียบทำให้แสงจากรถสะท้อนไปด้านหลังรถอย่างเดียวมีเพียงแสงส่วนน้อยที่สะท้อนเข้า ตาทำให้มองเห็นพื้นถนนหลังฝนตกไม่ชัดเจน



รูปที่ 2.7 แสดงพื้นผิวแต่ละแบบที่แสงสะท้อนลงมา

- (ก) การสะท้อนคลื่นวิทยุบนจานรับสัญญาณดาวเทียมเป็นการสะท้อนบนผิวขรุขระ
- (ข) แผนภาพการสะท้อนบนผิวขรุขระ

เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งตกกระทบกับผิวของอีกตัวกลางหนึ่ง แสงจะเกิดการสะท้อนขึ้นกลับมาในตัวกลางเดิม โดยแสงที่สะท้อนออกมาจะเปลี่ยนแปลงตามพื้นผิว โดยถ้าพื้นผิวเรียบ แสงสะท้อนจะเป็นระเบียบ แต่ถ้าผิวขรุขระแสงสะท้อนจะกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ



รูปที่ 2.8 เปรียบเทียบการสะท้อนบนผิวเรียบและผิวขรุขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การถ่ายเทความร้อน [10]

การถ่ายเทความร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิระหว่างตำแหน่งสองตำแหน่งในจักรวาลมีค่าแตกต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิสูงไปที่มีอุณหภูมิต่ำเสมอดังตัวอย่างในชีวิตประจำวันที่พบเห็น เช่น เมื่อเอามือไปจับน้ำแข็งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ามือสัฟกัจะรู้สึกเย็น ที่เป็นเช่นนี้เพราะร่างกายสูญเสียความร้อนไปให้น้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าทำให้รู้สึกเย็นเมื่อจับ

2.5.1 กลไกการถ่ายเทความร้อน

ความร้อน (heat) คือ พลังงานที่ถ่ายเทระหว่างจุดสองจุดที่เกิดขึ้นจากความไม่สมดุลทางความร้อนของจุดสองจุดนั้น (จุดสองจุดนั้นมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน) และ การถ่ายเทความร้อน (heat transfer) คือ การถ่ายเทของพลังงานที่เกิดเนื่องจากความไม่สมดุลทางความร้อนของจุดสองจุด โดยเมื่อความร้อนถ่ายเทจากจุดจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะทำให้จุดที่ได้รับความร้อนซึ่งมีสสารอยู่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้สามารถนำมาประมาณหาระดับความร้อนที่ไหลเข้าจุดนั้นได้ด้วยการอาศัยความรู้เรื่องความจุความร้อนของสสารต่างๆ ได้ สามารถให้คำนิยามของกลไกการถ่ายเทความร้อนได้ดังนี้ กลไกการถ่ายเทความร้อน คือ วิธีการที่ความร้อนเกิดการเคลื่อนตำแหน่งจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยกลไกการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นที่มนุษย์ค้นพบ 3 วิธี คือ การนำความร้อน การแผ่รังสี และการพาความร้อน (แต่ในบางครั้งการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนมักไม่ถูกจัดเป็นการถ่ายเทความร้อน เพราะความร้อนไม่ได้เดินทางไปด้วยตัวเอง)

1) การนำความร้อน คือ การที่ความร้อนจากจุดหนึ่งส่งผ่านเนื้อของสสารไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยเนื้อของสสารที่นิ่งอยู่กับที่ ตัวอย่างของการนำความร้อน เช่น การที่จับปลายของที่คีมที่คีบถ่านไฟเป็นเวลานานพอ จะรู้สึกร้อนเพราะความร้อนไหลผ่านเนื้อวัสดุขึ้นมาก จากจุดที่ปลายของที่คีมที่คีบถ่านไฟขึ้นมาที่บริเวณมือที่จับคีมอยู่

2) การแผ่รังสี คือ การที่ความร้อนจากจุดจุดหนึ่งเคลื่อนที่ไปยังอีกจุด โดยการที่จุดที่มีอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีซึ่งเป็นกลุ่มของพลังงานรูปหนึ่งในอัตรการจ่ายพลังงานที่มากกว่าไปให้จุดอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า สำหรับการแผ่รังสีนั้นเป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ของความร้อน ไม่จำเป็นต้องอาศัยแต่ไม่ได้หมายความว่าต้องมีตัวกลาง ถ้ามีตัวกลาง (สสารหนึ่ง) ที่ยอมให้รังสีที่เกิดจากจุดใดๆ ในจักรวาลผ่านได้การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีก็เกิดผ่านเนื้อของสสารได้

3) การพาความร้อน คือ การที่ความร้อนจากจุดหนึ่งในสสารเคลื่อนที่ไปยังอีกจุดหนึ่งในสสารโดยติดไปกับสสารที่เกิดการเคลื่อนที่ และจากคำนิยามนี้ในบางครั้งจึงไม่ยอมรับการพาความร้อนเป็นกลไกการถ่ายความร้อนเพราะตัวความร้อนไม่ได้ผ่านสสารไปด้วยตัวเอง เกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) เกิดขึ้นในกรณีที่ของไหลพาความร้อนผ่านผิวของแข็งด้วยแรงภายนอก เช่น พัดลม เป็นต้น

3.2) การพาความร้อนแบบอิสระ (free convection) เกิดขึ้นในกรณีที่ของไหลพาความร้อนไหลผ่านผิวของของแข็งด้วยแรงลอยตัวที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของความหนาแน่นในของไหลเพราะมีอุณหภูมิต่างกัน

2.5.2 อิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

2.5.2.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

รังสีดวงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้นที่ถูกส่งมาในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานสูงในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน มีองค์ประกอบ ดังนี้

1) รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือเป็นที่รู้จักในชื่อของรังสี UV มีความยาวคลื่นประมาณ 290 - 400 นาโนเมตร มีสัดส่วนประมาณ 9% ของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด ซึ่งรังสีนี้ก่อให้เกิดความเสียหายกับวัตถุ ทำให้วัตถุเสื่อมสภาพ และยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพผิวหนังมนุษย์

2) รังสีที่มองเห็น มีความยาวคลื่นประมาณ 400 - 700 นาโนเมตร มีสัดส่วนประมาณ 38% ของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด เป็นช่วงรังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้

3) รังสีอินฟราเรด มีความยาวคลื่นประมาณ 700 - 3500 นาโนเมตร มีสัดส่วนประมาณ 53% ของรังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด โดยที่รังสีนี้จะอยู่ในรูปของความร้อน เมื่อกระทบกับวัตถุใดๆ แล้วจะส่งผลให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น

2.6 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน [11]

การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งต้องทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ โดยทำการแปรค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นตามมาตรฐานที่เลือกใช้ในการทดสอบ ดังนั้น ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จึงสามารถหาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{C(T_{60} - T_0)}{A \times G} \times 100 \% \quad (23)$$

ซึ่งการคำนวณด้วยสมการ (23) จะถูกนำมาใช้คำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โปรแกรม SolidWorks [12]

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 ของชิ้นงานก็เพียงลากชิ้นงานมาวางในใบงานแล้วขนาดจะมองเห็นได้ว่าผู้ใช้งานสามารถประหยัดเวลาในการทำงานและสนุกกับการทำงานอีกด้วย

2.7.1 ประสิทธิภาพการทำงาน

ประสิทธิภาพของ SolidWorks เป็นการเจาะลึกให้นักออกแบบสามารถสร้างชิ้นงานจำลองทางด้าน Mechanical Engineering Design ได้อย่างสมบูรณ์แบบ นอกจากนี้สามารถนำไปใช้ในการคำนวณทางวิศวกรรม และการตรวจสอบความผิดพลาดของ 3D Solid Models เพื่อลดต้นทุนในการผลิต และลดระยะเวลาการทำงานในการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในบริษัทและองค์กร

2.7.2 ลักษณะการทำงาน

SolidWorks แบ่งหมวดการทำงานออกเป็น 3 หมวดคือ Part, Assembly และ Drawing โดยรูปแบบการทำงานทั้ง 3 หมวด มีลักษณะการใช้งานดังนี้

2.7.2.1 Part Mode

Part Mode เป็นหมวดการทำงานเริ่มต้นก่อนที่จะก้าวสู่การทำงานในหมวด Assembly และ Drawing ในขั้นนี้จะมีการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การใช้ 2D Sketch เพื่อนำไปสู่การสร้างเป็น 3D Feature และมีเงื่อนไขเป็น Feature-Based Modeling และ Parametric โดยมีการอ้างอิงจาก Solid Mode

1) Feature-Based Modeling คือ การออกแบบซอฟต์แวร์ให้สามารถทราบถึงคุณสมบัติต่างๆ ของ Solid Model ที่สร้างขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลงและแก้ไข Model ในลำดับการทำงานแต่ละขั้นได้ง่ายและรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Parametric Model คือ การออกแบบซอฟต์แวร์ซึ่งใช้เงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขขนาดรูปร่างทางเรขาคณิตของ Model ที่สร้างขึ้นมา

3) Solid Model คือ แบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ที่สามารถแสดงค่าต่างๆ เช่น Density, Material, Mass, Weight เป็นต้นและยังสามารถมองเห็น 3D Mode ได้ทุกมุมมอง

2.7.2.2 Assembly Mode

Assembly Mode เป็นหมวดการทำงานเพื่อนำ Part Model เข้าไปประกอบเป็นเครื่องจักรกลหรือกลไกต่างๆ และมีเงื่อนไขเป็น Feature Base และ Parametric เช่นเดียวกับ Part Model โดย Part Model และ Assembly จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เมื่อทำการแก้ไขในหมวดใดอีกหรือมีการประกอบที่ซ้อนหรือทับกันหมวดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการแก้ไขไปด้วยการทำงานใน Assembly สามารถช่วยให้ผู้ออกแบบหรือวิศวกรสามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการสร้าง Part ได้ โดยการใช้คำสั่งต่างๆ เช่น คำสั่ง Interference Detection เพื่อตรวจสอบการขัดกันเมื่อมีการเคลื่อนที่ โดยใช้คำสั่ง Move Component เพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกลไก คำสั่ง Simulation เพื่อจำลองต้นกำลังในการทำงานจริงของเครื่องจักร หรือหากชิ้นงานจำลองที่ออกแบบมีข้อผิดพลาด ก็สามารถแก้ไข Part ใน Assembly ได้เลย ทำให้การออกแบบเป็นเรื่องง่าย และผู้ออกแบบจะสนุกกับการทำงาน Design การทำงานใน Assembly Mode มีลักษณะการทำงาน 2 กรณี ได้แก่

1) Bottom-Up Assembly คือ การนำ 3D Models ต่างๆ ที่สร้างเสร็จแล้วใน Part Mode ไปวางในหน้าต่าง Assembly เพื่อทำการประกอบ โดยการใช้คำสั่ง Mate หรือ Smart Mate ซึ่งวิธีนี้จะเหมาะสำหรับผู้ใช้ในระดับเริ่มต้นหรือขั้น Basic

2) Top-Down Assembly คือการสร้าง 2D Sketch เป็นโครงร่างระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ระหว่าง Part หรือการสร้าง Part ใน Assembly โดยให้มีขนาดและรูปร่างที่มีการอ้างอิงกับ Part อื่นๆ ทั้งในส่วน Sketch และ Feature วิธีนี้เหมาะกับผู้ใช้ในระดับ Advance

2.7.2.3 Drawing Mode

Drawing Mode เป็นหมวดการทำงานเพื่อสร้าง 2D Standard Engineering โดยในหมวดนี้เป็นการสร้างมุมมองและกำหนดรายละเอียดตามระบบมาตรฐานต่างๆ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) Generative Drafting ซึ่งเป็นการสร้าง 2D Sketch และ Interaction Drafting ซึ่งเป็นการนำ 3D Model จาก Part และ Assembly มาวางใน Drawing เพื่อสร้างเป็น 2D Drafting จะมีลักษณะเป็น Parametric และ Relation เช่นกัน แต่จะไม่สามารถใช้คำสั่งใน Drawing Commands ได้ เพราะคำสั่งต่างๆ จะต้องอ้างอิงกับ 3D Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Interaction Drafting คือการนำ 3D Model จาก Part และ Assembly มาวาง Drawing เพื่อสร้างเป็น 2D Drafting การทำงานในหมวดนี้สามารถใช้คำสั่งจาก Annotation Command และ Drawing Command เพื่อสร้างมุมมองและกำหนดรายละเอียดได้โดยอัตโนมัติ

2.7.3 SolidWorks ช่วยงานในส่วนต่างๆ อย่างไร

2.7.3.1 Marketing

1) Better Presentation การ Present ลูกค้าหรือผู้บริหารที่มีอำนาจตัดสินใจ ซึ่งอาจจะมีเวลาไม่มากนักที่จะลงรายละเอียดหรือดูเพียง Drawing บนกระดาษ ดังนั้น การสื่อสารโดยแสดงเป็นภาพ 3 มิติ สามารถหมุนขึ้นหมุนขึ้นงานดูได้รอบหรือการมองเห็นการทำงานภายในที่แสดงโดยใช้คอมพิวเตอร์นั้นช่วยให้สื่อสารกันได้ง่ายและเข้าใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพพจน์และความน่าเชื่อถือของบริษัทย่อมดีขึ้นและดีกว่าคู่แข่ง

2) Flexibility ความใฝ่ฝันของผู้ซื้อคือสามารถมองเห็น Product และแก้ไขตามใจมากที่สุด ซึ่งด้วยความสามารถของ Software SolidWorks จะทำให้สามารถแก้ไขทุกอย่างง่ายและรวดเร็วจนลูกค้าพอใจ

2.7.3.2 Research & Development

1) Faster time to market เมื่องานออกแบบสามารถสร้างได้เร็วขึ้นการแก้ไขทำได้ง่ายขึ้นด้วยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพอย่าง SolidWorks ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จากทีมงานจำนวนเท่าเดิมย่อมจะเพิ่มมากขึ้นและสามารถสร้างงานให้มีความนวัตกรรม รวมทั้งผลิตสู่ท้องตลาดได้เร็วกว่าคู่แข่ง สร้างความได้เปรียบแก่บริษัท ให้คู่แข่งตามทันได้ยาก แต่ในทางกลับกันนึกว่าคุณคู่แข่งมีเครื่องมือดีๆ แบบนี้แต่ไม่มีคงต้องวิ่งตามกันเหนื่อย

2) Better Quality Product SolidWorks คือ เครื่องมือที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถผลิตภัณฑ์บนคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็น 3 มิติ อย่างที่มันเป็น ผู้ออกแบบสามารถเห็นงานจริงๆ สามารถจำลองการประกอบเพื่อดูว่าเหมาะสมหรือไม่ ติดขัดอย่างไร รวมไปถึงการทดสอบ Function การเคลื่อนไหวของกลไกภายใน เพื่อจุดประสงค์เดียวคือ Better Product และนั่นคือสิ่งที่ SolidWorks ให้ได้

3) Lower Cost Prototyping หากใช้ SolidWorks ในการออกแบบแล้ว การจ้างทำ Prototype แทบจะหมดความสำคัญลงไปเลย เพราะสามารถมองเห็นบนจอได้อยู่แล้ว รวมทั้งคุณสมบัติต่างๆ เช่น น้ำหนัก, จุด Center of Gravity, พื้นผิวและปริมาตร และแน่นอนเมื่อต้องการทำ Prototype ซัก 10 ชิ้น อาจจะคุ้มมูลค่าของ Software แล้วก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3.3 Production

1) Automation ในกรณีที่บริษัทเป็นผู้ผลิตที่มี CNC อยู่แล้ว บริษัทสามารถหา Software CAM (Computer Aided Manufacturing) เพื่อแปลง file จากชิ้นงาน 3 มิติให้กลายเป็น G-Code เพื่อส่งให้กับเครื่อง CNC ได้โดยไม่ต้องสร้าง Drawing แล้วไปป้อนค่าอีกครั้ง ทำให้งาน Production เร็วขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำสูง

2) Better Communication with Supplier ในกรณีที่บริษัท Supplier นอกจากเป็นผู้ผลิต สามารถที่จะคุยกับ Supplier เป็น 3 มิติ ได้เลย โดยไม่ต้องจำกัดว่าจะต้องเป็น 2D Drawing เพียงอย่างเดียว โดยสามารถกดสั่ง File 3 มิติ ให้กับ Supplier ซึ่งมีระบบ CAD/CAM ใช้งานอยู่แล้ว โดยที่ Supplier ไม่ต้องเสียเวลาต้องมาตรวจสอบกันอย่างละเอียด ถ้าส่งเป็น File ไปเลยรับรองไม่ผิดพลาดแน่นอน

3) Decrease Human Error & Re-works เมื่อระบบเป็น Computerize and Automation โดยที่ Computer และ Software เข้ามาทำงานแทนที่คน แน่แน่นอนว่า Human Error ลดลงแน่นอน และเมื่อ Design ได้ดีทุกอย่าง Automation หมด ย่อมลด Engineering Rework ได้อีกทอดหนึ่ง นั้นหมายถึงลดต้นทุนได้แบบมีนัยสำคัญ

Solid Works กำเนิดขึ้นจากความต้องการที่จะแก้ปัญหา 3 อย่าง ข้างต้น เพื่อที่จะให้วิศวกรทั่วไปได้ใช้ความสามารถของตนอย่างเต็มที่ โดยไม่ต้องไปเสียเวลานั่งเขียนแบบอีกต่อไป

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Maxime Mussard และคณะได้ทำการวิจัยในหัวข้อ Experimental study of solar cooking using heat storage in comparison with direct heating Thermal properties of high temperature vacuum receivers used for parabolic trough solar thermal power system การวิจัยนี้เกี่ยวกับการแผ่รังสีและแรงดันสุญญากาศของการรับพลังงานเป็น 2 ประเด็นสำคัญที่มีผลกระทบต่อ การสูญเสียความร้อนซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการลดประสิทธิภาพของระบบพาราโบลิก ในบทความนี้ได้ใช้วิธีการสมดุลความร้อนในสภาวะความร้อนเพื่อทดสอบการสูญเสียความร้อนของเครื่องรับพลังงาน ตัวรับพลังงานที่มีการเพิ่มการแผ่รังสีได้รับการทดสอบเพื่อศึกษารูปแบบของการสูญเสียความร้อน ในขณะเดียวกันได้มีการตรวจสอบตัวแปรความดันสุญญากาศในลูกบาศก์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ และศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการดูดและสูญเสียความดันสุญญากาศและการสูญเสียความร้อน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแผ่รังสีและความดันสุญญากาศมีผลต่อการสูญเสียความร้อนของตัวรับอย่างมากและการกระจายตัวเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมบัติทางความร้อน ตัวรับพลังงานมีค่าการแผ่รังสี 0.08 และความดันสุญญากาศ 10^{-3} Pa มีความสูญเสียความร้อนที่ต้องการเท่ากับ 215.6 วัตต์/เมตรที่ 400°C เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงเฉือนและความดันสูญญากาศต่อการสูญเสียความร้อนสามารถสะท้อนได้จากอุณหภูมิบรรจุภัณฑ์ของท่อแก้วและมีการกำหนดสูตรที่เหมาะสมเพื่อประเมินการสูญเสียความร้อนของผู้ประกอบการตามการบรรจุอุณหภูมิที่หลอดแก้ว [13]

Qinghe Yu, และคณะวิจัยได้ทำการวิจัยในหัวข้อ Thermal properties of high temperature vacuum receivers used for parabolic trough solar thermal power system Experimental study of solar cooking using heat storage in comparison with direct heating การทดลองเชิงเปรียบเทียบของเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ 2 ชนิด ชนิดแรกคือเตา SK14 อย่างกว้าง ชนิดที่สองคือต้นแบบของเครื่องทำอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ (รางพาราโบลา) โดยใช้หน่วยจัดเก็บพลังงาน SK14 เป็นเครื่องทำความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงที่เครื่องนี้อยู่ที่จุดโฟกัสของจานพาราโบลา ในระบบระบายความร้อนของระบบรางจะถูกถ่ายเทจากตัวดูดซับไปยังหน่วยเก็บพลังงานโดยใช้วงจรการไหลเวียนของตัวเองที่เต็มไปด้วยน้ำมันความร้อน การทำอาหารเกิดขึ้นที่ด้านบนของที่จัดเก็บพลังงาน การทดลองทำอาหารนั้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการปรุงทั้งสองวิธีนี้ ทั้งการต้มและทอดได้รับการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการปรุงอาหารของระบบจัดเก็บความร้อน หลังจากทำการทดลองเหล่านี้แล้วจึงทำการเพิ่มประสิทธิภาพและปรับปรุงระบบ การปรุงอาหารในที่เก็บรักษาความร้อนจากการสัมผัสที่พื้นผิวที่ดีที่สุดพิสูจน์แล้วว่าสามารถนำไปเทียบเท่ากับเตาสุริยะมาตรฐานหรืออุปกรณ์ปรุงอาหารอื่นๆ ได้ [14]

การวิจัยของ ดร. กาจปัญญา สุวรรณสุข ที่ได้ศึกษาตัวรวมแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาซึ่งเป็นการวิจัยเกี่ยวกับสมบัติของตัวรับรวมแสง (Solar Collector) และวัสดุสะท้อนแสงแบบรางพาราโบลิก ซึ่งเป็นนำวัสดุสะท้อนแสงมาประยุกต์ใช้ในการรวมแสงพร้อมการคำนวณรางรวมแสงแบบพาราโบลิกเพื่อจะให้เกิดการรวมแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิคเพื่อใช้ในการให้ความร้อนกับอาหาร ซึ่งจะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบโดยจะกล่าวถึงการจัดหาวัสดุอุปกรณ์โดยได้อธิบายรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์แต่ละชิ้น การออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ จะอธิบายถึงการออกแบบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในเรื่องของขนาด วัสดุที่ใช้ และหน้าที่ของอุปกรณ์ชิ้นนั้นๆ ในระบบ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชิ้นได้ถูกออกแบบด้วยโปรแกรม Solidwork การสร้างแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพของระบบในเบื้องต้น ก่อนที่ระบบจะเสร็จสมบูรณ์ โดยจะอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบสร้างแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ และการทดสอบระบบ จะกล่าวถึงขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ โดยละเอียด การเตรียมวัสดุดิบเพื่อนำไปให้ความร้อนในท่อแก้วสุญญากาศ และขั้นตอนการติดตั้งและเก็บข้อมูลของการทดสอบระบบซึ่งมี 3 แบบ คือ การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิค และการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิคเพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุมต่างๆ

3.1 การออกแบบและสร้างระบบ

ในส่วนของการออกแบบและสร้างระบบจะกล่าวถึงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิคเพื่อใช้ในการให้ความร้อนกับอาหารแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับนำมาประกอบเป็นเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหาร การออกแบบสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหาร และแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ตัวต้นแบบก่อนนำไปใช้ในระบบจริง

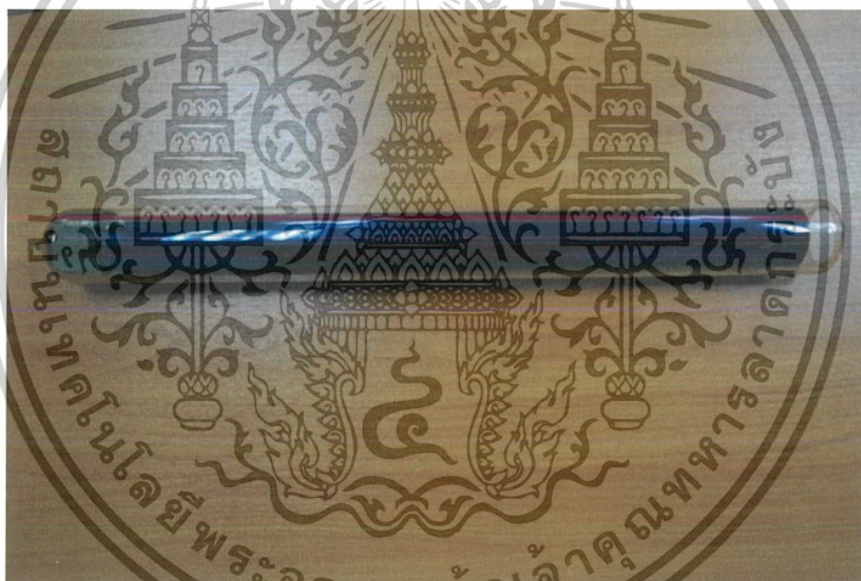
3.1.1 การจัดหาวัสดุอุปกรณ์

ส่วนนี้จะเป็นการอธิบายถึงการจัดหาอุปกรณ์ที่นำมาประกอบกันเป็นเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ท่อแก้วสุญญากาศ (Vacuum Tube)

ท่อแก้วสุญญากาศเป็นอุปกรณ์ที่ส่งผลมากต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยเหมือนส่วนเตาอบของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ทำหน้าที่รับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและรับรังสีความร้อนที่เกิดจากการรวมแสงของแผ่นสะท้อนพาราโบลิก เป็นท่อทองแดงเคลือบด้วยสารดูดความร้อนบรรจุอยู่ในหลอดแก้ว และทำช่องว่างระหว่างโลหะกับแก้วให้เป็นสุญญากาศ เพื่อลดการสูญเสียความร้อนของระบบโดยการพาความร้อนลักษณะจะเป็นที่ปลายปิดด้านหนึ่ง และในอีกด้านหนึ่งเป็นท่อปลายเปิด ท่อแก้วสุญญากาศนี้มีความยาว 620 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 58 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 44 มิลลิเมตร มีลักษณะดังรูปที่ 3.1 โดยท่อแก้วสุญญากาศที่นำมาใช้ในการดูดกลืนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์นี้ทำเพื่อถ่ายเทให้กับอาหารที่อยู่ภายในท่อ โดยถ่ายใส่อาหารที่มีอาหารอยู่ด้านในจะถูกนำมาสอดที่ด้านปลายเปิดของท่อนี้



รูปที่ 3.1 แสดงท่อแก้วสุญญากาศเพื่อใช้ในการดูดซับความร้อนให้กับอาหารภายในท่อในด้านข้าง

2) แผ่นสะท้อนรังสีความร้อน

ในงานวิจัยนี้จะใช้ฉนวนกันความร้อนยี่ห้อ polynum ULTRA DIY ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ถึง 97% และแผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อนขนาดกว้าง 1160 มิลลิเมตรและยาว 540 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงถึงแผ่นฉนวนกันความร้อนที่จะนำมาใช้ในการสะท้อนรังสีความร้อน



รูปที่ 3.3 แสดงถึงแผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อนที่จะนำมาใช้ในการสะท้อนรังสีความร้อน

3) เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด ยี่ห้อ Vector รุ่น 303B

เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด ยี่ห้อ Vector รุ่น 303B ดังแสดงในรูปที่ 3.4 มีหน้าที่สำหรับ วัดอุณหภูมิของวัตถุใดก่อนและหลังการทดสอบระบบ ซึ่งหลักการของเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดคือ การอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุที่จะตรวจสอบ โดยเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดจะมีหน้าที่ตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากวัตถุที่จะตรวจสอบผ่านเลนส์ของเครื่องมือวัด และจะแปลงสัญญาณจากรังสีอินฟราเรดนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟาเรดเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและแสดงผลขึ้นบนหน้าจอ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.5 โดยย่านในการวัดอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่นนี้สามารถวัดได้คือ อยู่ในช่วง -20°C ถึง 550°C มีความแม่นยำ $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ และมีความละเอียดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.4 แสดงถึงรูปลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่น Vector 303B

รูปที่ 3.5 แสดงถึงหน้าจอแสดงผลของเทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่น Vector 303B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger

เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger ดังที่แสดงในรูปที่ 3.6 มีหน้าที่สำหรับวัดอุณหภูมิภายในท่อ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดไว้ว่าในช่อง 1 (CH1) เป็นการวัดอุณหภูมิของจุดกึ่งกลางของท่อแก๊วสุญญากาศขณะให้ความร้อนกับอาหาร ช่อง 2 (CH2) เป็นการวัดอุณหภูมิของปลายของท่อแก๊วสุญญากาศขณะให้ความร้อนกับอาหาร ซึ่งสายวัดอุณหภูมิ (Probe) จะใส่เข้าไปในช่องว่างของภาตใส่อาหารที่ถูกสอดเข้าไปท่อแก๊วสุญญากาศทางด้านท่อปลายเปิด โดยย่านในการวัดอุณหภูมิที่เทอร์โมคัปเปิลรุ่นนี้สามารถวัดได้คือ อยู่ในย่าน -200°C ถึง 1370°C มีความแม่นยำ $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ และมีความละเอียดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง ซึ่งเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger มีความยาว 153 มิลลิเมตร มีความกว้าง 103 มิลลิเมตร และมีความสูง 33 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 แสดงถึงเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger

5) เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U ดังที่แสดงในรูปที่ 3.7 มีหน้าที่สำหรับวัดอุณหภูมิภายนอกของระบบ โดยย่านในการวัดอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์รุ่นนี้สามารถวัดคือได้อยู่ในย่าน 40°C ถึง 85°C มีความแม่นยำ $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ และมีความละเอียดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง ซึ่งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U มีความยาว 53 มิลลิเมตร มีความกว้าง 80 มิลลิเมตร และมีความสูง 23 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงถึงเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

6) เครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750

๑) ในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 ดังที่แสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งมีไว้สำหรับวัดค่าความเข้มแสงของแสงอาทิตย์ในขณะที่ได้ทำการทดสอบระบบ โดยย่านในการวัดเครื่องวัดค่าความเข้มแสงรุ่นนี้สามารถวัดได้สูงสุด คือ 2000 W/m^2 มีความแม่นยำ $\pm 0.6^\circ\text{C}$ และมีความละเอียดเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง ซึ่งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 มีความยาว 106 มิลลิเมตร มีความกว้าง 43 มิลลิเมตร และมีความสูง 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.8 แสดงถึงเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale

เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale ดังที่แสดงในรูปที่ 3.9 ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของวัตถุที่นำมาใช้ทดสอบระบบ โดยจะชั่งน้ำหนักก่อนนำไปให้ความร้อนโดยการวางอาหารลงบนถาดใส่อาหารที่ถูกสอดเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศ และหลังจากถูกนำออกจากท่อแก้วสุญญากาศ เพื่อให้ทราบถึงมวลน้ำที่หายไปหลังจากวัตถุได้รับความร้อนแล้ว ซึ่งเครื่องชั่งมวลอาหารมีความยาว 128 มิลลิเมตร มีความกว้าง 105 มิลลิเมตร และมีความสูง 19 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.9 แสดงถึงเครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale

8) มีดและเขียง

รูปที่ 3.10 แสดงมีดและเขียงซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับการกำหนดขนาดของวัตถุ เพื่อนำมาให้ความร้อนโดยการนำวัตถุใส่ลงในถาดอาหารที่สอดเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศ



รูปที่ 3.10 แสดงถึงมีดและเขียงในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ภาชนะบรรจุอาหาร

รูปที่ 3.11 แสดงภาชนะบรรจุอาหารซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่วัตถุดิบ ก่อนที่จะนำวัตถุดิบใส่ลงในภาชนะบรรจุอาหารที่สอดเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน และหลังจากการให้ความร้อนจากท่อแก้วสุญญากาศแล้ว



รูปที่ 3.11 แสดงถึงภาชนะบรรจุอาหารในการวิจัย

10) ที่คีบอาหาร

ที่คีบอาหารดังที่แสดงในรูปที่ 3.12 มีหน้าที่คีบวัตถุดิบที่ได้ใส่ไว้ในภาชนะ เพื่อนำไปวางลงบนภาชนะบรรจุอาหารที่จะถูกสอดเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน และทำให้วัตถุดิบสะอาด ถูกสุขลักษณะ



รูปที่ 3.12 แสดงถึงที่คีบอาหารที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) อลูมิเนียมฟอยล์

อลูมิเนียมฟอยล์ดังที่แสดงในรูปที่ 3.13 มีหน้าที่ห่อวัตถุบิก่อนทำนำไปให้ความร้อนภายในท่อแก้วสุญญากาศ เพื่อไม่ให้วัตถุบิได้รับสิ่งปนเปื้อน และสามารถแบ่งวัตถุบิในการทดลองแต่ละครั้งได้ชัดเจน



รูปที่ 3.13 แสดงถึงอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้ห่อวัตถุบิ

12) ตู้เย็นสำหรับเก็บวัตถุบิ

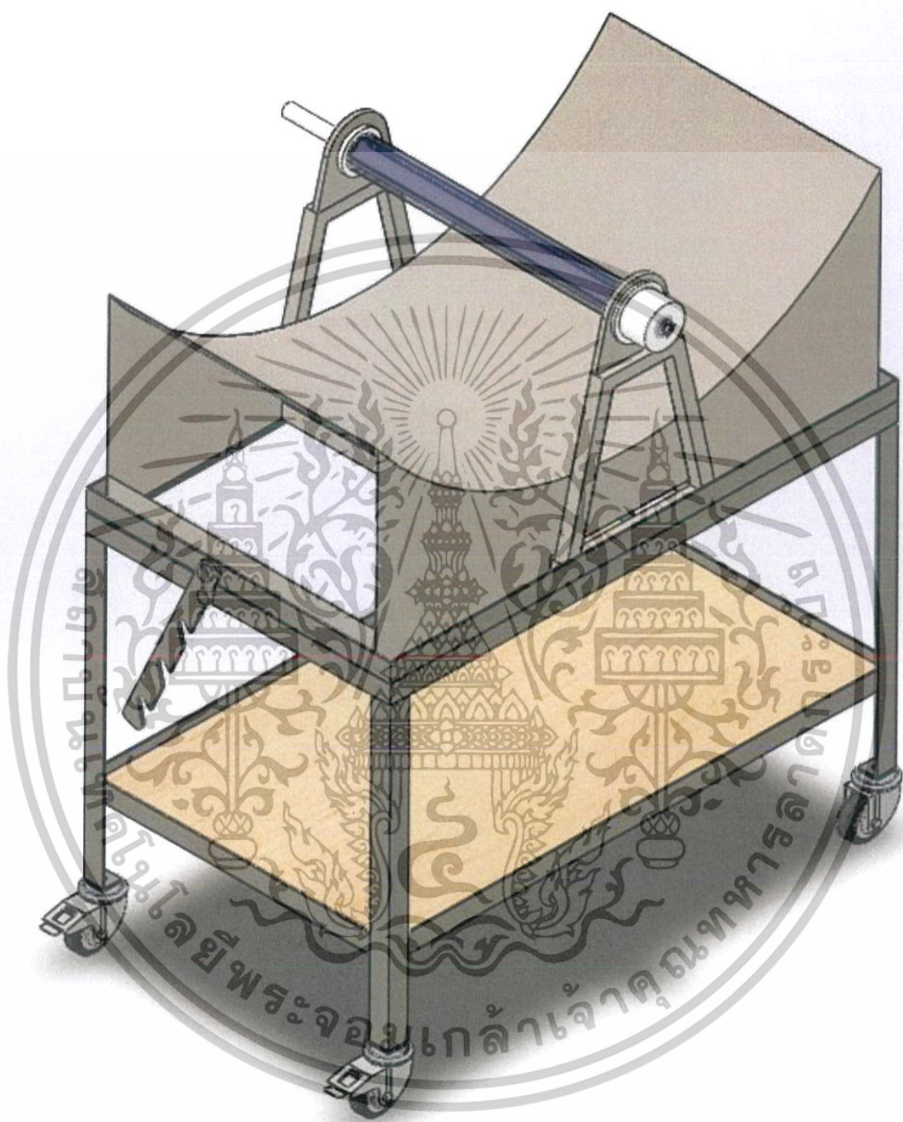
ตู้เย็นดังที่แสดงในรูปที่ 3.14 มีไว้สำหรับเก็บวัตถุบิการนำมาให้ความร้อนด้วยท่อแก้วสุญญากาศ ซึ่งในที่นี้ จะเก็บวัตถุบิไว้ในช่องทำน้ำแข็งเพื่อไม่ให้วัตถุบิเน่าเสีย



รูปที่ 3.14 แสดงถึงตู้เย็นสำหรับเก็บวัตถุบิ

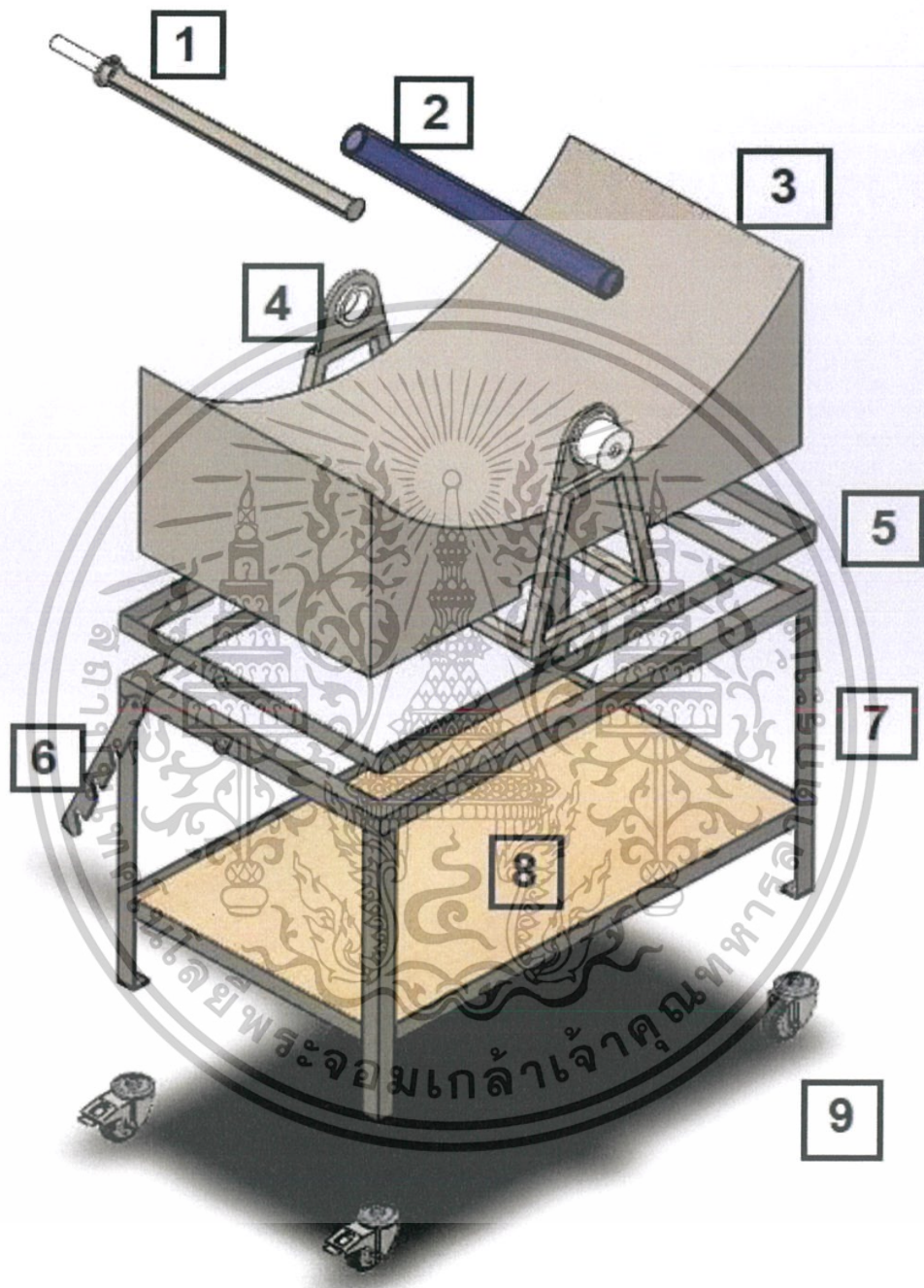
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.15 แสดงภาพลักษณะของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้วในมุมมองไอโซเมตริกโดยใช้โปรแกรม Solidwork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลาที่ได้ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidwork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะเป็นการอธิบายชิ้นส่วนต่างๆ ของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิก ซึ่งจะอธิบายถึงอัตราส่วนของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นรวมถึงชนิดของวัสดุของชิ้นส่วนนั้นๆ โดยจากรูปที่ 3.16 ได้แสดงแผนภาพชิ้นส่วนต่างๆ ของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิก ที่ได้แสดงไว้ตามหมายเลขทั้งหมด 9 หมายเลข ดังนี้

- 1) ถาดใส่อาหาร
- 2) ท่อแก้วสุญญากาศ
- 3) รางพาราโบลิก
- 4) แท่นวางท่อแก้วสุญญากาศ
- 5) ฐานวางรางพาราโบลิก
- 6) แกนปรับมุมเอียง
- 7) แท่นวางอุปกรณ์
- 8) แผ่นไม้สำหรับวางวัสดุ
- 9) ล้อเลื่อน

จากส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้อธิบายไว้ในข้างต้น เมื่อนำมาพัฒนา ปรับปรุง และประกอบเข้าด้วยกันแล้วจะมีลักษณะแสดงในรูปที่ 3.15 โดยผู้วิจัยจะอธิบายการออกแบบในด้านของขนาด วัสดุและหน้าที่ต่างๆ เมื่อถูกนำไปประกอบขึ้นมาเป็นระบบของอุปกรณ์ข้างต้นที่ได้กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

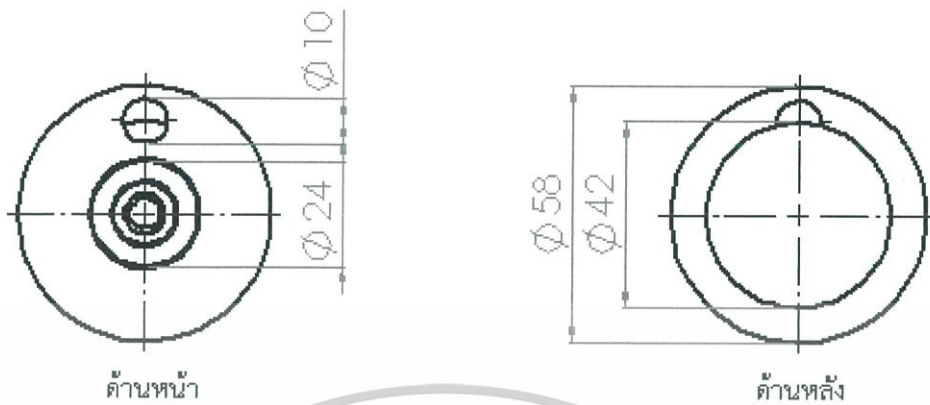
1) ถาดใส่อาหาร

ถาดใส่อาหารเป็นส่วนประกอบที่มีไว้สำหรับเป็นภาชนะเพื่อใส่วัตถุดิบและถูกสอดเข้าไปในด้านปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน ถาดใส่อาหารทำจากสแตนเลส มีลักษณะเป็นครึ่งทรงกระบอกกึ่งวงกลมความยาว 580 มิลลิเมตร มีความหนาของส่วนนี้ 2 มิลลิเมตร ปลายด้านหลังจะมีแผ่นวงกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 42 มิลลิเมตร มีความหนา 2 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้วัตถุดิบไหลตกลงไปในท่อแก้วสุญญากาศ ปลายอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นด้านหน้าเปรียบเสมือนเป็นฝาปิดท่อแก้วสุญญากาศ เพื่อไม่ให้ความร้อนไหลออก ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 มิลลิเมตร มีความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งปลายด้านหน้านี้จะเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร เพื่อที่จะสามารถสอดสายของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger เพื่อทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนได้ และส่วนของด้ามจับของถาดใส่อาหารจะถูกเชื่อมติดกับปลายของถาดใส่อาหารด้านที่ปิดท่อแก้วสุญญากาศมีลักษณะเป็นทรงกระบอกตันโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร ความยาว 120 มิลลิเมตร ซึ่งทำจากฉนวนกันความร้อน โดยวัสดุชนิดนี้มีชื่อว่า Polyoxymethylene (POM) เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ได้จากการเกิดพอลิเมอร์แบบกลั่นตัวของฟอร์มัลดีไฮด์ จึงมักเรียกกันว่า “Polyformaldehyde” มีลักษณะทางกายภาพเป็นวัตถุทึบแสง สีขุ่นมัวคล้ายน้ำมัน มีค่าความทนทานที่สูง มีความแข็ง ลื่น ทนต่อการเสียดสี ยืดหยุ่นได้ดีในอุณหภูมิที่สูงและต่ำ มีความหนาแน่นมากกว่าไนลอน



รูปที่ 3.17 ถาดใส่อาหารที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงถาดใส่อาหารในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork

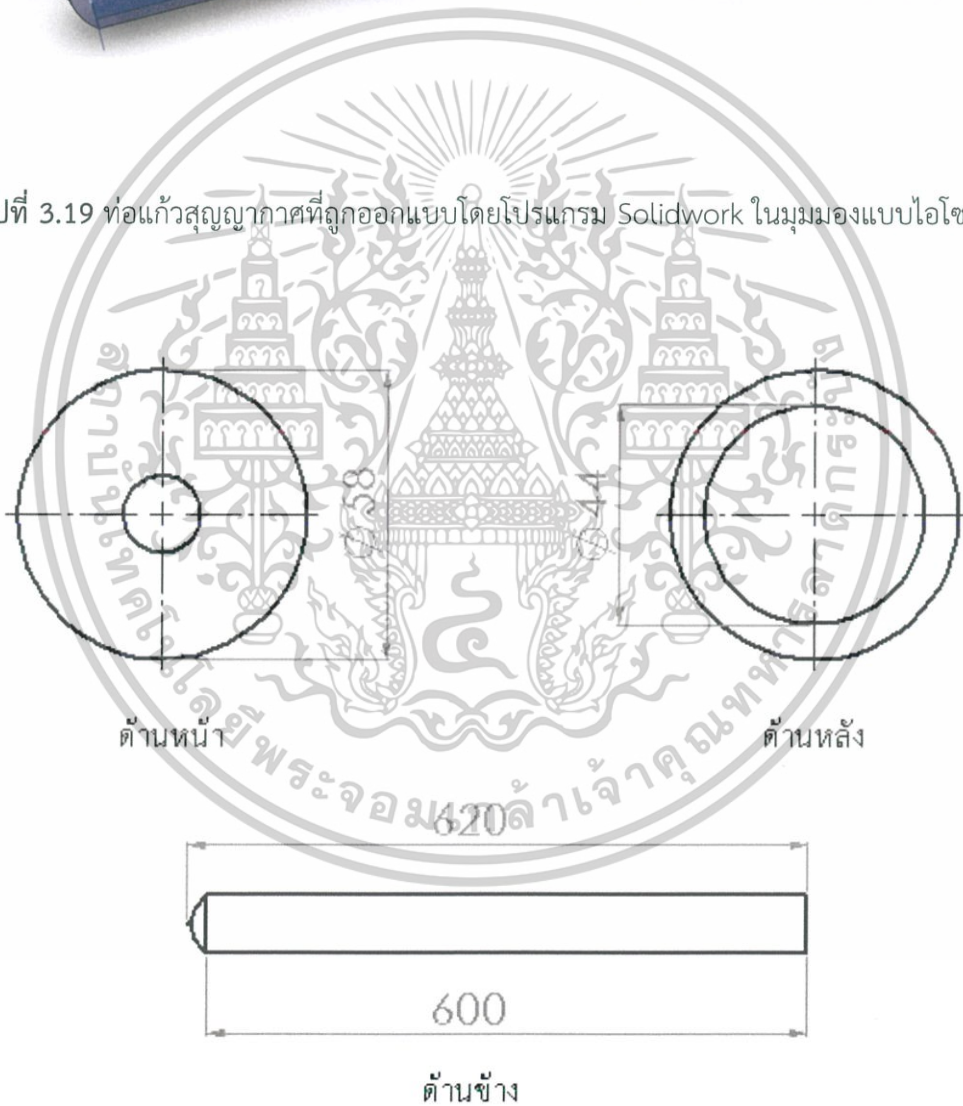
2) ท่อแก้วสุญญากาศ

ท่อแก้วสุญญากาศเป็นวัสดุที่ได้จัดทำมาเพื่อทำความร้อนโดยการดูดซับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและรังสีความร้อนที่ถูกสะท้อนมาจากลวดพาราโบลิค ลักษณะจะเป็นที่ปลายปิดด้านหนึ่ง และในอีกด้านหนึ่งเป็นท่อปลายเปิด ท่อแก้วสุญญากาศนี้มีความยาว 620 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 58 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 44 มิลลิเมตร ซึ่งท่อแก้วสุญญากาศจะถูกสอดและเข้าไปวางภายในแผ่นวางท่อแก้วสุญญากาศ ก่อนสอดถาดใส่อาหารเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ท่อแก้วสุญญากาศที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก



รูปที่ 3.20 แสดงท่อแก้วสุญญากาศในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) รางพาราโบลิก

รางพาราโบลิกเป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับวางวัสดุรวมแสงเพื่อสะท้อนรังสีความร้อนไปยังท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน มีความยาว 1000 มิลลิเมตร มีความกว้าง 540 มิลลิเมตร เซนติเมตร ความสูง 395 มิลลิเมตร ด้านหน้าของรางพาราโบลิก หากวัดจากด้านข้างด้านละ 350 มิลลิเมตร จะทำการเจาะร่องที่มีความกว้าง 300 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตรทะลุผ่านไปถึงด้านหลัง เพื่อนำไปประกอบกับแท่นวางรางพาราโบลิกและฐานวางรางพาราโบลิกต่อไป ส่วนโค้งของรางพาราโบลิก

หาระยะความโค้งของ Parabolic trough

$$S = 2 \int_0^x \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \quad (1)$$

โดยใช้หลักการของ Hyperbolic Function ในการคำนวณ

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{2f} = \sinh u \quad (2)$$

$$\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx = \sqrt{1 + \sinh^2 u} \quad (3)$$

$$\sqrt{1 + \sinh^2 u} = \cosh u \quad (4)$$

$$x = 2f \sinh u \quad (5)$$

$$dx = 2f \cosh u du \quad (6)$$

$$S = 2 \int_0^x \cosh u \cdot 2f \cosh u du \quad (7)$$

$$S = 4f \int_0^x \cosh^2 u du \quad (8)$$

$$S = 4f \left(\frac{\sinh(2u)}{4} + \frac{u}{2} \right) \quad (9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าระยะความโค้งของ Parabolic trough นั้นอยู่ในรูปตัวแปรของ f (ระยะโฟกัส) และ u ซึ่งเป็นตัวแปรของ Hyperbolic function ในขั้นตอนต่อไปจึงต้องดำเนินการวิเคราะห์ค่า u ด้วยการ Inverse hyperbolic function

$$\frac{x}{2f} = \sinh u \quad (10)$$

$$\frac{f}{W} = 0.25 \text{ แทนค่า } x = \frac{W}{2} \quad (11)$$

$$\frac{f}{2x} = 0.25 \text{ จะได้ว่า } x = 2f \quad (12)$$

$$\sinh u = \frac{f}{2x} = 1 \quad (13)$$

$$\frac{1}{2}(e^u - e^{-u}) = 1 \quad (14)$$

$$e^u - \frac{1}{e^u} = 2 \quad (15)$$

$$(e^u)^2 - 2(e^u) - 1 = 0 \quad (16)$$

เมื่อสมการอยู่ในรูป Quadratic equation และสามารถเขียนสมการนี้ใหม่ได้ว่า

$$e^u = 2.415 \text{ และ } u = 0.882 \quad (17)$$

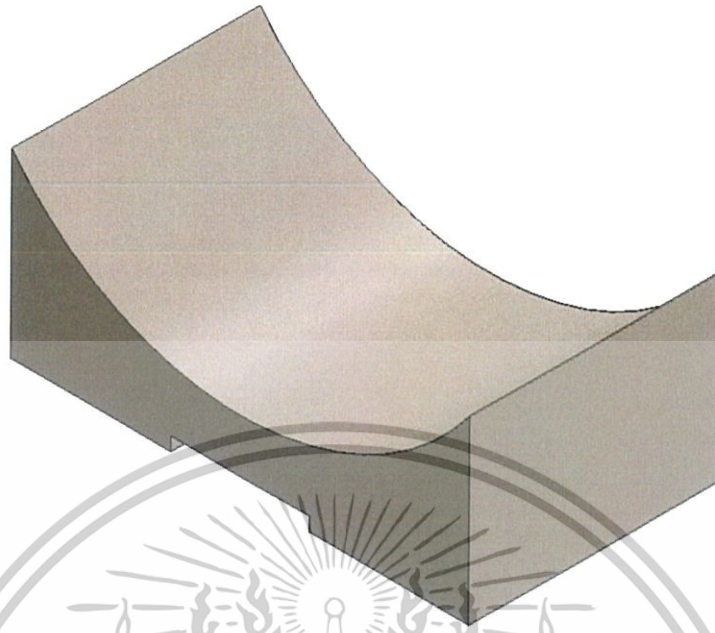
แทนค่า u ในสมการ S

$$S = 4f \left(\frac{\sinh(1.764)}{4} + \frac{0.883}{2} \right) \quad (18)$$

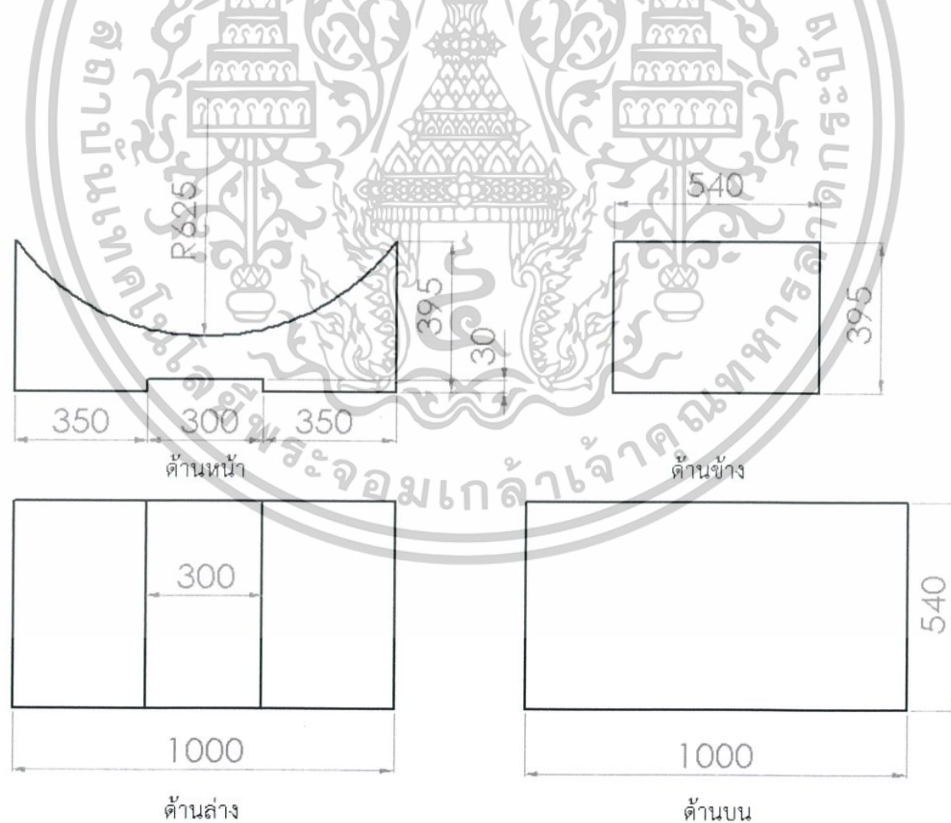
สมการ (18) จะสามารถนำไปใช้ในการหาระยะความโค้ง S หรือระยะความกว้างของแผ่นที่ใช้

สร้าง parabolic trough ซึ่งสมการนั้นสามารถใช้ได้กับทุกการออกแบบที่มีระยะ $\frac{f}{W} = 0.25$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 รางพาราโบลาที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก

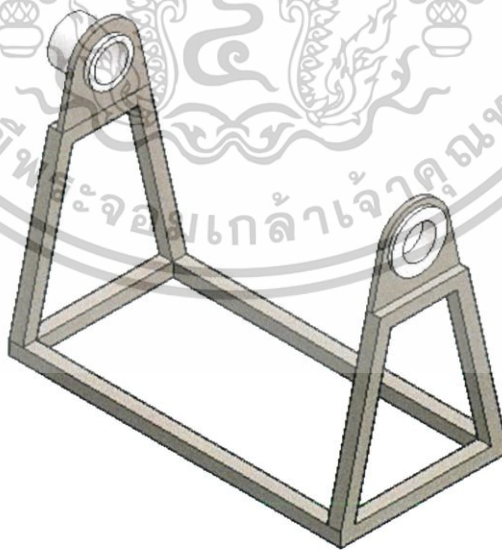


รูปที่ 3.22 แสดงรางพาราโบลาในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

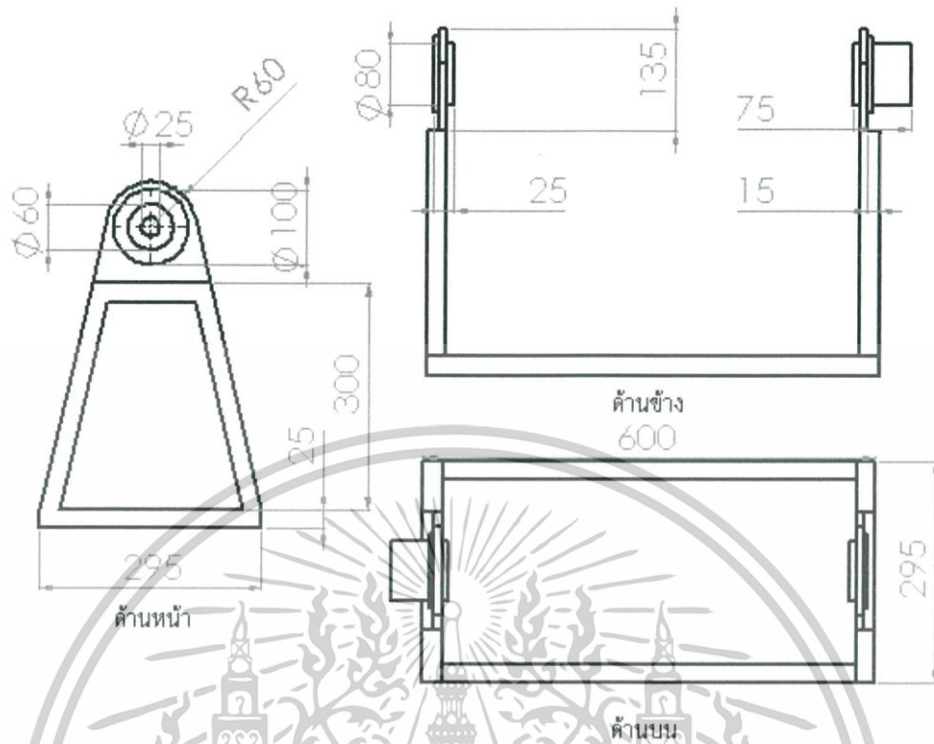
4) แท่นวางท่อแก้วสุญญากาศ

แท่นวางท่อแก้วสุญญากาศเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่วางท่อสุญญากาศเพื่อให้ท่อแก้วสุญญากาศอยู่ตรงจุดโฟกัสของรังสีของรังสีอินฟราเรดทำจากสแตนเลสซึ่งฐานมีรูปร่างเป็นกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้าง 295 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร มีความหนา 25 มิลลิเมตร ในส่วนของด้านกว้างทั้งสองข้างจะมีแท่นรูปร่างเป็นกรอบสี่เหลี่ยมคางหมูโดยมีความสูงจากฐาน 300 มิลลิเมตร ด้านบนของแท่นรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีแผ่นสแตนเลสมีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมยอดมนซึ่งความโค้งของด้านมนนั้น ความสูงจากด้านบนของแท่นรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู 135 มิลลิเมตร มีความหนา 15 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร โดยในจุดศูนย์กลางเดียวกันได้ทำการเจาะรูที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ภายในช่องว่างของรูที่เจาะไว้จะมี MC Nylon ซึ่งเป็นพลาสติกวิศวกรรมที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นคุณสมบัติทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลง มีความแข็งแรง ทนทานแต่ยืดหยุ่นได้ดี ซึ่ง MC Nylon ทนความร้อนได้ 30 – 85 องศาเซลเซียส ในที่นี้ MC Nylon ถูกนำมาใช้ในรูปทรงกระบอกกลวงปลายเปิดทั้งสองด้านถูกใส่ไว้ในด้านหน้า ซึ่งมีความยาว 25 มิลลิเมตร และ MC Nylon กลวงปลายเปิดและปิดถูกใส่ไว้ในด้านหลัง ซึ่งมีความยาว 75 เซนติเมตร โดย MC Nylon ทั้งสองด้านมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 80 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 เซนติเมตร ซึ่งการใส่ MC Nylon เข้าไปในช่องว่างที่เจาะรูเพื่อให้ท่อแก้วสุญญากาศสามารถสอดและวางบนแท่นวางท่อแก้วสุญญากาศได้พอดี และเพื่อป้องกันการกระแทกของท่อแก้วสุญญากาศและแท่นวางท่อแก้วสุญญากาศในส่วนของสแตนเลสโดยตรงซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับท่อแก้วสุญญากาศได้



รูปที่ 3.23 แท่นวางท่อแก้วสุญญากาศที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองไอโซเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

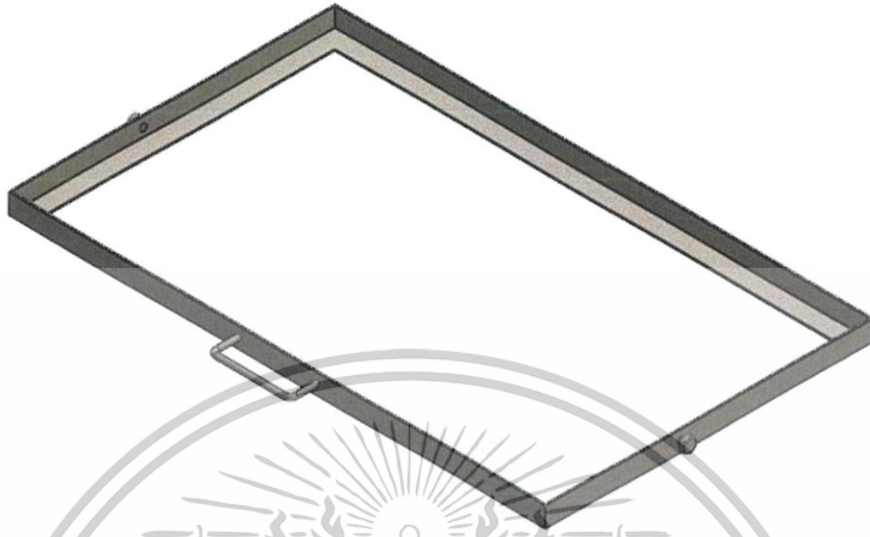


รูปที่ 3.24 แสดงแท่นวางทอแก้วสุญญากาศในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork

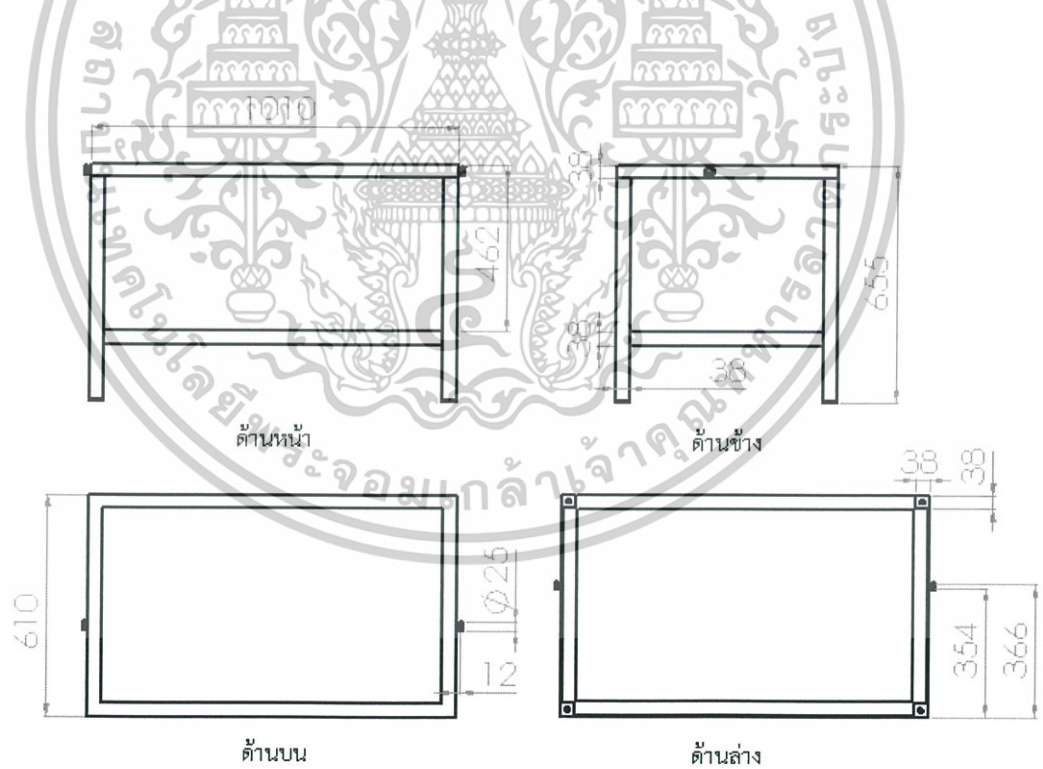
5) ฐานวางวางพาราโบลา

ฐานวางวางพาราโบลา เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เป็นฐานวางวางพาราโบลาเพื่อใช้ในการปรับมุมเอียง โดยอุปกรณ์ในชั้นนี้จะถูกนำไปประกอบเข้ากับแกนปรับมุมเอียง และแท่นวางอุปกรณ์ ฐานวางวางพาราโบลาเป็นวัสดุที่มาจากสแตนเลสพร้อมพ่นสีดำ โดยมีรูปร่างเป็นกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้าง 604 มิลลิเมตร ความยาว 1010 เซนติเมตร ด้านหน้าของฐานวางวางพาราโบลา จะมีราวจับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยื่นออก 55 มิลลิเมตร มีความยาว 160 มิลลิเมตร ซึ่งได้ติดตั้งตรงกึ่งกลางของฐานวางวางพาราโบลาด้านหน้าโดยห่างจากขอบด้านหน้าของฐานวางวางพาราโบลาทั้งสองด้าน ด้านละ 425 มิลลิเมตร ในด้านข้างของฐานวางวางพาราโบลาทั้งสองข้างจะติดตั้งเดือยเพื่อติดตั้งแกนปรับมุมเอียง โดยเดือยนี้เมื่อวัดจากขอบด้านหลังของวางพาราโบลา จะมีระยะห่าง 360 มิลลิเมตร เดือยชั้นนี้ยื่นออกมาจากด้านของฐานวางวางพาราโบลา 9 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ด้านล่างของฐานวางวางพาราโบลาจะมีส่วนที่ยื่นเข้ามาทางด้านใน 35 มิลลิเมตรในทุกด้าน มีไว้สำหรับวางวางพาราโบลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ชั้นวางวางพาราโบลิกที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก



รูปที่ 3.26 แสดงฐานวางพาราโบลิกในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork

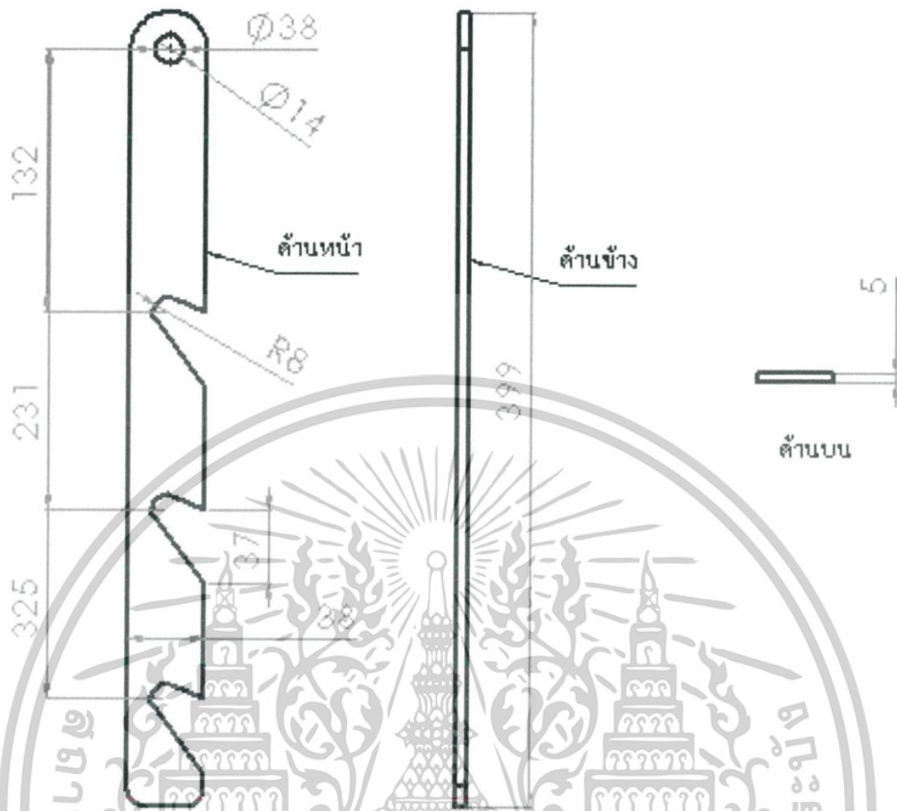
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) แกนปรับมุมเอียง

แกนปรับมุมเอียง มีหน้าที่เป็นตัวปรับมุมของฐานวางรางพาราโบลา โดยแกนปรับมุมเอียงนี้ สามารถปรับมุมเอียงได้ 3 มุมคือ 15 องศา, 30 องศา และ 45 องศา ซึ่งจะถูกติดตั้งไว้กับเดือยของฐานวางรางพาราโบลาโดยเดือยนี้เมื่อวัดจากขอบด้านหลังของรางพาราโบลา จะมีระยะห่าง 360 มิลลิเมตร โดยแกนปรับมุมเอียง ทำมาจากสแตนเลสพร้อมพ่นสีดำ มีความยาวทั้งหมด 399 มิลลิเมตร มีความกว้าง 38 มิลลิเมตร และมีความหนา 5 มิลลิเมตร ด้านหน้าของแกนปรับมุมเอียงในส่วนของด้านบน จะมีความโค้งเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร พร้อมเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร สำหรับติดตั้งแกนปรับมุมเอียงไว้กับเดือยของฐานวางรางพาราโบลา จากจุดศูนย์กลางของรูสำหรับติดตั้งแกนปรับมุมเอียง 132 มิลลิเมตร 231 มิลลิเมตร และ 325 มิลลิเมตร จะเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร พร้อมเจาะจนเกิดเป็นร่องที่มีความกว้าง 37 มิลลิเมตร โดยร่องที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของรูสำหรับติดตั้งแกนปรับมุมเอียง 132 มิลลิเมตร มีไว้สำหรับปรับมุมเอียง 15 องศา ร่องที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของรูสำหรับติดตั้งแกนปรับมุมเอียง 231 มิลลิเมตร มีไว้สำหรับปรับมุมเอียง 30 องศา และร่องที่ห่างจากจุดศูนย์กลางของรูสำหรับติดตั้งแกนปรับมุมเอียง 325 มิลลิเมตร มีไว้สำหรับปรับมุมเอียง 45 องศา ซึ่งร่องข้างต้นจะถูกนำไปแฉวนไว้กับเดือยของแท่นวางอุปกรณ์ที่มีระยะห่างจากขอบด้านหลัง 360 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับฐานวางรางพาราโบลา



รูปที่ 3.27 แกนปรับมุมเอียงที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

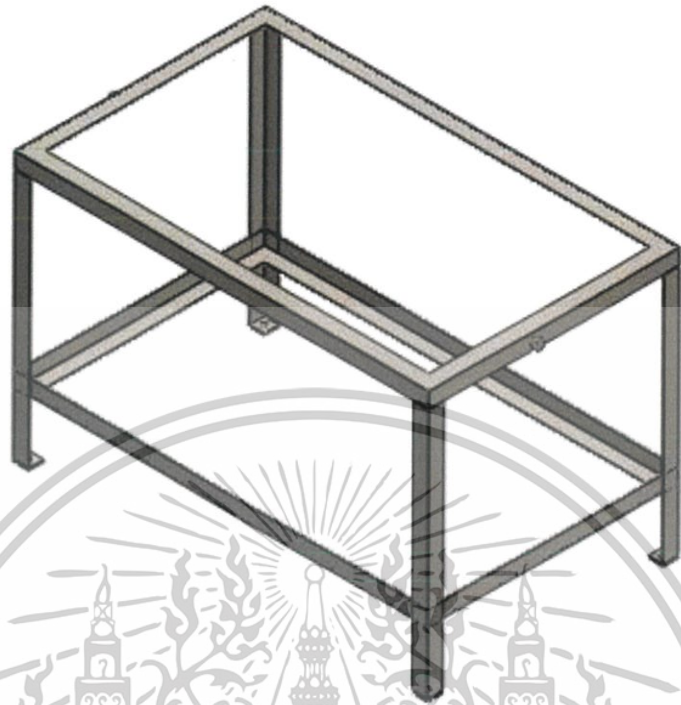


รูปที่ 3.28 แสดงแกนปรับมุมเอียงในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork

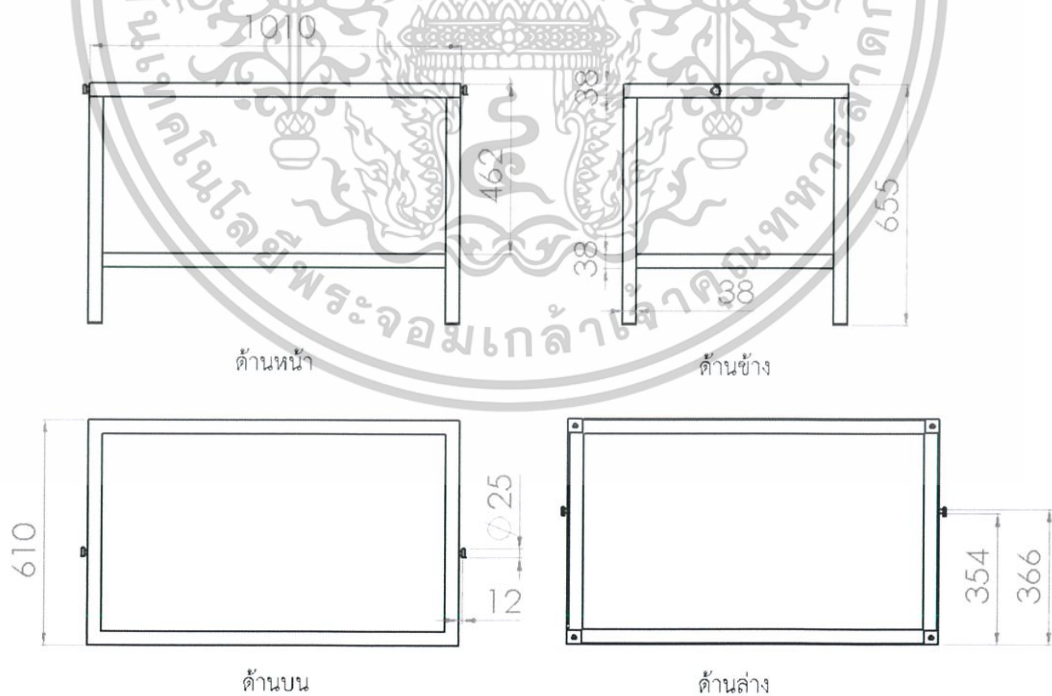
7) แท่นวางอุปกรณ์

แท่นวางอุปกรณ์มีไว้สำหรับทำให้เคลื่อนย้ายตัวอุปกรณ์ง่ายขึ้น ทำมาจากสแตนเลสพร้อมพ่นสีดำ โดยอุปกรณ์ในชิ้นนี้จะถูกนำไปประกอบเข้ากับแท่นวางอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นโต๊ะทรงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว 1010 มิลลิเมตร ความกว้าง 610 มิลลิเมตร และความสูง 655 มิลลิเมตร แต่ละด้านความหนา 38 มิลลิเมตร ในด้านข้างของแท่นวางอุปกรณ์ทั้งสองข้าง จะติดตั้งเดือยเพื่อแขวนแกนปรับมุมเอียง โดยเดือยนี้เมื่อวัดจากขอบด้านหลังของรางพาราโบลิก จะมีระยะห่าง 360 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับฐานวางรางพาราโบลิก เดือยชิ้นนี้ยื่นออกมาจากด้านของของฐานวางรางพาราโบลิก 12 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เมื่อวัดจากด้านบนลงมา 462 มิลลิเมตร จะเป็นช่องสำหรับวางแผ่นไม้สำหรับวางวัสดุลงไปโดยส่วนนี้将有ความหนา 38 มิลลิเมตร ด้านล่างของขาแท่นวางอุปกรณ์ที่สี่ขา มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีความยาวด้านละ 38 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 แท่นวางอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก



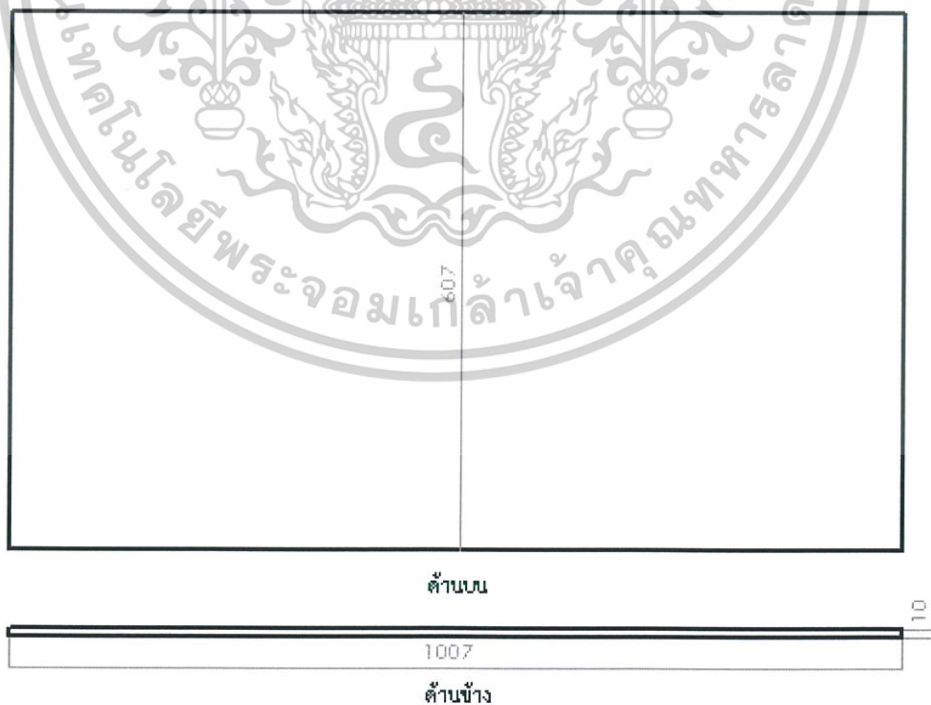
รูปที่ 3.30 แสดงแท่นวางอุปกรณ์ในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) แผ่นไม้สำหรับวางวัสดุ

แผ่นไม้วางวัสดุเป็นส่วนที่นำมาติดตั้งไว้เพื่อความสะดวกในการวางวัสดุต่างๆ โดยไม้ที่นำมาใช้เป็นไม้อัด แผ่นไม้วางวัสดุมีความยาว 1007 มิลลิเมตร มีความกว้าง 607 มิลลิเมตร และมีความหนา 10 มิลลิเมตร โดยแผ่นไม้วางวัสดุนี้จะถูกติดตั้งไว้กับแท่นวางอุปกรณ์ในส่วนที่ไว้สำหรับวางแผ่นไม้วางวัสดุ



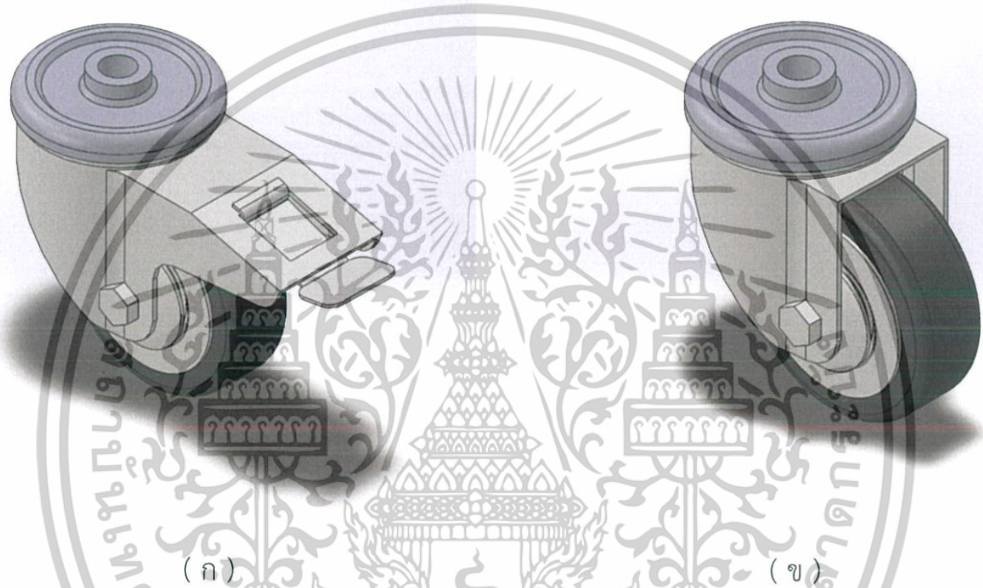
รูปที่ 3.31 แผ่นไม้วางวัสดุที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก



รูปที่ 3.32 แสดงแผ่นไม้วางวัสดุในรูปแบบของการวาดภาพโดยใช้โปรแกรม Solidwork เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ล้อเลื่อนยี่ห้อ White Horse Super Wheel รุ่น SE Series

ล้อเลื่อนยี่ห้อ White Horse Super Wheel รุ่น SE Series เป็นวัสดุที่จัดหามา ล้อเลื่อนชุดนี้ โดยล้อเลื่อนจะถูกนำไปติดตั้งกับขาของแท่นวางอุปกรณ์ โดยสองขาด้านหน้าของแท่นวาง อุปกรณ์จะติดตั้งล้อเลื่อนแบบปกติ ส่วนสองขาด้านหลังของแท่นวางอุปกรณ์จะติดตั้งล้อเลื่อนแบบมีเบรค เพื่อป้องกันชุดอุปกรณ์เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นที่ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายได้



รูปที่ 3.33 ล้อเลื่อนที่ถูกออกแบบโดยโปรแกรม Solidwork ในมุมมองแบบไอโซเมตริก

(ก) แสดงล้อเลื่อนแบบมีเบรค

(ข) แสดงล้อเลื่อนแบบปกติ

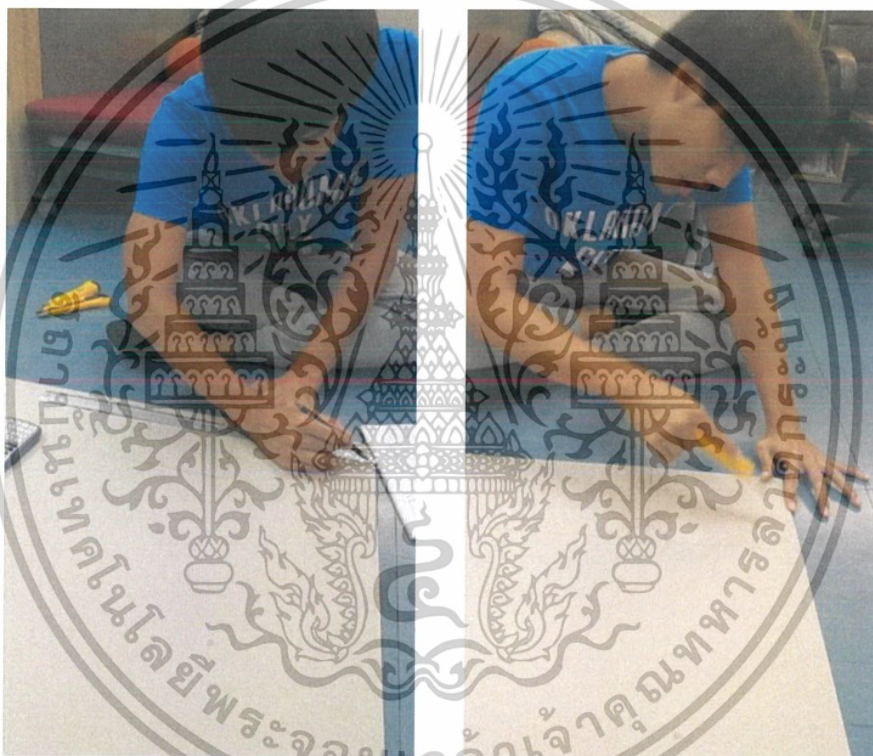
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การสร้างแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

ในขั้นตอนนี้เป็นการสร้างแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งแบบจำลองนี้จะถูกนำมาใช้ทดสอบระบบก่อนที่จะใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์รุ่นที่สมบูรณ์แล้ว โดยผู้วิจัยได้นำกระดาษชั้นมาใช้สร้างเป็นแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และใช้อัตราส่วนเดียวกับเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบไว้แล้ว

โดยขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังนี้

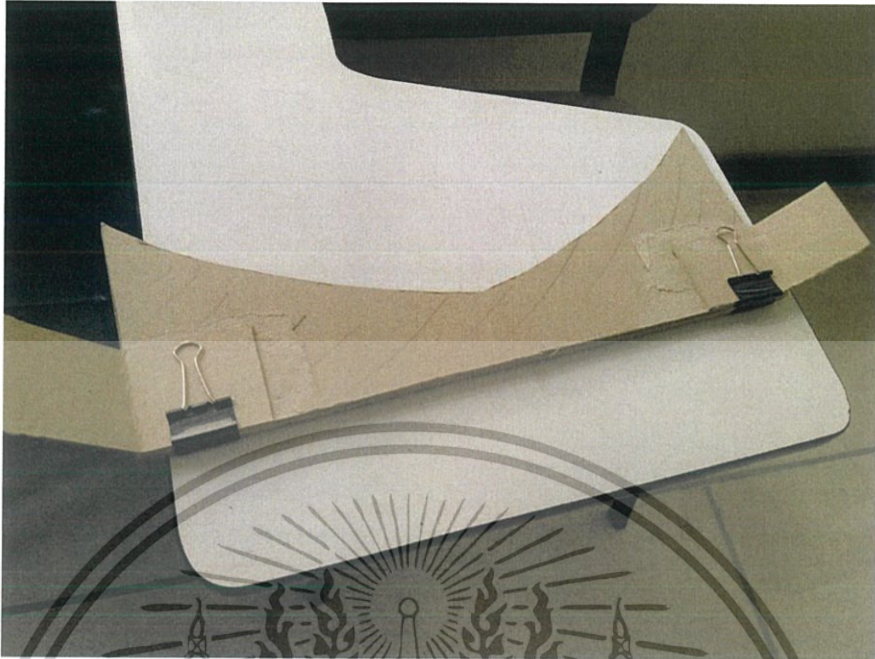
- 1) วาดชิ้นส่วนต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้กระดาษชั้นและตัดออก



รูปที่ 3.34 แสดงการวาดชิ้นส่วนต่างๆ และการตัดออก

- 2) ทำชิ้นส่วนข้างต้นจำนวนหลายๆ ชิ้นแล้งนำมาแปะซ้อนทับกันด้วยสเปรย์กาวเพื่อให้แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มีความแข็งแรงและคงทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 แสดงการนำชิ้นส่วนมาทับซ้อนกันเพื่อความแข็งแรงและคงทน

3) นำชิ้นส่วนที่ได้สร้างขึ้นมาประกอบรวมกันตามแบบที่ได้ออกแบบไว้แล้ว

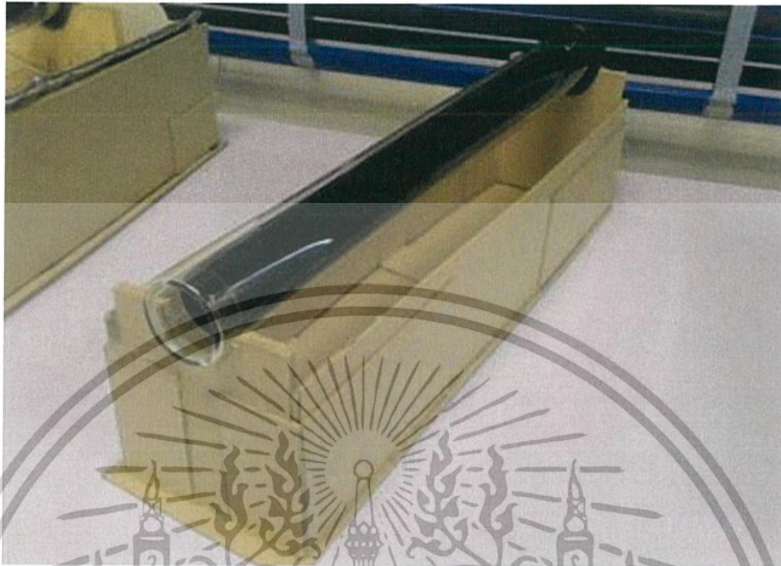


รูปที่ 3.36 แสดงการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ทั้งหมด 2 เครื่อง ได้แก่

- 1) ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก



รูปที่ 3.37 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก

- 2) ท่อแก้วสุญญากาศและแผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน



รูปที่ 3.38 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และแผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบระบบ

เพื่อทดสอบระบบของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศมาทำการเปรียบเทียบกับ การทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลาด้วย หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยการให้ความร้อนกับอาหาร โดยในแต่ละครั้งจะใช้ระยะเวลา 60 นาทีต่อการทดลอง 1 ครั้ง การทดสอบระบบการให้ความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์จะทำการบันทึกข้อมูลของช่วงเวลาในการทดลอง บันทึกน้ำหนักว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ทดสอบก่อนและหลังการทดลองโดยใช้เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale บันทึกอุณหภูมิของวัตถุดิบก่อนและหลังการทดลองโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดรุ่น Vector 303B บันทึกค่าความเข้มแสงในแต่ละนาทียโดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 บันทึกอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และบันทึกอุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อนำไปให้ความร้อน

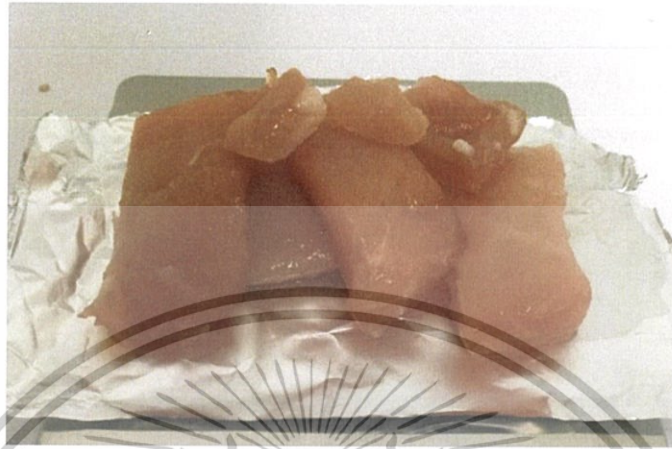
1) เตรียมเนื้อหมูที่มีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม และมันฝรั่งที่มีน้ำหนักประมาณ 50 กรัม ซึ่งถูกนำมาชั่งมวลโดยใช้เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale โดยหั่นเนื้อหมูและมันฝรั่งเป็นชิ้นเล็กๆ ในลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้มีดและเขียง เพื่อลดขนาดของวัตถุดิบ และสะดวกต่อการนำไปวางไว้บนภาตใส่อาหารที่จะถูกสอดเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศเพื่อนำไปให้ความร้อน



รูปที่ 3.39 แสดงการชั่งเนื้อหมูและมันฝรั่ง โดยใช้เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นำวัตถุดิบที่ได้เตรียมไว้ห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และนำไปแช่ตู้เย็น เพื่อเก็บรักษา วัตถุดิบไม่ให้เน่าเสีย



รูปที่ 3.40 แสดงการห่อวัตถุดิบด้วยอลูมิเนียมฟอยล์

3.2.2 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์และการทดสอบระบบ

ในขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์จะแบ่งการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของสุญญากาศ การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุมต่างๆ และการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด

3.2.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ

1) นำแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกมาติดตั้งไว้ในพื้นที่โล่งแจ้ง พร้อมปรับทิศให้แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกให้ชี้ไปทางทิศใต้ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.41 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ

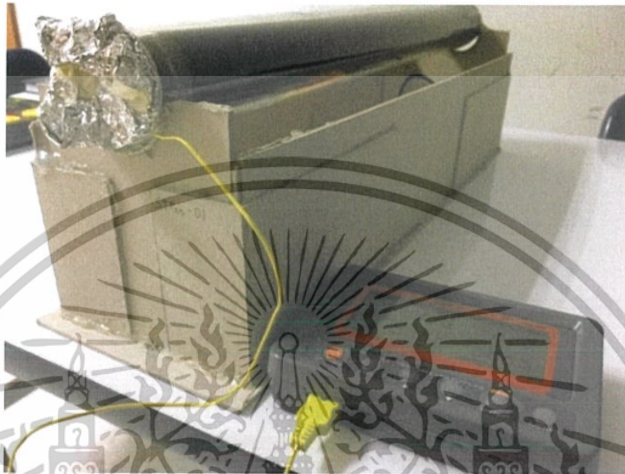
2) ติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 ในแนวตั้งฉากกับพื้นและบันทึกค่าความเข้มแสงทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยสอดสายวัดอุณหภูมิแกนแนล 1 เข้าไปที่กึ่งกลางของท่อแก้วสุญญากาศพร้อมปิดด้านปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศทั้งสองด้วยลวมนิยัมพอยลิให้มิดชิด และบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 แสดงการสอดสายวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger

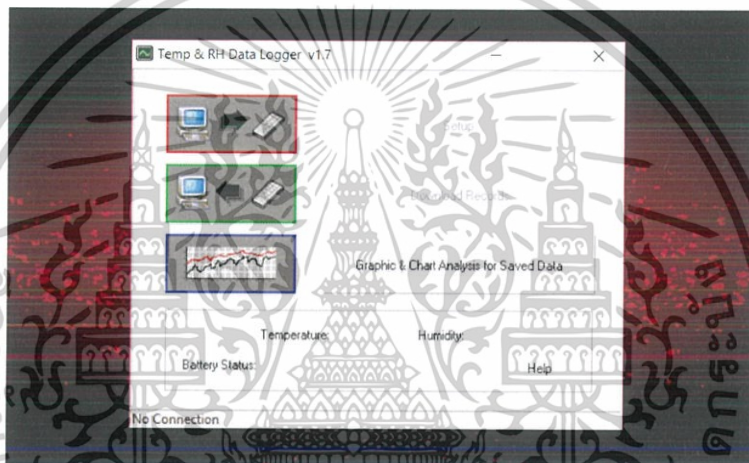
4) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U ไว้บริเวณที่ติดตั้งแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรังพาราโบลิกเพื่อบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิภายนอกระบบ พร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.44



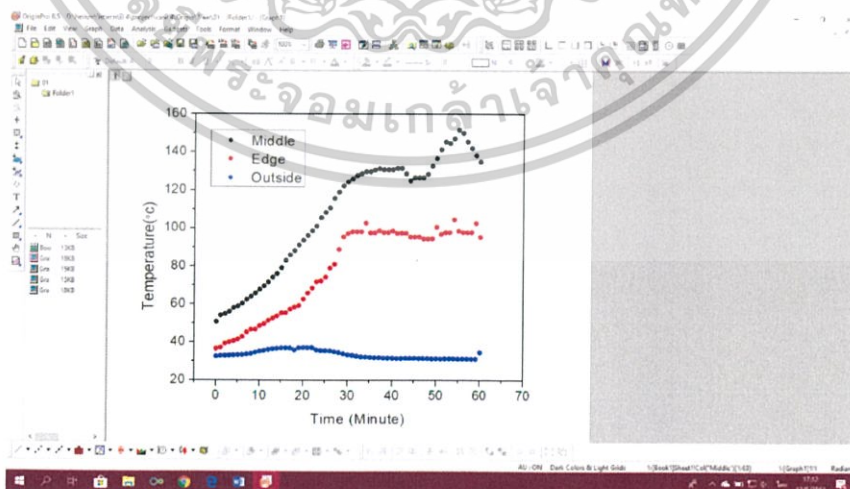
รูปที่ 3.44 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่เชิงพาณิชย์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หลังจากทำการทดสอบระบบครบ 60 นาที นำข้อมูลของอุณหภูมิภายในห้อง แก้วสุญญากาศจากเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยการถอดการ์ดความจำแล้วนำข้อมูลมากรอกได้โดยตรง อุณหภูมิภายนอกระบบจากเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U โดยการเสียบสาย USB แล้วดาวน์โหลดข้อมูลมากรอกได้โดยตรงจากโปรแกรม Temp & RH Data Logger v.1.7 โดยกดที่ปุ่ม Graphic & Chart Analysis for Saved Data ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.45 และค่าความเข้มแสงที่ได้จัดบันทึกมากรอกใส่โปรแกรม OriginPro 8.5 เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาเขียนเป็นเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงและเวลาดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 แสดงการดาวน์โหลดข้อมูลจากเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U โดยใช้โปรแกรมโปรแกรม Temp & RH Data Logger v.1.7



รูปที่ 3.45 แสดงการเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม OriginPro 8.5 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก

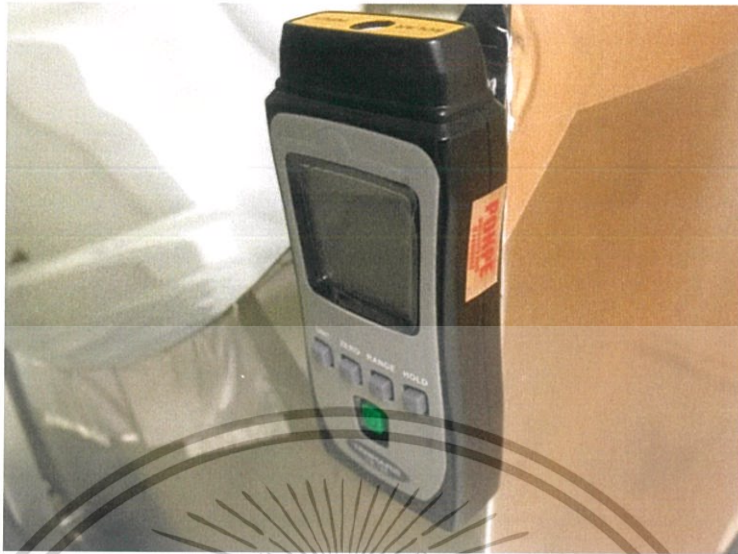
1) นำแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก และเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ (ระบบที่เสร็จสมบูรณ์) มาติดตั้งไว้ในพื้นที่โล่งแจ้ง พร้อมปรับทิศให้แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกให้ชี้ไปทางทิศใต้ โดยไม่ต้องปรับมุมเอียง ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.47



รูปที่ 3.47 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก

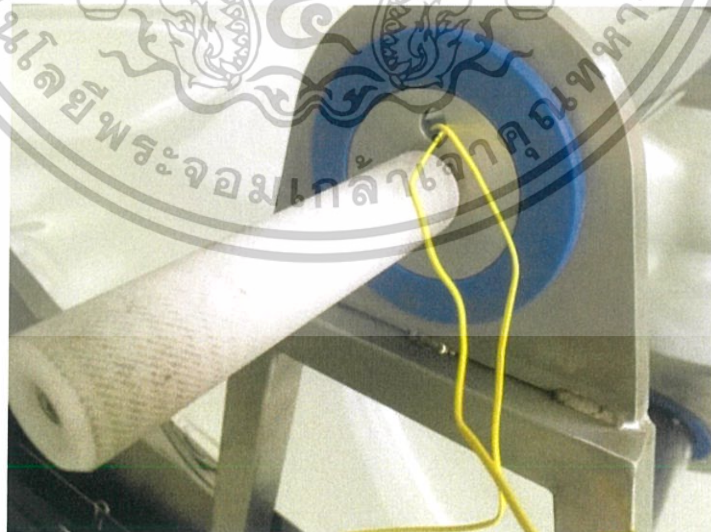
2) ติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 ในแนวตั้งฉากกับพื้นและบันทึกค่าความเข้มแสงทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.48 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750

3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยสอดสายวัดอุณหภูมิแกนแนล 1 เข้าไปที่กึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ (ระบบที่เสร็จสมบูรณ์) และแกนแนล 2 เข้าไปที่กึ่งกลางของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศพร้อมปิดด้านปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศทั้งสองด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ให้มิดชิดและบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.49

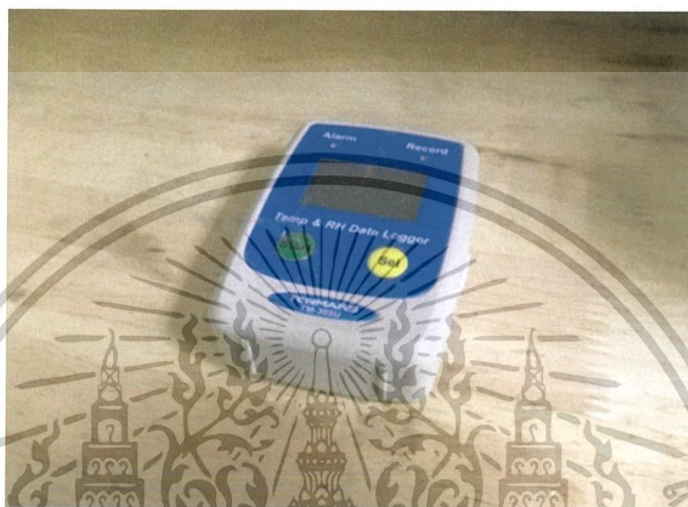


รูปที่ 3.49 แสดงการสอดสายวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น

88598 4ch K SD Logger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U ไว้บนแผ่นไม้วางวัสดุของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ (ระบบที่เสร็จสมบูรณ์) เพื่อบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิภายนอก ระบบ พร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ เมื่อเทียบกับท่อสุญญากาศที่มีรางพาราโบลิก ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.50



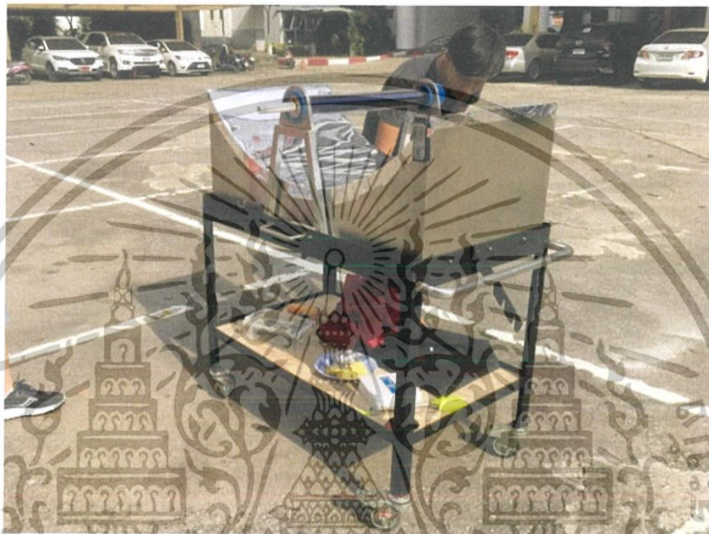
รูปที่ 3.50 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

5) เมื่อทำการทดสอบระบบครบ 60 นาที นำข้อมูลของอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์และเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิก จากเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch-K SD Logger โดยการถอดการ์ดความจำแล้วนำข้อมูลมากรอกได้โดยตรง อุณหภูมิภายนอกระบบจากเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U โดยการเสียบสาย USB แล้วดาวน์โหลดข้อมูลมากรอกได้โดยตรงจากโปรแกรม Temp & RH Data Logger v.1.7 โดยกดที่ปุ่ม Graphic & Chart Analysis for Saved Data และค่าความเข้มแสงที่ได้จัดบันทึกมากรอกใส่โปรแกรม OriginPro 8.5 เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาเขียนเป็นเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงและเวลา

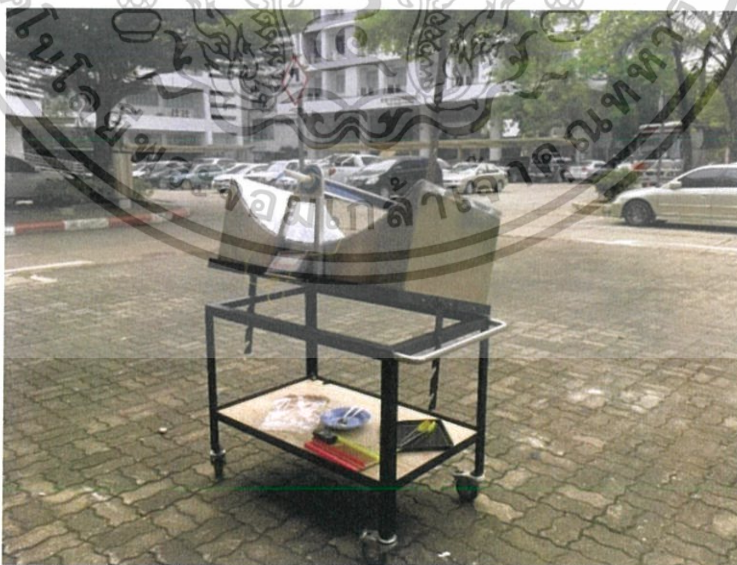
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุมต่างๆ

1) นำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งไว้ในพื้นที่โล่งแจ้ง พร้อมปรับทิศให้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลาให้ชี้ไปทางทิศใต้ โดยเก็บข้อมูลของการปรับมุมเอียง 0 องศา ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.51 ปรับมุมเอียง 15 องศา ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.52 และปรับมุมเอียง 30 องศา ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.53 มุมละ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที



รูปที่ 3.51 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุม 0 องศา



รูปที่ 3.52 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุม 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.53 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุม 30 องศา

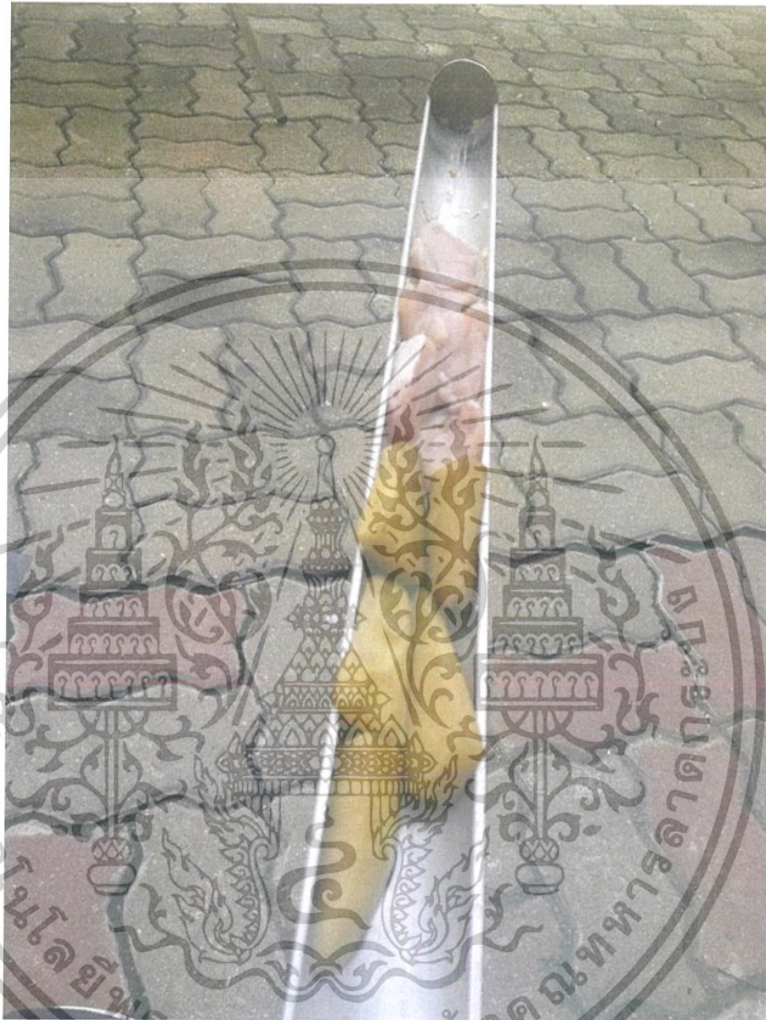
2) นำวัตถุดิบที่ได้เตรียมไว้มาวัดอุณหภูมิก่อนทำการให้ความร้อนด้วยเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดรุ่น Vector 303B ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.54



รูปที่ 3.54 วัดอุณหภูมิก่อนทำการให้ความร้อนด้วยเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดรุ่น Vector 303B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) นำวัตถุติบวางลงบนภาตใส่อาหาร และสอดเข้าไปในท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.55



รูปที่ 3.55 แสดงการวางวัตถุติบลงบนภาตใส่อาหารก่อนสอดเข้าไปในด้านปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อน

4) ติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 ในแนวตั้งฉากกับพื้นและบันทึกค่าความเข้มแสงทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารในนมต่างๆ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.56 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750

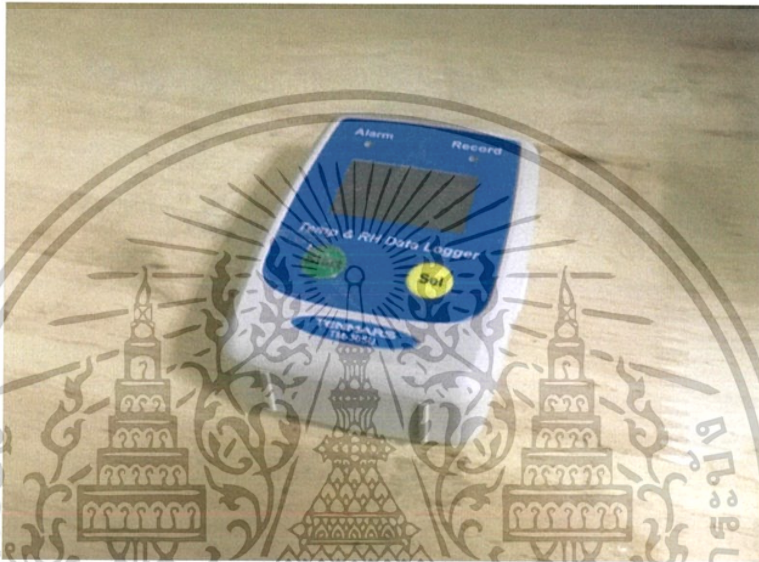
5) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยสอดสายวัดอุณหภูมิแกนแนล 1 เข้าไปที่รูของภาคใส่อาหารเข้าไปถึงกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ และแกนแนล 2 เข้าไปที่รูของภาคใส่อาหารเข้าไปถึงปลายของปากเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศพร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.57



รูปที่ 3.57 แสดงการสอดสายวัดอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

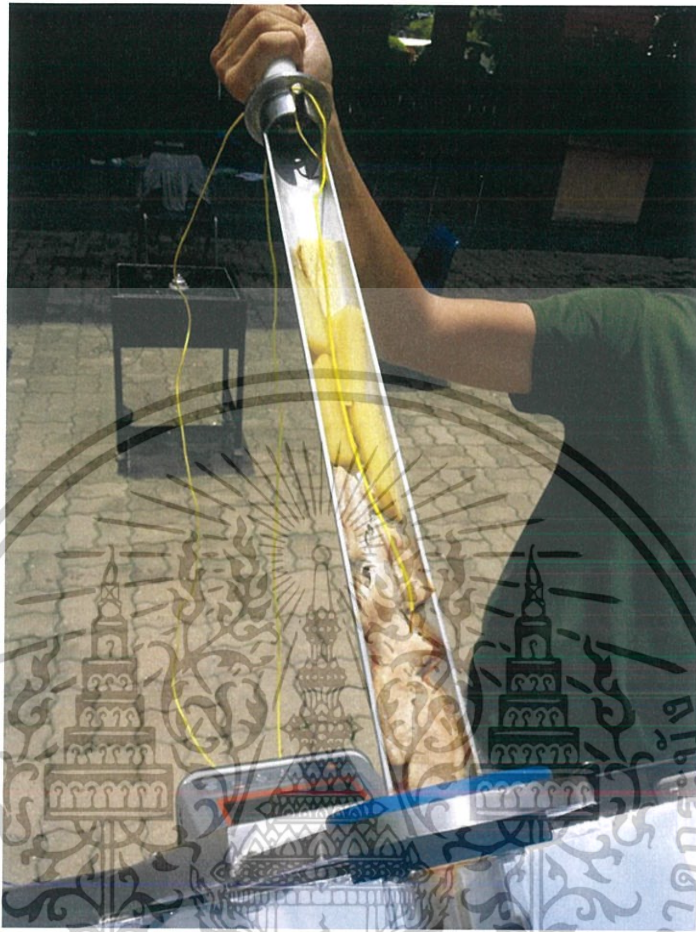
6) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U ไว้บริเวณที่ติดตั้งแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลาเพื่อบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิภายนอกระบบ พร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลาเพื่อให้ความร้อนกับอาหารในหมุมต่างๆ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.58



รูปที่ 3.58 แสดงการติดตั้งติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

7) เมื่อทำการทดสอบระบบครบ 60 นาที ให้นำถาดอาหารที่สอดไว้ในท่อแก้วสุญญากาศออก ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.59 และวัดอุณหภูมิที่ได้นำไปให้ความร้อนมาวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรดรุ่น Vector 303B และชั่งมวลโดยใช้เครื่องชั่งมวล ยี่ห้อ Mini Digital Platformscale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.59 แสดงการนำอาหารที่สอดไว้ในท่อแก้วสุญญากาศออก

8) นำข้อมูลของอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางและปลายท่อภายในท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยการถอดการ์ดความจำแล้วนำข้อมูลมากรอกได้โดยตรง อุณหภูมิภายนอกระบบจากเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U โดยการเสียบสาย USB แล้วดาวน์โหลดข้อมูลมากรอกได้โดยตรงจากโปรแกรม Temp & RH Data Logger v.1.7 โดยกดที่ปุ่ม Graphic & Chart Analysis for Saved Data และค่าความชื้นแฉงที่ได้จัดบันทึกมากรอกใส่โปรแกรม OriginPro 8.5 เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นแฉงและเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 การทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด

1) นำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งไว้ในพื้นที่โล่งแจ้ง พร้อมปรับทิศให้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิกให้ชี้ไปทางทิศใต้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องปรับมุมเอียงของรางพาราโบลิก แต่ให้เลือกช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดดดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.60



รูปที่ 3.60 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด

2) ติดตั้งเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 ในแนวตั้งฉากกับพื้นและบันทึกค่าความเข้มแสงทุกๆ 1 นาที

3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยสอดสายวัดอุณหภูมิแกนแนล 1 เข้าไปที่รูของถาดใส่อาหารเข้าไปถึงกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ และแกนแนล 2 เข้าไปที่รูของถาดใส่อาหารเข้าไปถึงปลายของปากเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศพร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที

4) ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U ไว้บริเวณที่ติดตั้งแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบมีรางพาราโบลิกเพื่อบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิภายนอกระบบ พร้อมบันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หลังจากทำการทดสอบระบบครบ 60 นาที นำข้อมูลของอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางและปลายท่อภายในท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger โดยการถอดการ์ดความจำแล้วนำข้อมูลมากรอกได้โดยตรง อุณหภูมิภายนอกระบบจากเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U โดยการเสียบสาย USB แล้วดาวน์โหลดข้อมูลมากรอกได้โดยตรงจากโปรแกรม Temp & RH Data Logger v.1.7 โดยกดที่ปุ่ม Graphic & Chart Analysis for Saved Data และค่าความเข้มแสงที่ได้จัดบันทึกมากรอกใส่โปรแกรม OriginPro 8.5 เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาเขียนเป็นเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงและเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

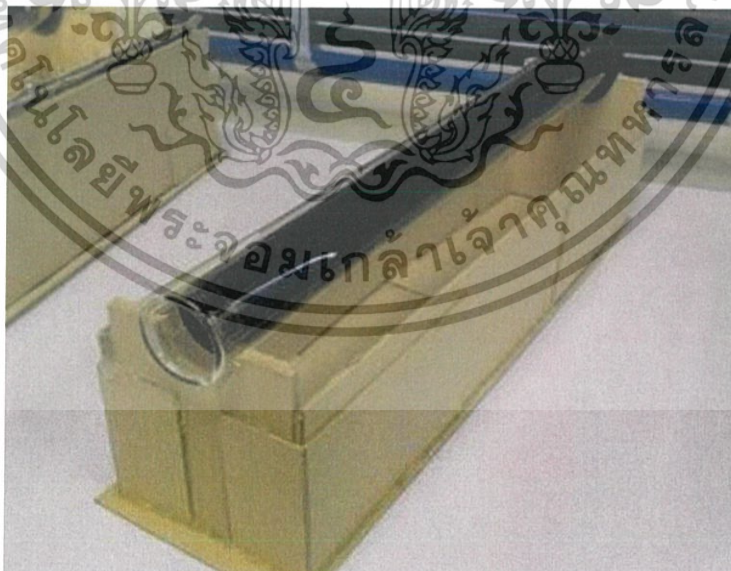
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองในเงื่อนไขต่างๆ โดยเริ่มจากแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จัดทำขึ้นก่อนใช้ระบบจริง เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิกพร้อมหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบทำความร้อนของทั้ง 2 แบบ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุมต่างๆ และผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด

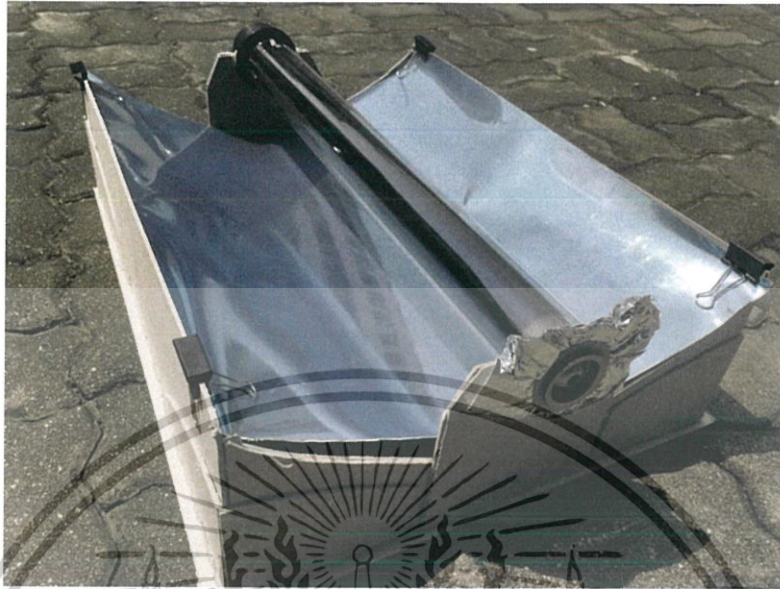
4.1 แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างจากกระดาษขึ้น เมื่อนำมาประกอบกันแล้วทั้ง 2 แบบ ทำให้ได้แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกและแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศและแผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน



รูปที่ 4.1 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศและแผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน

หลักการที่ได้ทำการประกอบแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจะนำไปทดสอบประสิทธิภาพการให้ความร้อนกับอาหาร

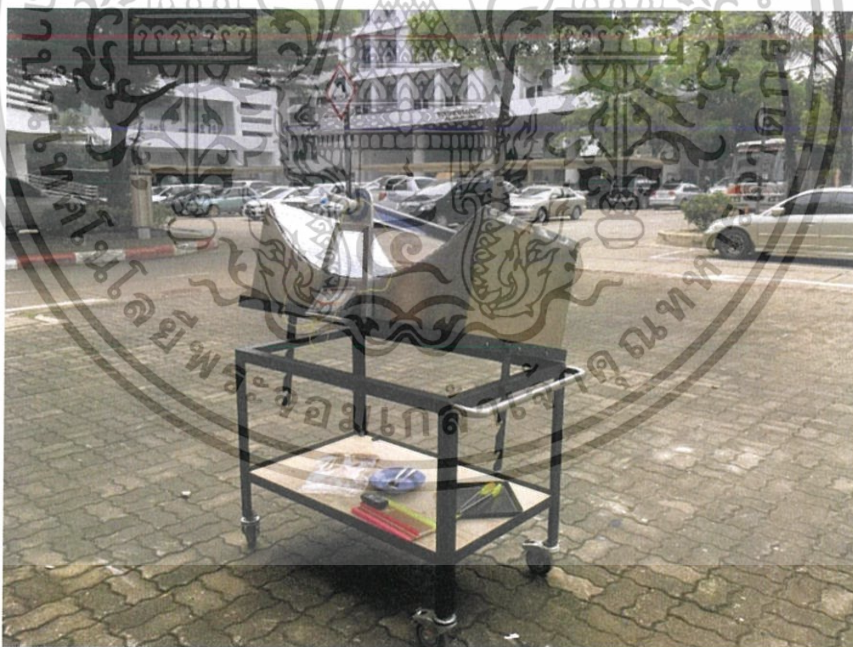
4.2 เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ประกอบเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์จนเสร็จสมบูรณ์ดังที่แสดงในรูปที่ 4.3 จึงได้ทำการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นการให้ความร้อนกับวัตถุดิบที่ได้วางบนภาดใส่อาหารที่สอดเข้าไปในด้านปลายเปิดท่อแก้วสุญญากาศ เมื่อผู้วิจัยได้นำวัตถุดิบวางบนภาดใส่อาหารที่สอดเข้าไปในด้านปลายเปิดท่อแก้วสุญญากาศเพื่อให้ความร้อนดังที่แสดงในรูปที่ 4.5 ทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นอาหารที่สุกแล้วดังที่แสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

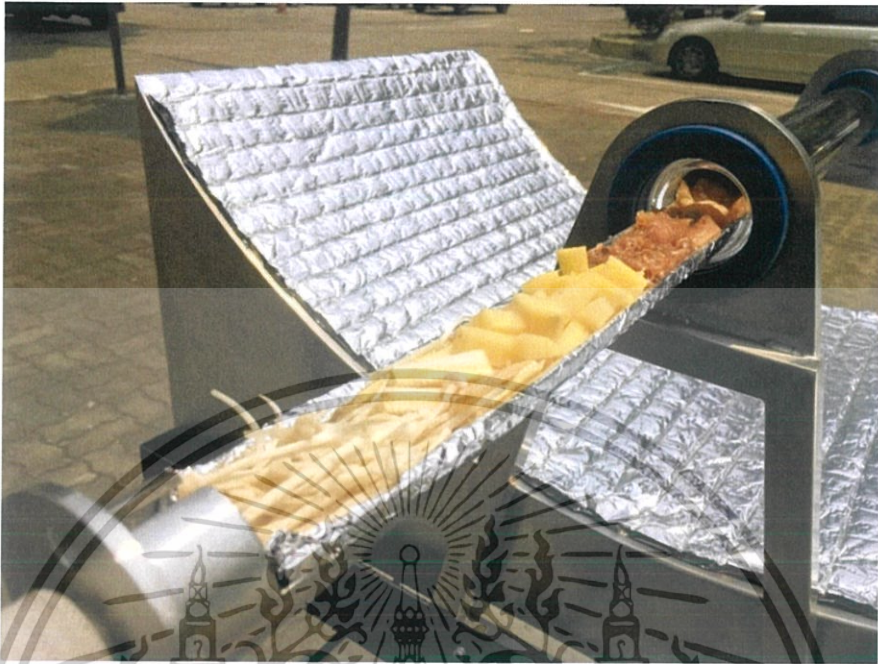


รูปที่ 4.3 แสดงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากทำการประกอบเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.4 แสดงเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกติดตั้งในพื้นที่โล่งแจ้งเพื่อทดสอบระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการนำวัตถุดิบไปวางไว้บนถาดใส่อาหารก่อนสอดเข้าไปในถาดปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศเพื่อนำไปให้ความร้อน



รูปที่ 4.6 แสดงการขึ้นงานอาหารที่สุกหลังจากได้นำไปให้ความร้อนภายในท่อแก้วสุญญากาศ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ ผู้วิจัยได้ติดตั้งแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกไว้ในพื้นที่โล่งแจ้ง ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 โดยผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลอง ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้บันทึกประกอบด้วยค่าความเข้มแสงในแต่ละนาทิจำลองโดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสงยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และอุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์มิสเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 สำหรับการทดลองการทำความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	10 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	10:00 – 11:00 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	1 ชั่วโมง
ความเข้มแสง	150 - 1200 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุรวมแสง	ไม่ใช้วัสดุรวมแสง
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	เมฆมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



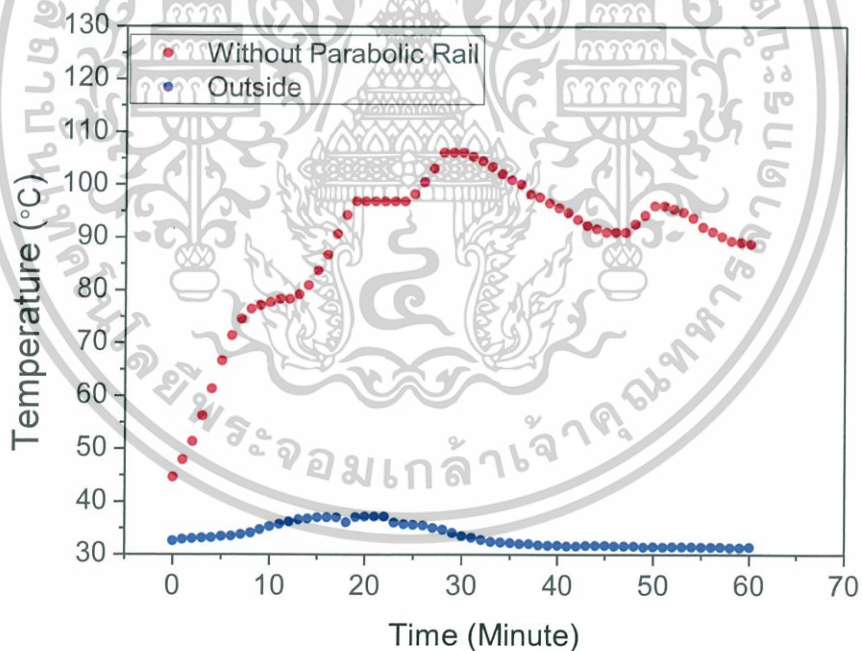
รูปที่ 4.7 ภาพของสภาพอากาศวันที่ วันที่ 10 พ.ค. 2561 ระหว่างการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ



รูปที่ 4.8 แสดงการติดตั้งแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิก

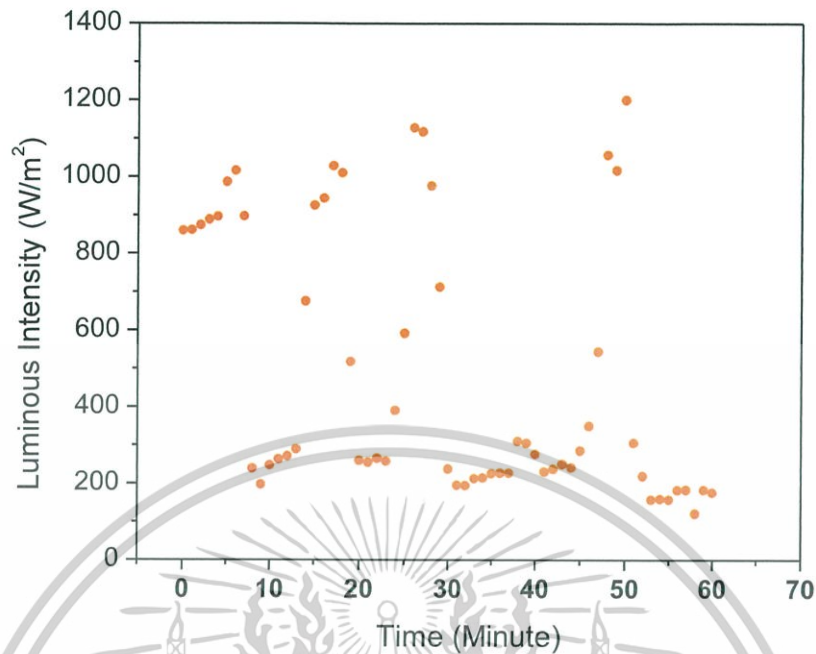
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในระบบของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลา โดยเส้นแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศ และเส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกกระบอก พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 108°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้อาหารสุกได้ ในนาที่ที่ 27 หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศก็จะลดต่ำลงเล็กน้อย ส่วนอุณหภูมิภายนอกกระบอกจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 34°C และรูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ท่อแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลา พบว่าค่าความเข้มแสงตั้งแต่เวลาที่ 0 ถึง นาที่ที่ 27 จะอยู่ในช่วงเดียวกัน โดยค่าความเข้มแสงสูงสุด 1152 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุด 198 W/m^2 ซึ่งค่าความเข้มแสงที่จะไม่คงที่เนื่องจากการที่เมฆเคลื่อนที่มาบังแสงอาทิตย์แต่ตั้งแต่นาทีที่ 30 เป็นต้นไป ค่าความเข้มแสงจะอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 300 W/m^2 จึงทำให้อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศมีค่าลดลงเล็กน้อย



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิในระบบขณะทำความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลา วันที่ 10 พ.ค. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลา วันที่ 10 พ.ค. 2561

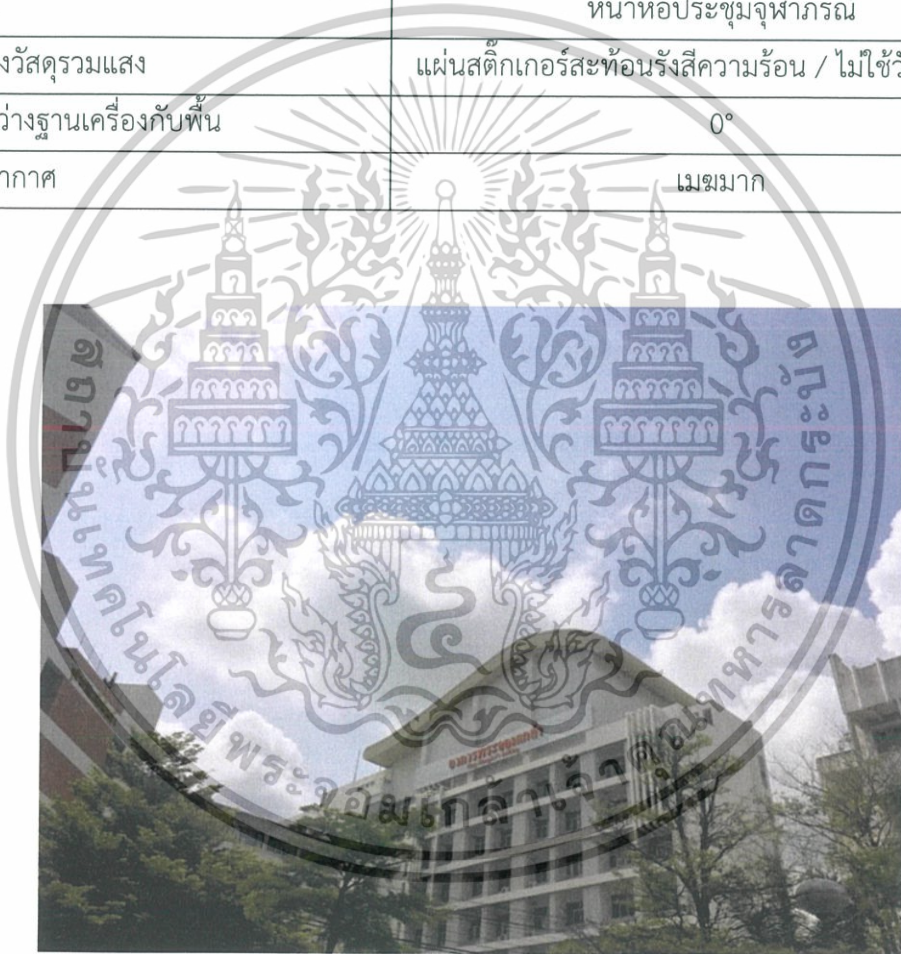
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศเมื่อเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรางพาราโบลา

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศในข้างต้นจะถูกนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศแบบมีรางพาราโบลา (ระบบที่เสร็จสมบูรณ์) ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.12 โดยผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองดังที่แสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้บันทึกประกอบด้วยค่าความเข้มแสงในแต่ละนาที่โดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และอุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 สำหรับการทดลองการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	10 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	10:00 – 11:00 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	1 ชั่วโมง
ความเข้มแสง	150 - 1200 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน / ไม่ใช่วัสดุรวมแสง
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	เมฆมาก



รูปที่ 4.11 ภาพของสภาพอากาศวันที่ วันที่ 10 พ.ค. 2561 ระหว่างการทดสอบการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 4.12 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลาและไม่มีรางพาราโบลา

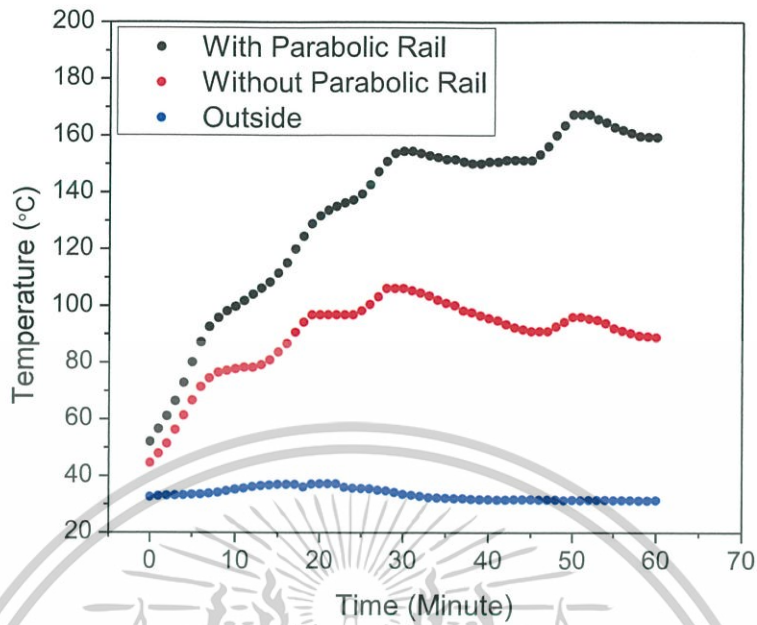
(ก) แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในด้านข้าง

(ข) แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ในด้านหน้าเพื่อให้เห็นระดับความสูงของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

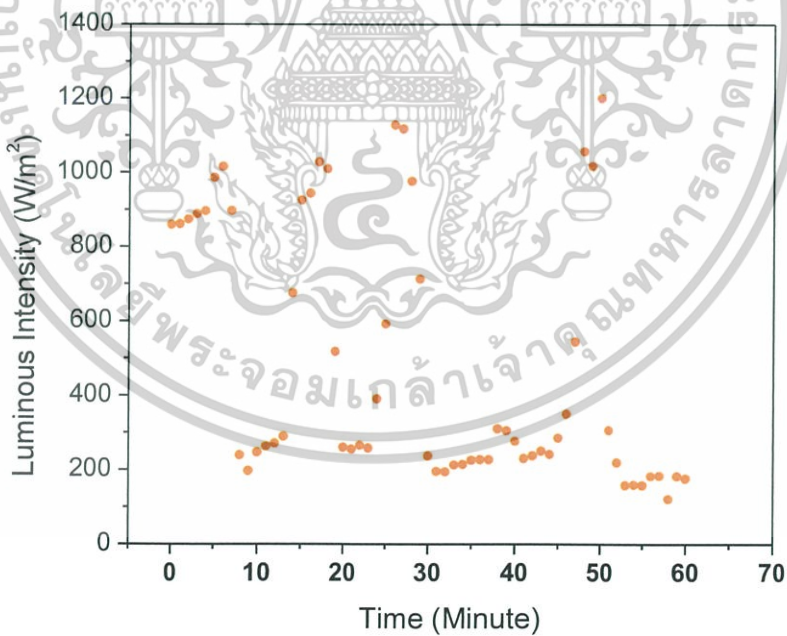
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิก (ระบบที่สมบูรณ์) เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอก ระบบ พบว่าในเวลาที่จะเพิ่มขึ้นอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิกก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 108°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้อาหารสุกได้ ในนาที่ที่ 27 หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศก็จะลดต่ำลงเล็กน้อย รวมไปถึงอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิก (ระบบที่สมบูรณ์) ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 171°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถทำให้อาหารสุกได้เร็วขึ้น ในนาที่ที่ 52 ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิสูงสุดของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศก็จะลดต่ำลงเล็กน้อย ส่วนอุณหภูมิภายนอก ระบบจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 34°C และรูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก พบว่าค่าความเข้มแสงตั้งแต่นาทีที่ 0 ถึง นาทีที่ 27 จะอยู่ในช่วงเดียวกัน โดยค่าความเข้มแสงสูงสุด 1152 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุด 198 W/m^2 ซึ่งค่าความเข้มแสงที่จะไม่คงที่เนื่องจากกรณีที่เมฆเคลื่อนที่มาบังแสงอาทิตย์ แต่ตั้งแต่นาทีที่ 30 เป็นต้นไป ค่าความเข้มแสงจะอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 300 W/m^2 จึงทำให้อุณหภูมิภายในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก มีค่าลดลงเล็กน้อยแต่อุณหภูมิภายในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิก (ระบบที่สมบูรณ์) กลับลดลงในนาที่ที่ 52 จึงแสดงให้เห็นว่าเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิก (ระบบที่สมบูรณ์) มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบไม่มีรางพาราโบลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก วันที่ 10 พ.ค. 2561



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีรางพาราโบลิกและไม่มีรางพาราโบลิก วันที่ 10 พ.ค. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลต่างๆ มาใช้หาประสิทธิภาพเชิงความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิภายในห้องแก้วสุญญากาศของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีรางพาราโบลิก อุณหภูมิภายในเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิก อุณหภูมิภายนอกระบบ และความเข้มแสง

ตารางที่ 4.3 แสดงระยะเวลาในการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิของจากการทดลองห้องแก้วสุญญากาศแบบไม่มีรางพาราโบลิกและแบบมีรางพาราโบลิก อุณหภูมิภายนอกระบบและค่าความเข้มแสง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)			ความเข้มแสง (W/m ²)
	ไม่มีรางพาราโบลิก	มีรางพาราโบลิก	ภายนอกระบบ	
0	44.6	52.0	32.6	859
1	47.9	56.6	32.9	861
2	51.3	61.1	33.0	874
3	56.2	66.4	33.1	888
4	61.3	72.8	33.2	896
5	66.6	80.1	33.4	986
6	71.4	87.2	33.5	1015
7	74.5	92.6	33.8	897
8	76.4	95.8	34.1	239
9	77.1	98.1	34.7	197
10	77.7	99.8	35.3	247
11	78.3	101.8	35.7	263
12	78.3	104.1	36.2	271
13	79.2	106.2	36.6	289
14	80.9	108.4	36.8	675
15	83.7	111.5	37.0	925
16	86.7	115.1	37.0	944
17	90.6	120.0	37.0	1028
18	94.2	124.5	36.1	1010
19	96.8	128.9	37.1	518
20	96.8	131.7	37.2	260

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)			ความเข้มแสง (W/m ²)
	ไม่มีรางพาราโบลิก	มีรางพาราโบลิก	ภายนอกระบบ	
21	96.8	133.7	37.2	255
22	96.8	135.1	37.2	265
23	96.8	136.3	36.0	258
24	96.8	137.3	35.7	390
25	98.2	139.4	35.6	592
26	100.5	142.7	35.5	1128
27	103.1	147.3	35.0	1117
28	106.1	150.9	34.7	976
29	106.1	153.7	34.1	713
30	106.1	154.4	33.5	237
31	105.3	154.4	33.2	195
32	104.5	153.7	32.8	194
33	103.4	152.9	32.4	213
34	102.0	152.3	32.3	214
35	100.9	151.6	32.2	225
36	100.1	151.6	32.0	227
37	98.2	150.8	32.0	227
38	97.6	150.1	31.8	310
39	96.5	150.1	31.7	305
40	95.6	150.8	31.7	276
41	94.7	150.8	31.6	230
42	93.4	151.4	31.6	237
43	92.3	151.4	31.7	250
44	91.6	151.3	31.7	241
45	91.0	151.3	31.7	285
46	91.0	153.3	31.6	350
47	91.0	156.2	31.6	544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)			ความเข้มแสง (W/m ²)
	ไม่มีรางพาราโบลิก	มีรางพาราโบลิก	ภายนอกระบบ	
48	92.6	160.1	31.6	1057
49	94.2	163.6	31.4	1017
50	96.0	167.3	31.5	1200
51	96.0	167.3	31.4	306
52	95.4	167.3	31.5	219
53	94.8	165.7	31.5	158
54	93.7	164.6	31.5	159
55	92.0	162.8	31.4	158
56	91.1	161.8	31.4	182
57	90.2	160.8	31.4	183
58	89.3	159.7	31.3	121
59	89.1	159.5	31.3	182
60	88.8	159.4	31.4	176
			เฉลี่ย	487.1

4.4.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีรางพาราโบลิก

C คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ มีค่า 1.02 J/kg°C

T_{60} คือ อุณหภูมิหลังจากทดลองแล้ว มีค่า 89.3°C

T_0 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของการทดลอง มีค่า 44.6 °C

G คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง มีค่า 487.1 W/m²

A_1 คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของแบบจำลองเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีรางพาราโบลิก โดยในที่นี้ท่อแก้วสุญญากาศจะเป็นตัวรับแสง แต่จะสามารถรับแสงได้เพียงด้านเดียวเท่านั้น

โดยหาได้จากสมการ

$$A_1 = \frac{2\pi rl}{2} \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ r คือ รัศมีของท่อสุญญากาศ มีค่า 0.29 เมตร

l คือ ความยาวของท่อสุญญากาศ มีค่า 0.60 เมตร

แทนค่า

$$A_1 = \frac{2\pi(0.29)(0.60)}{2} \quad (2)$$

$$A_1 = 0.55 \text{ ตารางเมตร} \quad (3)$$

โดยเมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแทนค่า

$$\eta = \frac{1.02(89.3 - 44.6)}{0.55 \times 487.1} \times 100 \% \quad (4)$$

$$\eta = 17.02 \% \quad (5)$$

4.4.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิก

C คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ มีค่า $1.02 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

T_{60} คือ อุณหภูมิหลังจากทดลองแล้ว มีค่า 159.4°C

T_0 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของการทดลอง มีค่า 52.0°C

G คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง มีค่า 487.1 W/m^2

A_2 คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีรางพาราโบลิกโดยในที่นี้ท่อแก้วสุญญากาศจะเป็นตัวรับแสง โดยจะมีรางพาราโบลิกมาช่วยทำให้ท่อสุญญากาศสามารถเป็นพื้นที่รับแสงได้รอบทิศทาง

โดยหาได้จากสมการ

$$A_2 = 2\pi rl \quad (6)$$

โดยที่ r คือ รัศมีของท่อแก้วสุญญากาศมีค่า 0.29 เมตร

l คือ ความยาวของท่อแก้วสุญญากาศมีค่า 0.60 เมตร

แทนค่า

$$A_2 = 2\pi(0.29)(0.60) \quad (7)$$

$$A_2 = 1.09 \text{ ตารางเมตร} \quad (8)$$

โดยเมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแทนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\eta = \frac{1.02(159.4 - 52.0)}{1.09 \times 487.1} \times 100 \% \quad (9)$$

$$\eta = 20.63 \% \quad (10)$$

โดยตารางต่อไปนี้เป็นตารางเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณข้างต้น

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบต่างๆ ในขั้นตอนการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ชนิดของระบบทำความร้อน	แบบจำลองเตาอบ พลังงานแสงอาทิตย์	เตาอบพลังงาน แสงอาทิตย์ที่มีราง พาราโบลิก
อุณหภูมิเริ่มต้น T_0 (องศาเซลเซียส)	44.6	52
อุณหภูมิหลังทดลอง T_{60} (องศาเซลเซียส)	88.8	159.4
พื้นที่รับแสงอาทิตย์ A (ตารางเมตร)	0.546637	1.093274
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน η	17.02 %	20.63 %

4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในหมุมต่างๆ

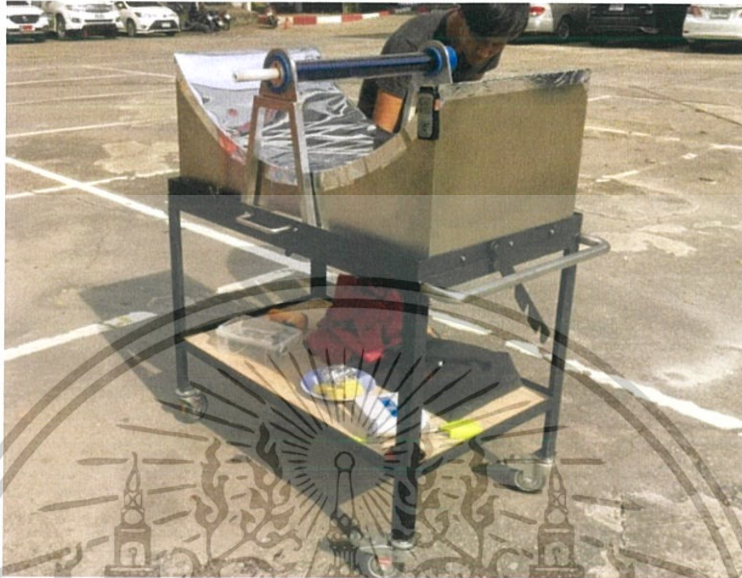
จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยการให้ความร้อนกับอาหารที่ได้วางไว้บนถาดใส่อาหารที่ถูกสอดไว้ในท่อปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศ ซึ่งการทดสอบระบบจะทำการปรับหมุมเอียง 0 องศา 15 องศา และ 30 องศา

4.5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่หมุม 0 องศา

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่หมุม 0 องศา ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.15 โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลต่างๆ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที ซึ่งผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้บันทึกประกอบด้วยค่าความเข้มแสงในแต่ละนาทีโดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสงยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และอุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

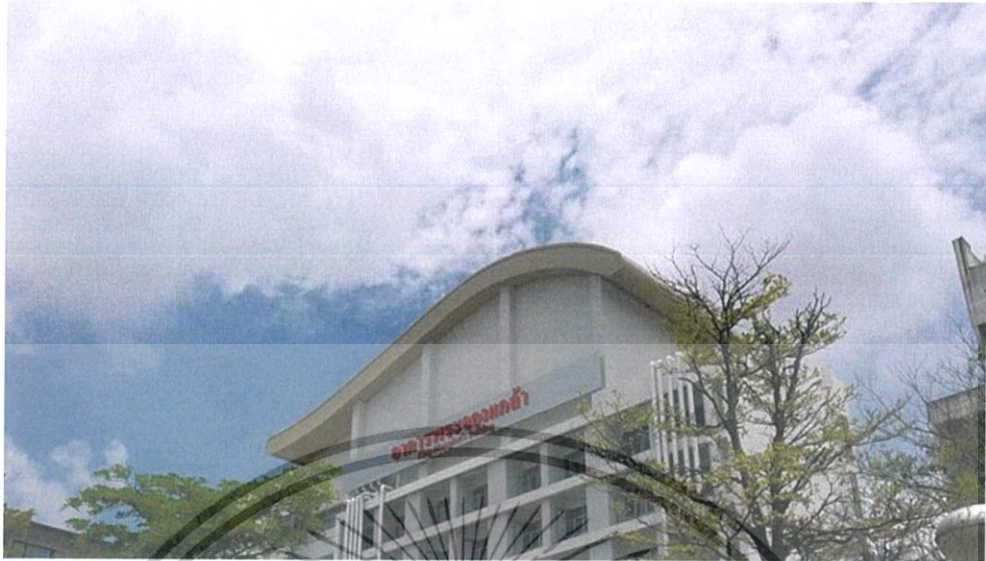


รูปที่ 4.15 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	7 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	11:30 – 12:30 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	500 – 1200 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 48.7 กรัม และมันฝรั่ง 50.5 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 26.5 กรัม และมันฝรั่ง 42.6 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	เมฆเยอะ/ฟ้าหลังฝน
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 28.7 °C และมันฝรั่ง 29.1 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 94.4 °C และมันฝรั่ง 81.2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ภาพของสภาอากาศวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.17 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

(ข) เนื้อหมู

(ค) มันฝรั่ง

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.18 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกระบบ พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 155°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ในนาที่ที่ 56 หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศก็จะลดต่ำลงเล็กน้อย รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 106°C ในนาที่ที่ 33 และจะคงที่ในหลังจากนั้น ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 33°C และรูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 พบว่าค่าความเข้มแสงตั้งแต่นาทีที่ 0 ถึง นาทีที่ 55 ค่าความเข้มแสงจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเข้มแสงสูงสุด 1164 W/m^2 ก่อนที่ค่าความเข้มแสงลดต่ำลงจนถึง 421 W/m^2 ซึ่งค่าความเข้มแสงที่จะไม่คงที่เนื่องจากกรที่เมฆเคลื่อนที่มาบังแสงอาทิตย์



(ก)

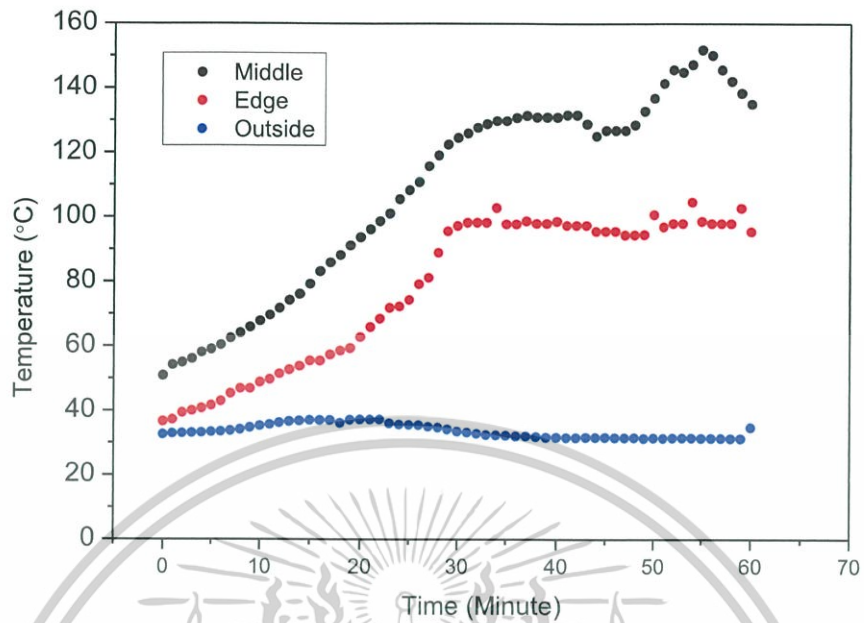
(ข)

รูปที่ 4.18 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

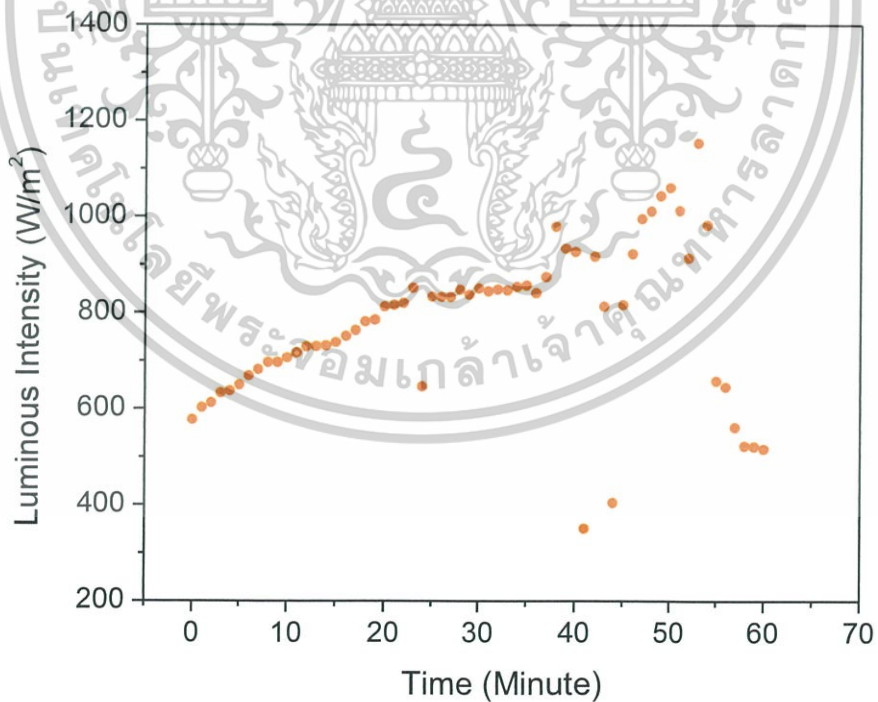
(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงาน

แสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

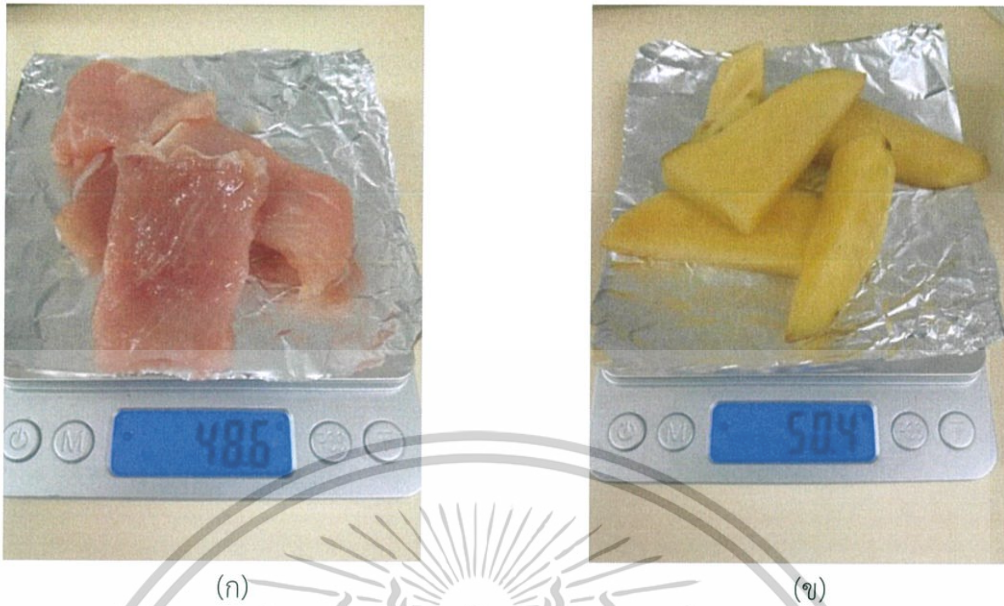
ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	7 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	13.10 – 14:10 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	150 – 1040 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 48.6 กรัม และมันฝรั่ง 50.4 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 31.0 กรัม และมันฝรั่ง 42.4 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	ฟ้าครึ้ม/ฝนตก
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 28.7 °C และมันฝรั่ง 29.1 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 94.4 °C และมันฝรั่ง 81.2 °C



รูปที่ 4.21 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

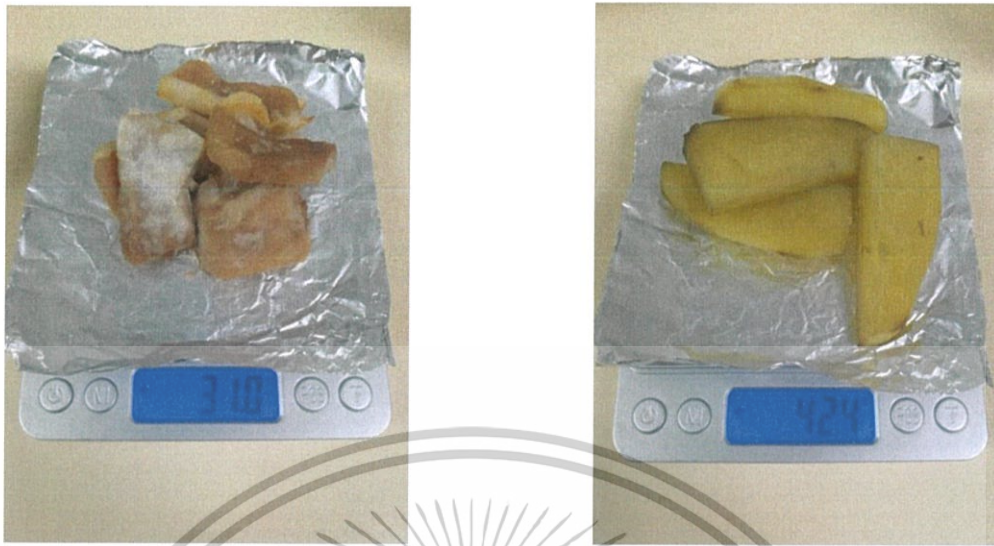
รูปที่ 4.22 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.23 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยรูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอก ระบบ พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 116°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ ในนาที่ที่ 30 หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในกึ่งกลางท่อ แก้วสุญญากาศก็จะเริ่มคงที่ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อนก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 106°C หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศก็จะเริ่มคงที่เช่นกัน ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 35°C และรูปที่ 4.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 พบว่าค่าความเข้มแสงจะค่อนข้างคงที่ โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 1298 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 728 W/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

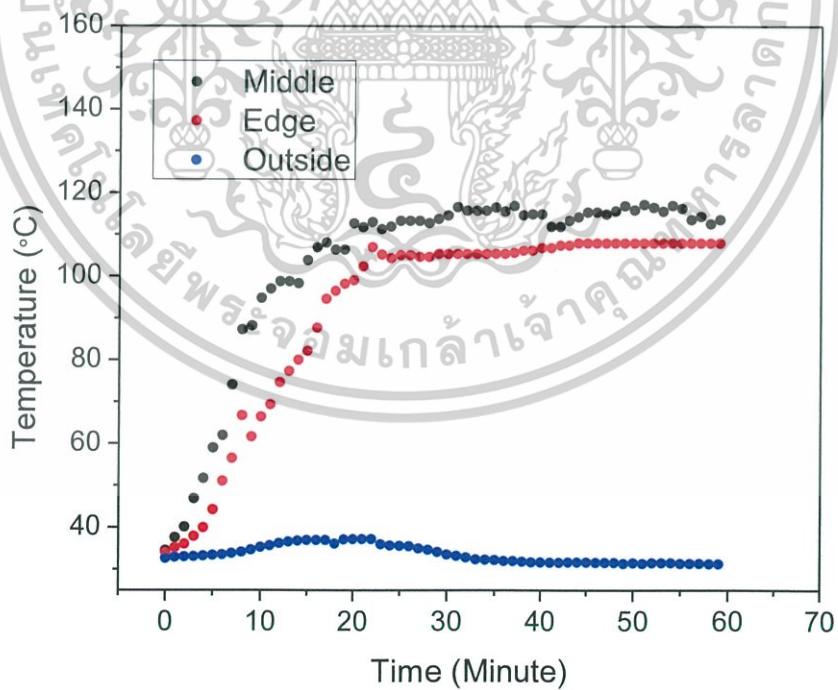


(ก)

(ข)

รูปที่ 4.23 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

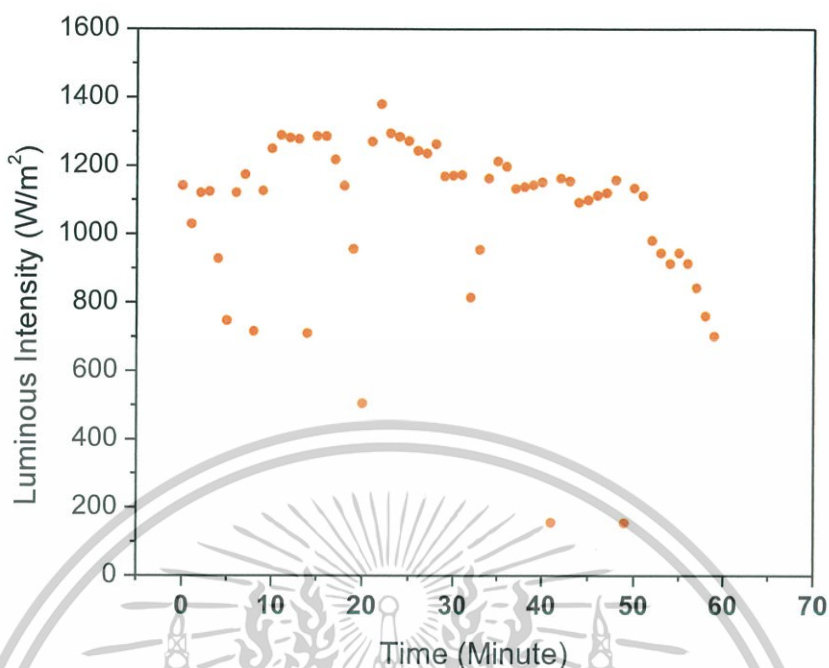
- (ก) เนื้อหมู
- (ข) มันฝรั่ง



รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสง

อาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	7 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	13:10 – 14:10 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	150 – 1000 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 48.4 กรัม และมันฝรั่ง 50.3 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 30.7 กรัม และมันฝรั่ง 42.3 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	ฟ้าครึ้ม/ฝนตก
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 28.7 °C และมันฝรั่ง 29.1 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 94.4 °C และมันฝรั่ง 81.2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 ภาพของสถาปัตยกรรมวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.27 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

(ก) เนื้อหมู

(ข) น้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.28 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยรูปที่ 4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอก ระบบ พบว่าในเวลาที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 83°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อนก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 78°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะ ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 36°C และรูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3 พบว่าค่าความเข้มแสงตั้งแต่วันที่ 0 ถึง นาฬิกาที่ 47 ค่าความเข้มแสงจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเข้มแสงสูงสุด 922 W/m^2 ก่อนที่ค่าความเข้มแสงลดต่ำลงจนถึง 570 W/m^2 ซึ่งค่าความเข้มแสงที่จะไม่คงที่เนื่องจากการที่เมฆเคลื่อนที่มาบังแสงอาทิตย์



(ก)

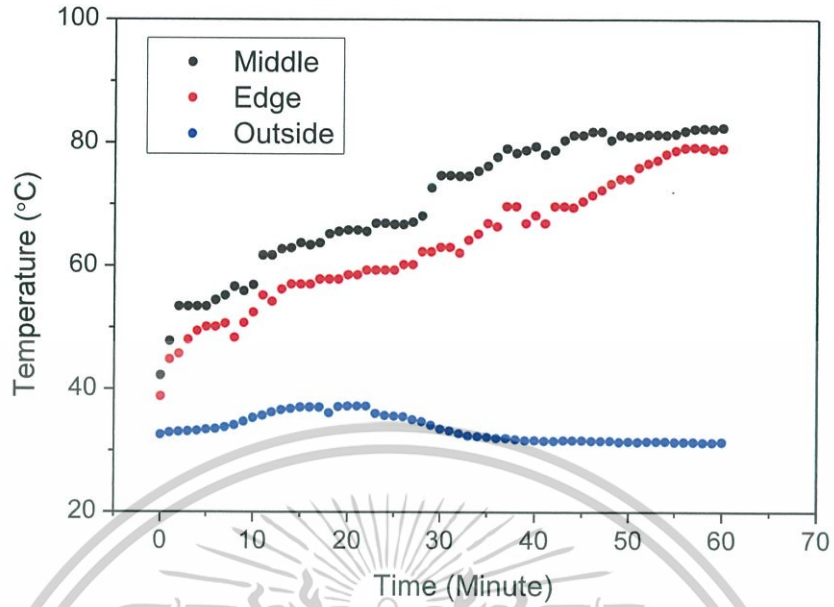
(ข)

รูปที่ 4.28 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

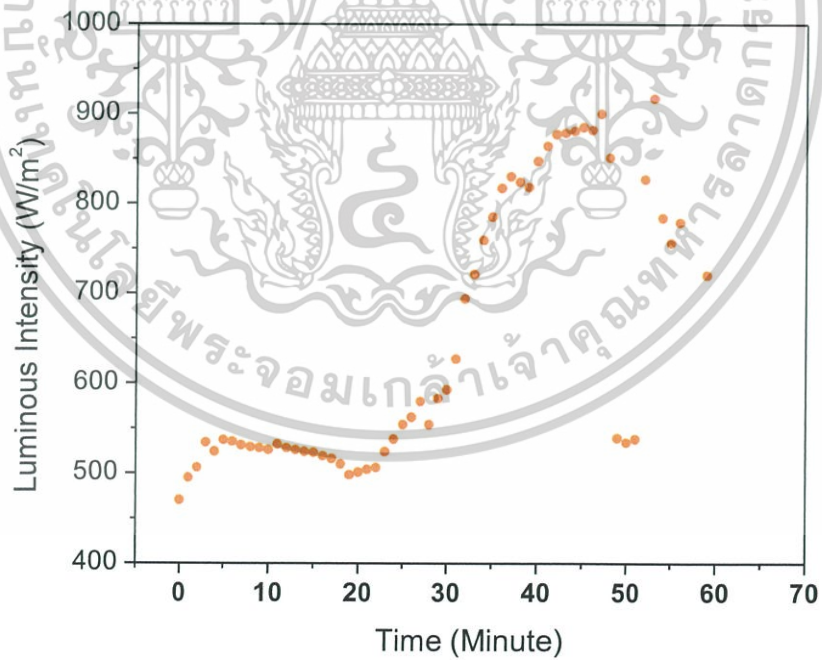
(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 0 องศา วันที่ 7 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลาเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุม 15 องศา

จากผลและการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลาเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุม 15 องศา ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.31 โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลต่างๆ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที ซึ่งผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้บันทึกประกอบด้วยค่าความเข้มแสงในแต่ละนาที่โดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสงยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และอุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U



รูปที่ 4.31 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

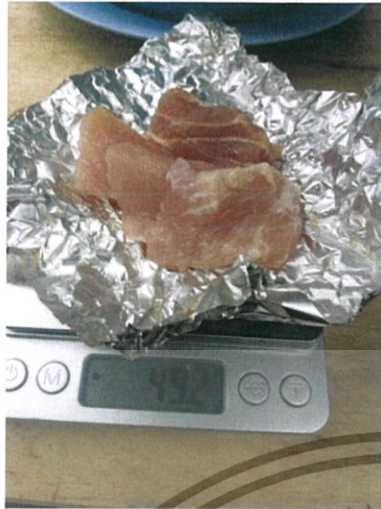
ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	8 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	11:10 – 12:10 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	370 - 760 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 49.2 กรัม และมันฝรั่ง 51.1 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 31.8 กรัม และมันฝรั่ง 48.9 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	15°
สภาพอากาศ	เมฆเยอะ/ฟ้าหลังฝน
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 25.3 °C และมันฝรั่ง 27.0 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 60.8 °C และมันฝรั่ง 70.6 °C



รูปที่ 4.32 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



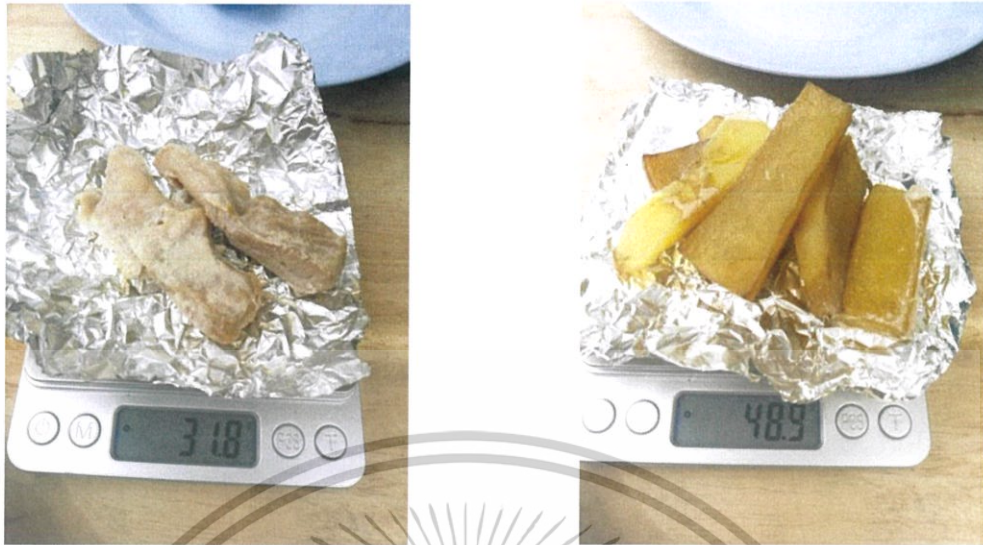
(ข)

รูปที่ 4.33 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.34 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยรูปที่ 4.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของท่อแก้วสุญญากาศของเตาอบแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกระบบ พบว่าในเวลาที่จะเพิ่มขึ้นอุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 122°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 107°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกระบบจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 35°C และรูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 พบว่าค่าความเข้มแสงตั้งแต่วันที่ 0 ถึง นาทีที่ 48 ค่าความเข้มแสงจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 751 W/m^2 แต่ในนาทีที่ 32 ถึง นาทีที่ 40 ค่าความเข้มแสงจะลดลงเหลือ 584 W/m^2 หลังจากนั้นนาทีที่ 49 ค่าความเข้มแสงลดต่ำลงเล็กน้อย ซึ่งค่าความเข้มแสงที่จะไม่คงที่เนื่องจากการที่เมฆเคลื่อนที่มาบังแสงอาทิตย์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



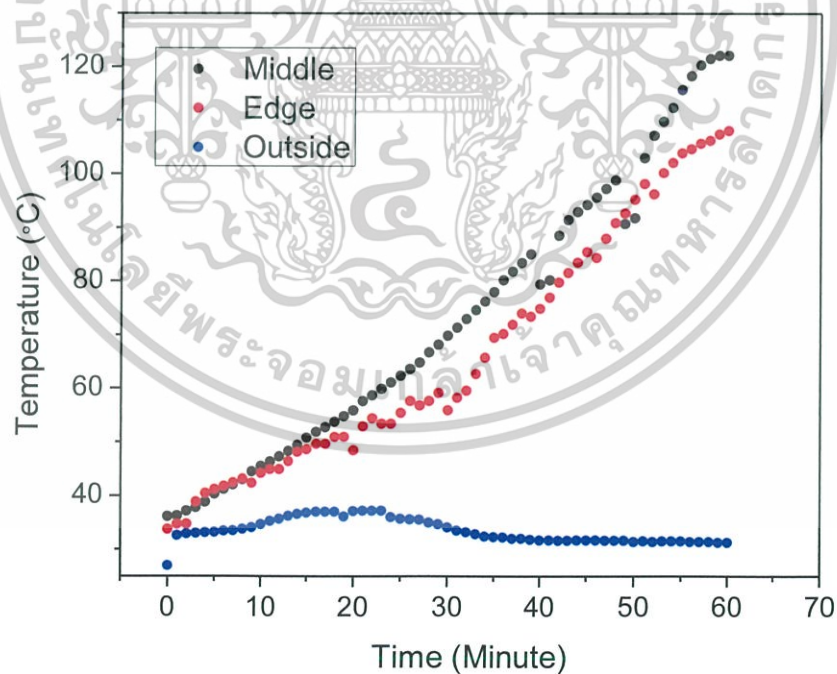
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.34 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

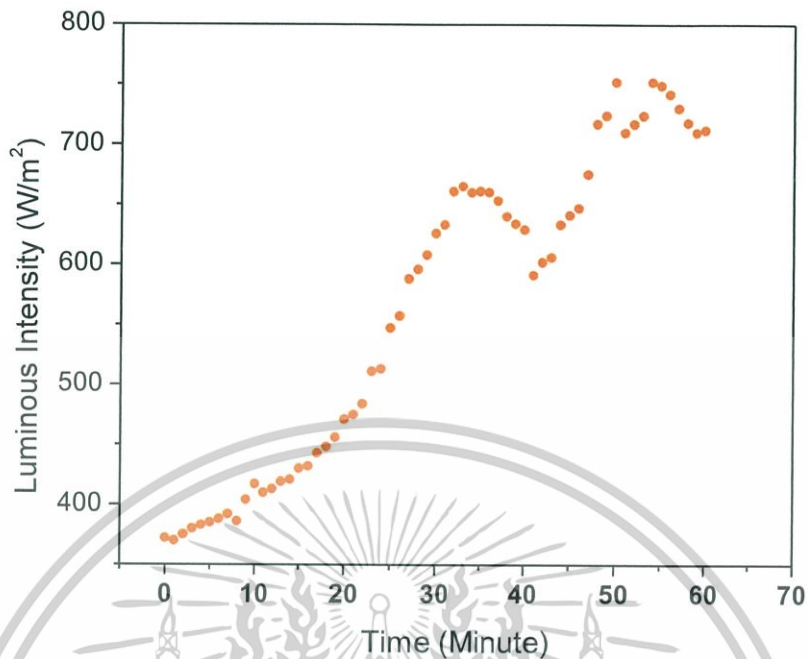
(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง



รูปที่ 4.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.9 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	8 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	12.20 – 13:20 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	700 – 1100 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารภรณ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 47.5 กรัม และมันฝรั่ง 50.5 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 24.6 กรัม และมันฝรั่ง 44.9 กรัม
แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	15°
สภาพอากาศ	ไม่มีเมฆ
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อ 30.7 °C และมันฝรั่ง 29.6 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 98.4 °C และมันฝรั่ง 83.1 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 ภาพของสภาพอากาศวันที่ วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.38 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.39 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยจากรูปที่ 4.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอก ระบบ พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 111°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ ในขณะที่ที่ 22 หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มคงที่ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เช่นเดียวกัน โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 102°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกระบบจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 37°C และรูปที่ 4.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 พบว่าค่าความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 1090 W/m^2 แต่หน้าที่ที่ 20 ถึง หน้าที่ 28 ค่าความเข้มแสงจะลดลงเหลือ 686 W/m^2



(ก)

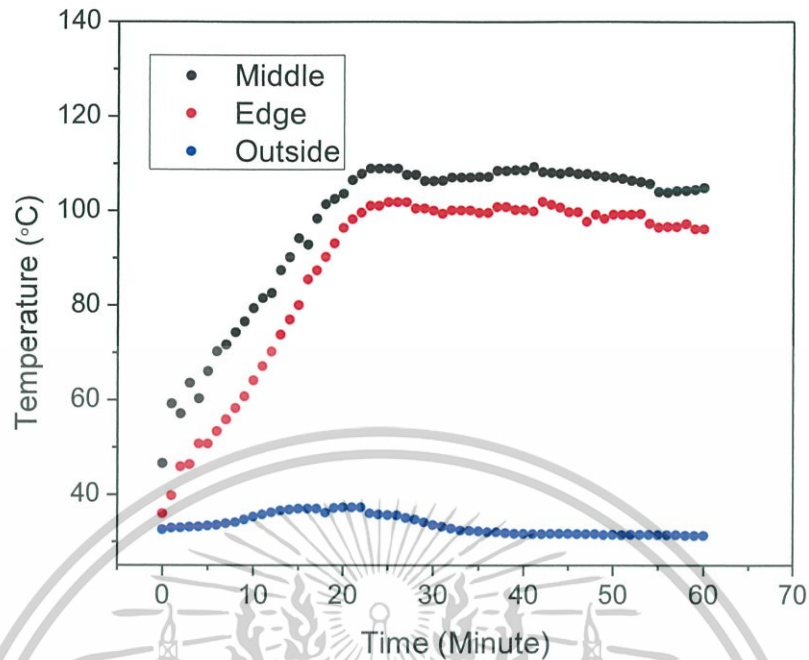
(ข)

รูปที่ 4.39 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

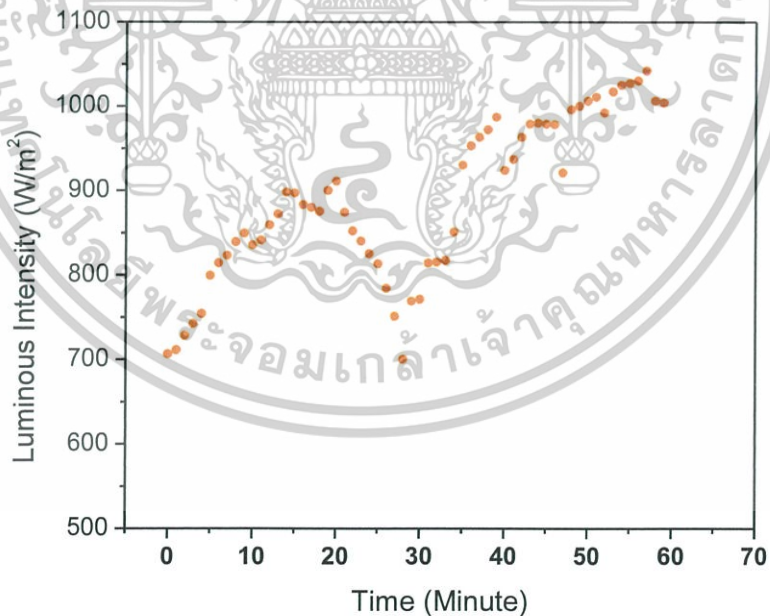
(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	8 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	13.30 – 14:30 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	550 – 1000 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารกรณ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 48.8 กรัม และมันฝรั่ง 50.6 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 39.6 กรัม และมันฝรั่ง 47.5 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	15°
สภาพอากาศ	ไม่มีเมฆ
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 29.9 °C และมันฝรั่ง 31.2 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 45.7 °C และมันฝรั่ง 54.9 °C



รูปที่ 4.42 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

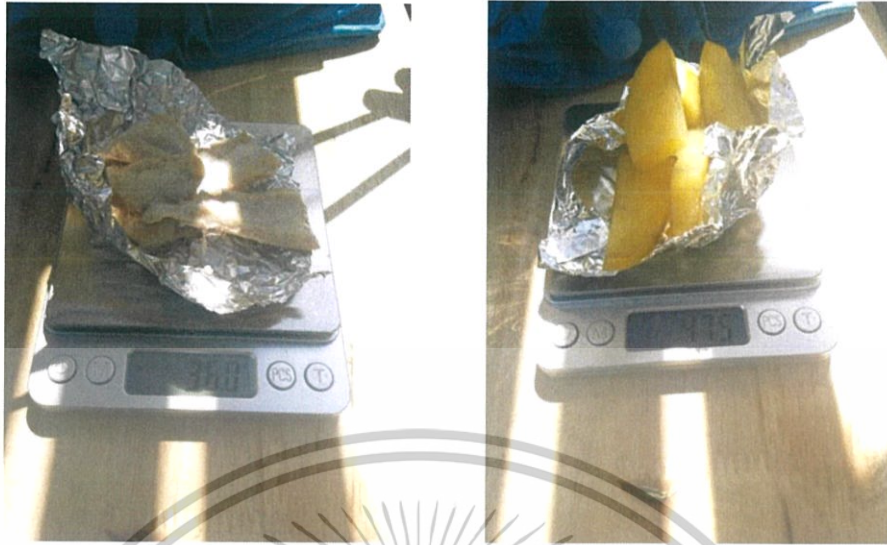
รูปที่ 4.43 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.44 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยจากรูปที่ 4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอก ระบบ พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 94°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน ก็เช่นเดียวกันโดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 81°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกระบบจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 36°C และรูปที่ 4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3 พบว่าค่าความเข้มแสงลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 982 W/m^2 ค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 723 W/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



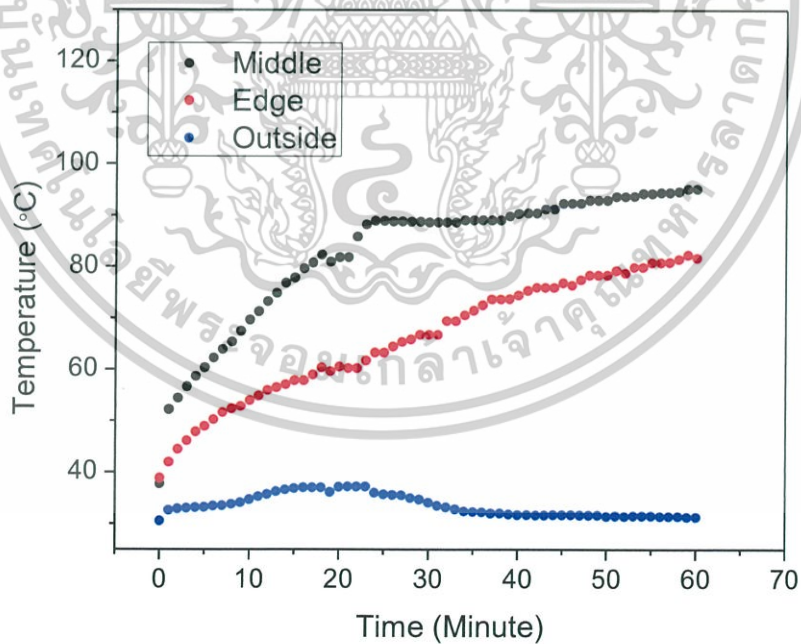
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.44 ภาพแสดงวัตถุบหลังการทดลอง วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

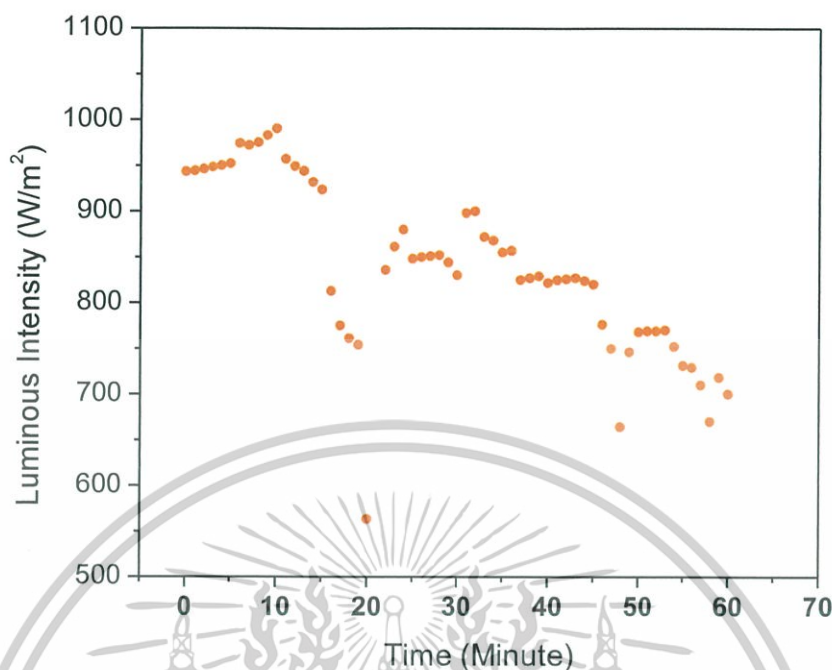
(ก) เนื้อหมู

(ข) น้ำมันฝรั่ง



รูปที่ 4.45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 15 องศา วันที่ 8 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

4.5.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุม 30 องศา

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศและรางพาราโบลิกเพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุม 30 องศา ดังที่แสดงในรูปที่ 4.47 โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลต่างๆ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที ซึ่งผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้บันทึก ประกอบด้วย ค่าความเข้มแสงในแต่ละนาที โดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสงยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และ อุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์มิสเตอร์แบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 แสดงการติดตั้งเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา

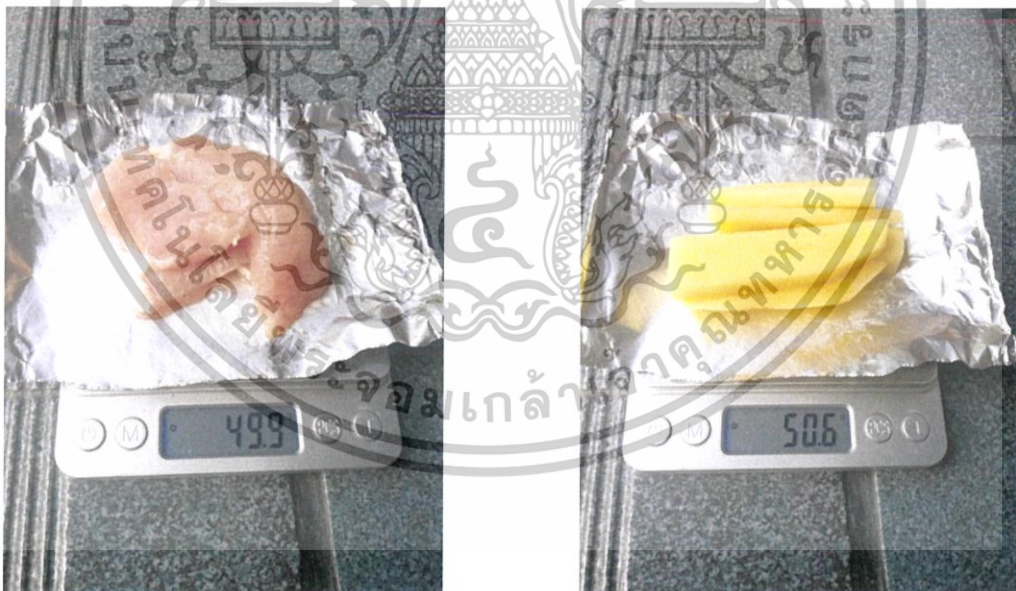
ตารางที่ 4.11 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	10 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	11:30 – 12:30 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	800 - 1100 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารภรณ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 49.9 กรัม และมันฝรั่ง 50.6 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 24.9 กรัม และมันฝรั่ง 43.6 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	30°
สภาพอากาศ	เมฆมาก
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 28.7 °C และมันฝรั่ง 27.8 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 59.4 °C และมันฝรั่ง 47.3 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.48. ภาพของสภาพอากาศวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.49 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.50 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยจากรูปที่ 4.51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกระบบ พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 96°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ ไปจนถึงนาที่ที่ 30 อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน ก็เช่นเดียวกันโดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 94°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 37°C และรูปที่ 4.52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 พบว่าค่าความเข้มแสงในนาที่ที่ 0 ถึง 16 ค่าความเข้มแสงจะเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 1030 W/m^2 หลังจากนั้นค่าความเข้มแสงจะลดลงอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นในบางครั้งเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเมฆ โดยค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 829 W/m^2



(ก)



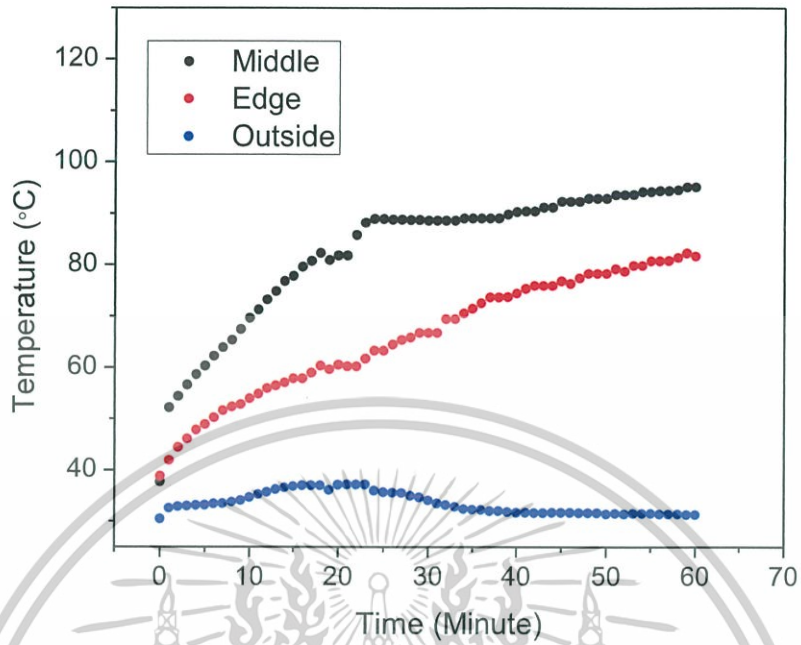
(ข)

รูปที่ 4.50 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

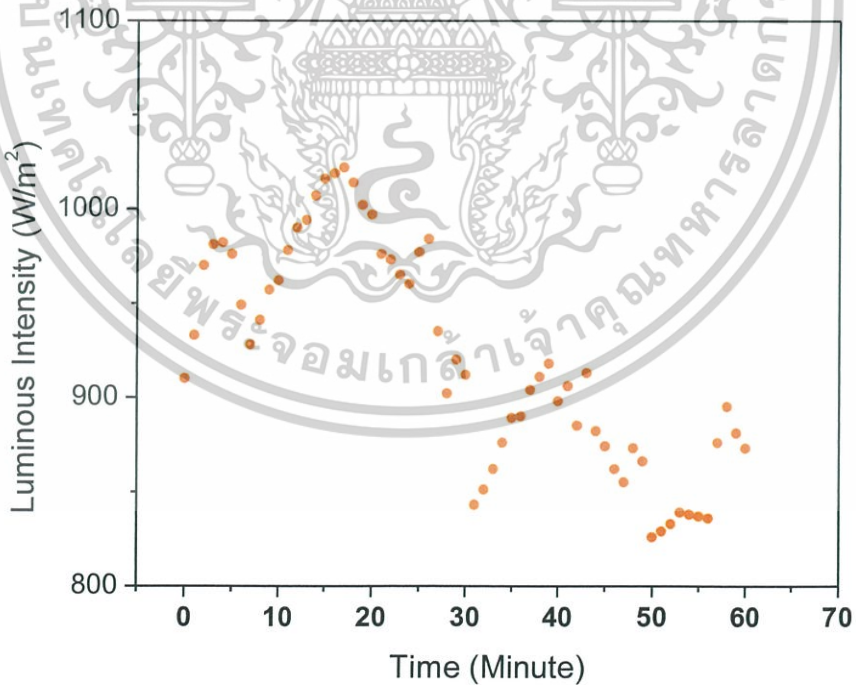
(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.51 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.52 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงาน

แสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

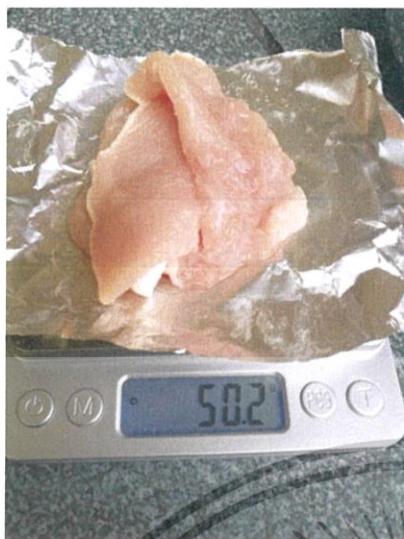
ตารางที่ 4.12 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	10 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	12:50 – 13:50 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	800 – 900 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารภรณ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 50.2 กรัม และมันฝรั่ง 50.4 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 32.1 กรัม และมันฝรั่ง 45.8 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	30°
สภาพอากาศ	ไม่มีเมฆ
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อ 31.8 °C และมันฝรั่ง 31.4 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 43.8 °C และมันฝรั่ง 40.5 °C



รูปที่ 4.53 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.54 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.55 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยจากรูปที่ 4.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกกระบอก พบว่าในเวลาที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 116°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน ก็เช่นเดียวกันโดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 97°C ก่อนที่อุณหภูมิจะเริ่มคงที่ในนาที่ที่ 41 เป็นต้นไป ส่วนอุณหภูมิภายนอกกระบอกจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 38°C และรูปที่ 4.57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 พบว่าค่าความเข้มแสงค่อนข้างคงที่ ซึ่งอาจจะมีเพิ่มลดบ้างสลับกันเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเมฆ โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 884 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 820 W/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



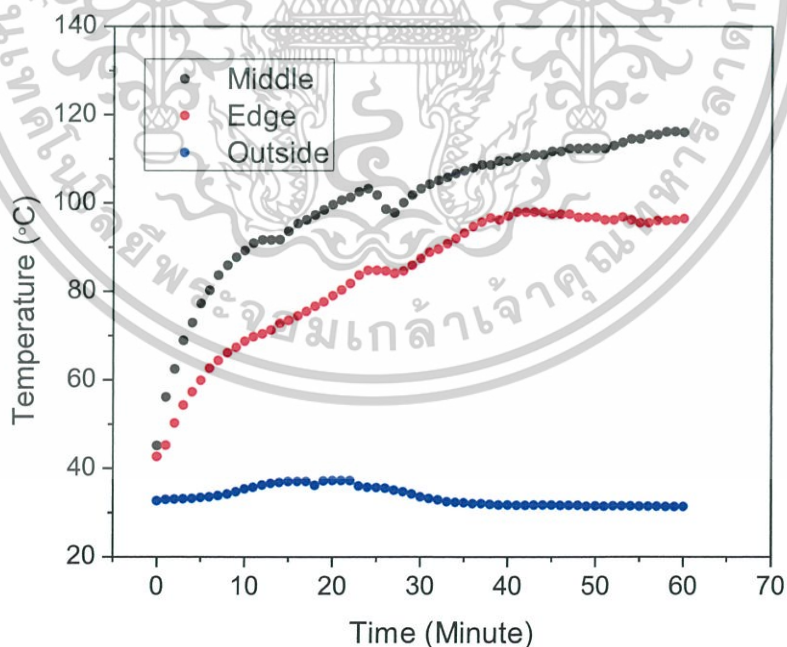
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.55 ภาพแสดงวัตถุบหลังการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

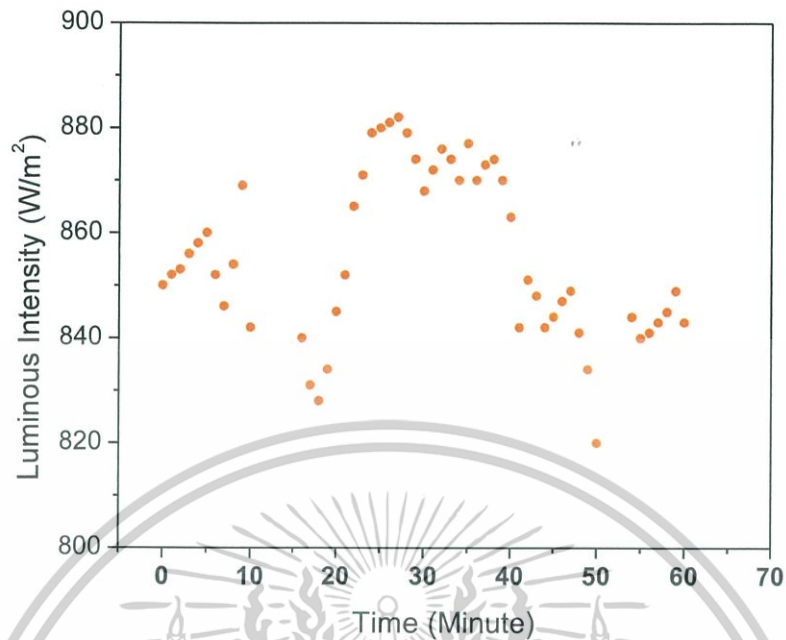


รูปที่ 4.56 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

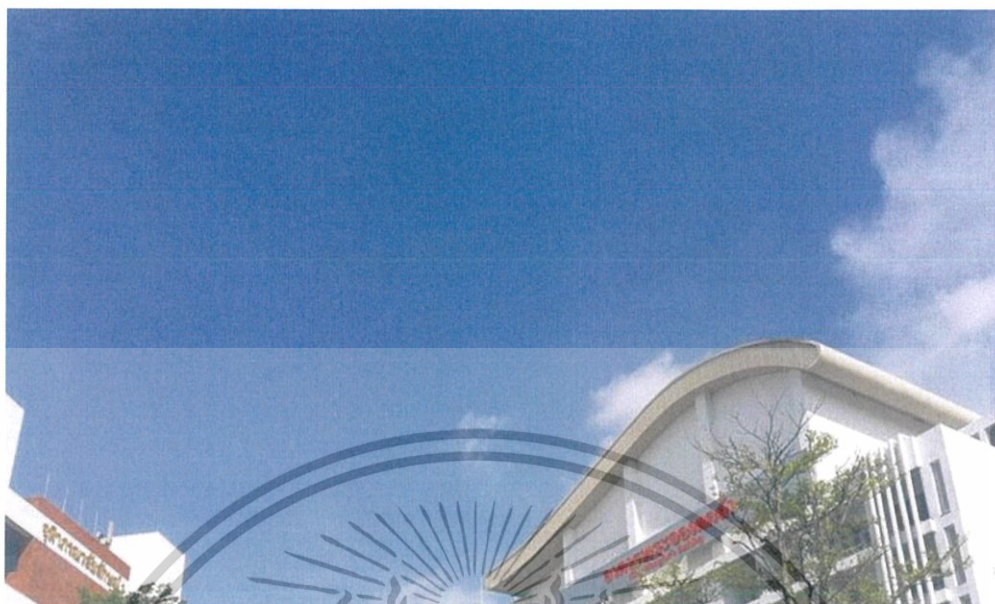


รูปที่ 4.57 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.13 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	10 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	14:10 – 15:10 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	60 นาที
ความเข้มแสง	600 – 850 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารภรณ์
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 49.3 กรัม และมันฝรั่ง 50.5 กรัม
ชนิดและน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 36.4 กรัม และมันฝรั่ง 48.0 กรัม
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	30°
สภาพอากาศ	ฟ้าครึ้ม/ฝนตก
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (ก่อน)	เนื้อหมู 31.3 °C และมันฝรั่ง 31.6 °C
อุณหภูมิของวัตถุดิบที่ใช้ทดลอง (หลัง)	เนื้อหมู 36.4 °C และมันฝรั่ง 41.8 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.58 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3



(ก)



(ข)

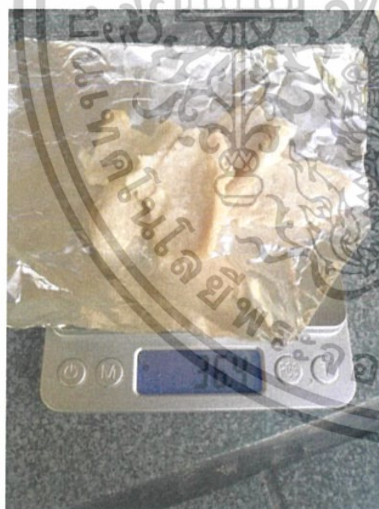
รูปที่ 4.59 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้ทดลองพบว่าวัตถุดิบที่ได้หลังจากการทดลองจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและน้ำหนักลดลง ดังที่แสดงในรูปที่ 4.60 จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ โดยจากรูปที่ 4.61 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกระบบ พบว่าในเวลาที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 82°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน ก็เช่นเดียวกัน แต่จะอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 80°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะเปลี่ยนแปลงมานัก โดยจะอยู่ในช่วง 35°C และรูปที่ 4.62 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3 พบว่าค่าความเข้มแสงจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 823 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 641 W/m^2



(ก)



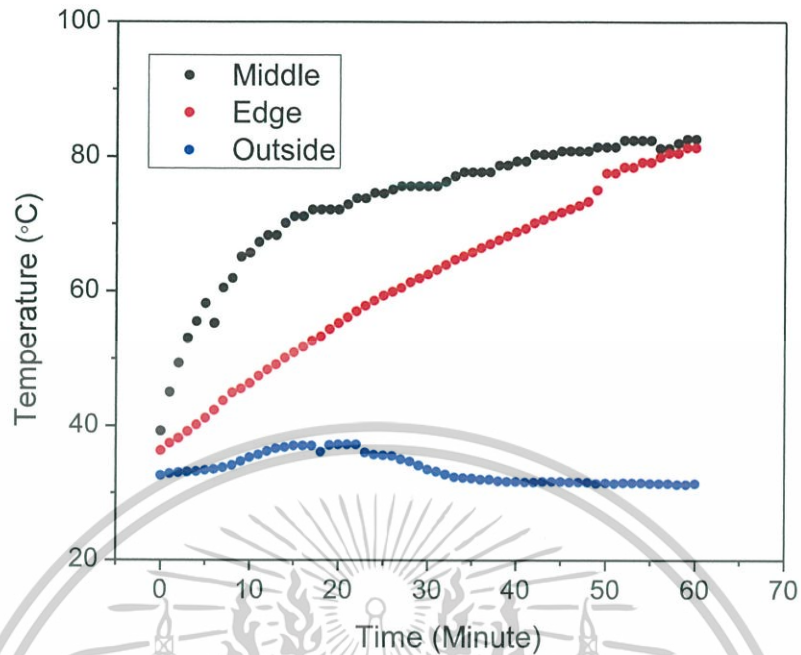
(ข)

รูปที่ 4.60 ภาพแสดงวัตถุดิบหลังการทดลอง 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

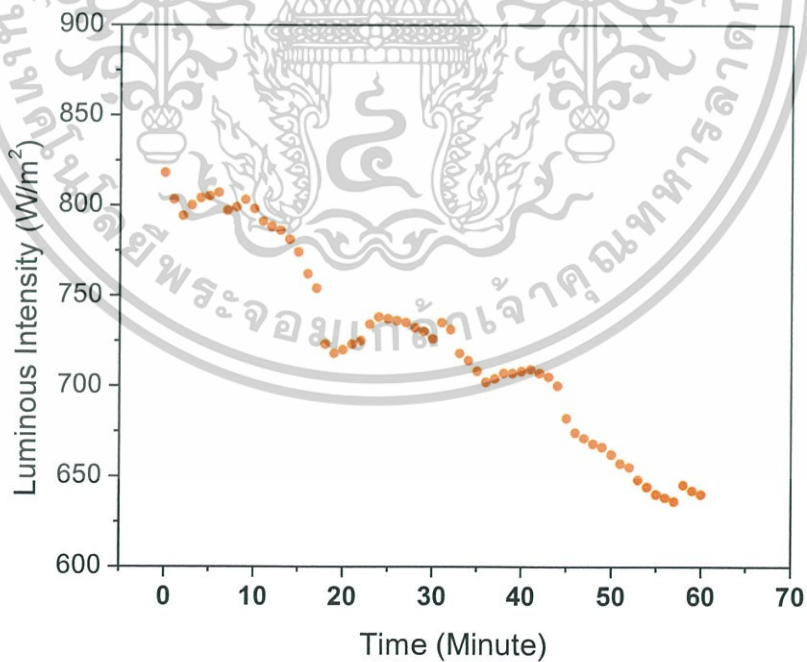
(ก) เนื้อหมู

(ข) มันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.61 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.62 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงาน

แสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนโดยปรับมุมเอียง 30 องศา วันที่ 10 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศแบบมีรางพาราโบลิกพบว่าสามารถทำความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 167.3 องศาเซลเซียส ซึ่งมากกว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุมต่างๆ โดยอุณหภูมิสูงสุดขณะที่ทำการทดลองให้ความร้อนกับอาหารมีค่า 151.8 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่อุณหภูมิของการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารที่มุมต่างๆ มีค่าน้อยกว่าเนื่องจากในขั้นตอนนี้ได้ใช้ภาตใส่อาหารซึ่งทำจากสแตนเลส ทำให้การสูญเสียความร้อนไปที่ภาตใส่อาหาร ทั้งนี้ภาตใส่อาหารยังมีรูขนาด 10 มิลลิเมตรอยู่บริเวณด้ามจับ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนซึ่งต่างจากการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศแบบมีรางพาราโบลิกที่ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ปิดด้านปลายเปิดของท่อสุญญากาศซึ่งเป็นระบบปิด และอีกหนึ่งปัจจัยคือตัววัสดุที่นำมาให้ความร้อนก็มีการดูดซับความร้อนเกิดขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนด้วยเช่นกัน

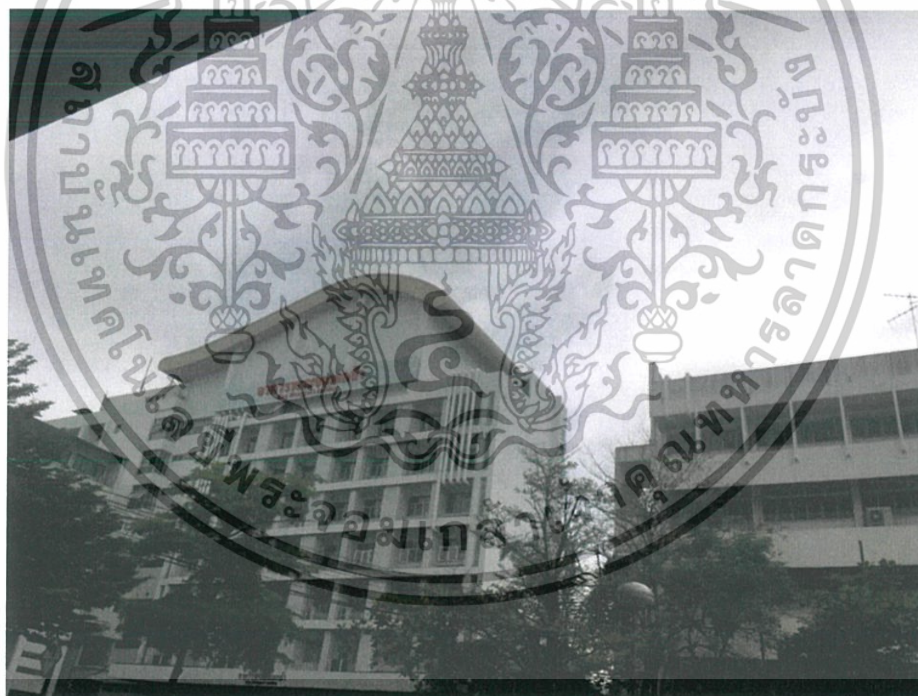
4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบโดยการให้ความร้อนกับอาหารที่ได้วางไว้บนภาตใส่อาหารที่ถูกสอดไว้ในท่อปลายเปิดของท่อแก้วสุญญากาศ ซึ่งการทดสอบระบบการทำความร้อนโดยการทำการทดลองในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด ซึ่งผลการทดลองที่ผู้วิจัยได้บันทึก ประกอบด้วย ค่าความเข้มแสงในแต่ละนาทีโดยใช้เครื่องวัดค่าความเข้มแสงยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750 อุณหภูมิภายในท่อแก้วสุญญากาศขณะทำความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger และอุณหภูมิภายนอกระบบโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูลยี่ห้อ Tenmars รุ่น TM305U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

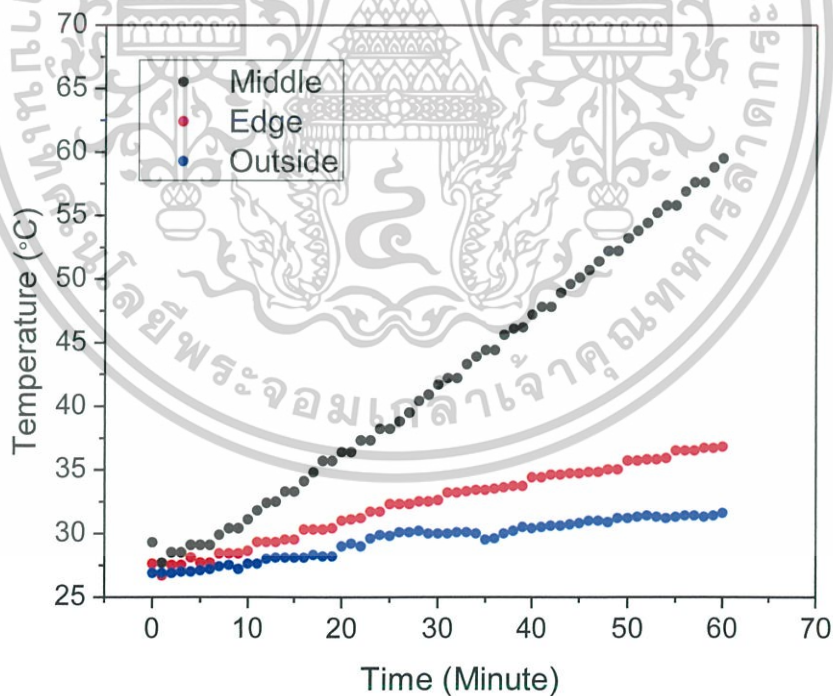
ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	6 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	12:00 – 13:00 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	1 ชั่วโมง
ความเข้มแสง	100 – 200 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารักษ์
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	ฟ้าครึ้ม/ฝนตก



รูปที่ 4.63 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

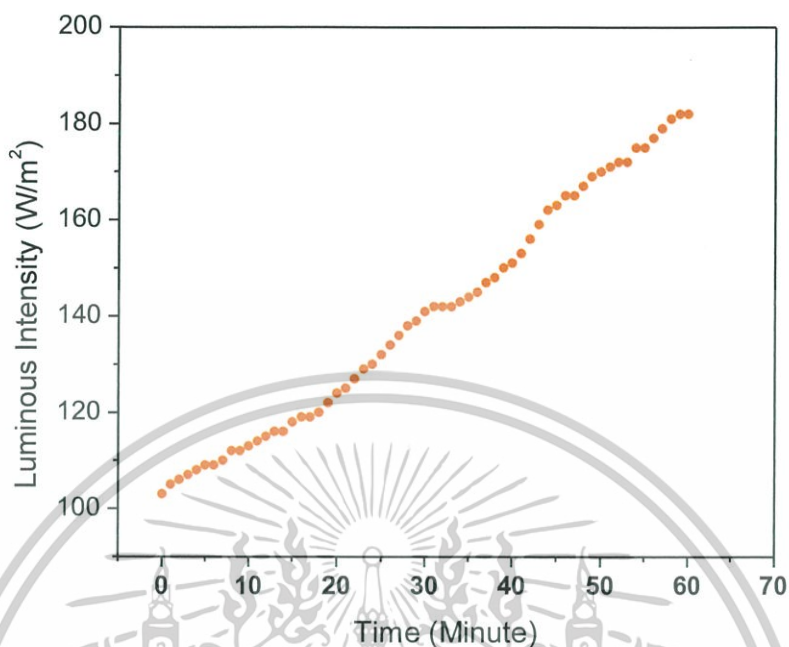
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.64 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกระบบ พบว่าในเวลาที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคงที่ โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 58°C ซึ่งสามารถทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 36°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกจะเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 27°C และรูปที่ 4.65 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1 พบว่าค่าความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคงที่ แต่มีค่าความเข้มแสงน้อยมาก โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 182 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 102 W/m^2



รูปที่ 4.64 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.65 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.15 แสดงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

ข้อมูลในการทดลอง	ผลที่ได้รับ
วันที่	6 พ.ค. 2561
ช่วงเวลาในการทดลอง	13:10 – 14:10 น.
ระยะเวลาในการทดลอง	1 ชั่วโมง
ความเข้มแสง	200 – 400 W/m ²
สถานที่	หน้าหอประชุมจุฬารภรณ์
ชนิดของวัสดุรวมแสง	แผ่นสติ๊กเกอร์สะท้อนรังสีความร้อน
มุมระหว่างฐานเครื่องกับพื้น	0°
สภาพอากาศ	ฟ้าครึ้ม/ฝนตก

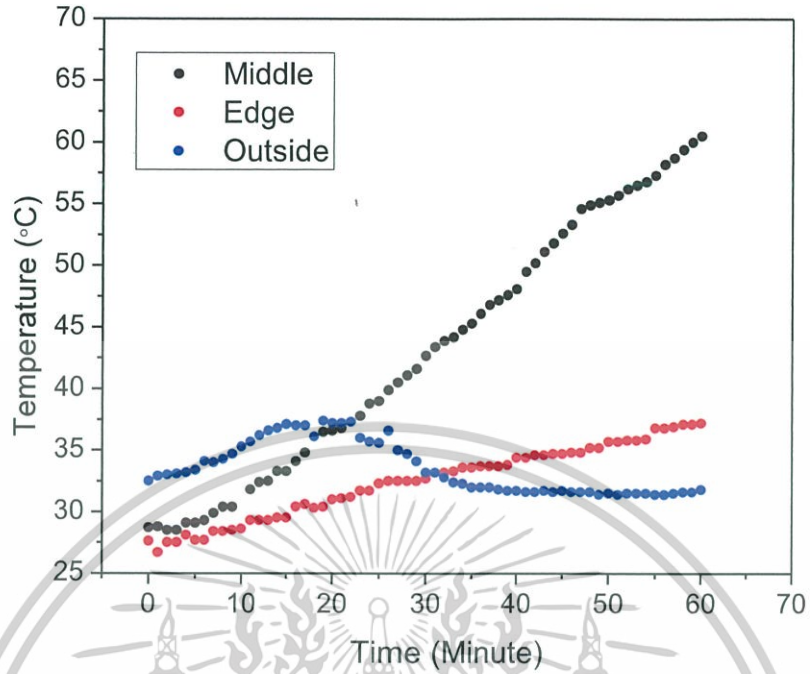
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



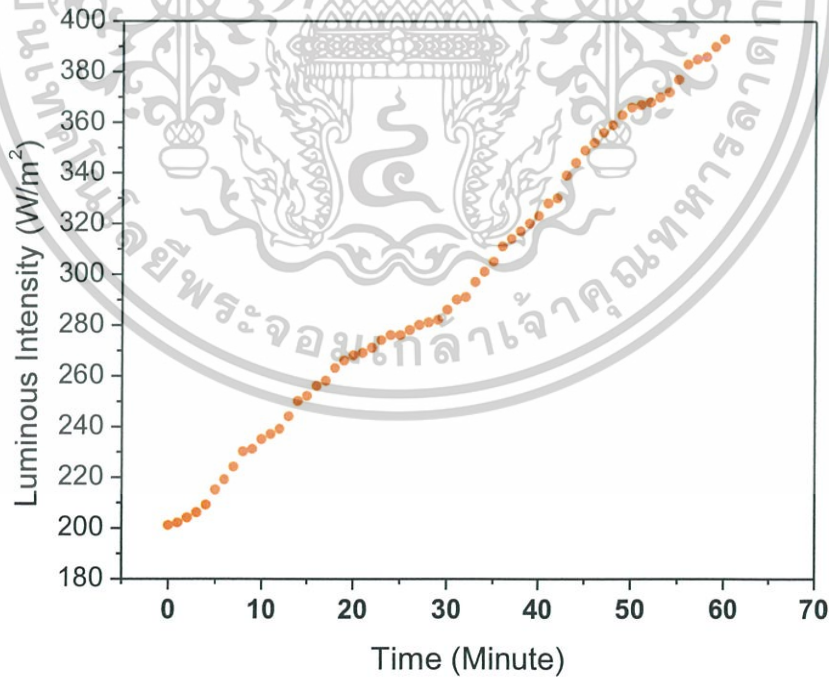
รูปที่ 4.66 ภาพของสภาพอากาศวันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.67 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 โดยเส้นสีดำคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในกึ่งกลางของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีแดงคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน เส้นสีน้ำเงินคือเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิภายนอกระบบ พบว่าในเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในกึ่งกลางเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคงที่ โดยเพิ่มขึ้นสูงสุด 62°C ซึ่งสามารถทำให้อาหารสุกได้ รวมไปถึงอุณหภูมิภายในปลายของปากของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ขณะให้ความร้อน โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุด 37°C ส่วนอุณหภูมิภายนอกระบบจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยจะอยู่ในช่วง 32°C และรูปที่ 4.68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2 พบว่าค่าความเข้มแสงจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและคงที่ แต่มีค่าความเข้มแสงน้อยมาก โดยค่าความเข้มแสงสูงสุดมีค่า 201 W/m^2 และค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 394 W/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.67 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่ใช่แสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.68 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเข้มแสงขณะทำความร้อนของเตาอบพลังงาน

แสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนช่วงเวลาที่ไม่ใช่แสงแดด วันที่ 6 พ.ค. 2561 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้ในการให้ความร้อนกับอาหาร ในส่วนของการออกแบบสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ได้แก่ ภาตใส่อาหารที่ถูกใส่เข้าไปเพื่อนำไปให้ความร้อนภายในท่อแก้วสุญญากาศ รังพาราโบลิคที่ได้ ออกแบบขนาดและความโค้งจากทฤษฎีพาราโบล่า แทนวางท่อแก้วสุญญากาศสำหรับวางท่อแก้วสุญญากาศเพื่อทำความร้อนและประกอบเข้ากับรังพาราโบลิค ฐานวางรังพาราโบลิคที่ทำหน้าที่วางอุปกรณ์ทั้งหมดที่อยู่บนรังพาราโบลิค แกนปรับมุมเอียงเพื่อใช้ในการปรับมุมเอียงในขณะที่ทำความร้อน แทนวางอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นเหมือนโต๊ะซึ่งทำให้วางอุปกรณ์ทั้งหมดให้มีความสูงที่เหมาะสมก่อนที่จะนำล้อเลื่อนมาติดไว้ที่ขาของแทนวางอุปกรณ์เพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้สะดวกขึ้น และแผ่นไม้วางวัสดุที่จะถูกวางไว้ภายในแทนวางสำหรับบรรจุวัสดุต่างๆ ในส่วนของอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้จัดซื้อได้แก่ ท่อแก้วสุญญากาศซึ่งมีหน้าที่ให้ความร้อนกับอาหารซึ่งจะถูกสอดเข้าไปในช่องว่างของชั้นวางที่แก้ว แผ่นสติกเกอร์สะท้อนรังสีความร้อนซึ่งมีหน้าที่เป็นอุปกรณ์สะท้อนรังสีความร้อนโดยจะนำไปติดไว้บนรังพาราโบลิค ล้อเลื่อนยี่ห้อ White Horse Super Wheel รุ่น SE Series จำนวน 4 ล้อ ที่จะถูกนำมาติดกับขาของแทนวางอุปกรณ์ โดยผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ข้างต้นทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

จากนั้นผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนในกรณีต่างๆ โดยแบ่งเป็น 4 กรณี ได้แก่ การทดสอบประสิทธิภาพในการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศ พบว่าในเวลา 60 นาทีท่อแก้วสุญญากาศเมื่อดูดซับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์จะสามารถทำความร้อนได้ทันทีและสามารถทำให้อาหารสุกได้ ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทำได้มีค่า 106.1 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเปรียบเทียบกับท่อแก้วสุญญากาศที่มีรังพาราโบลิคมาช่วยในการรวมแสง พบว่ารังพาราโบลิคจะช่วยให้อุณหภูมิในการทำ ความร้อนมีค่าสูงขึ้นซึ่งหมายความว่าอาหารที่ถูกนำไปให้ความร้อนก็จะสุกเร็วขึ้นด้วย ซึ่งอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทำได้มีค่า 167.3 องศาเซลเซียส เมื่อนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมาหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนทำให้รู้ว่าเมื่อนำรังพาราโบลิคมาช่วยในการรวมแสงอาทิตย์และสะท้อนรังสีความร้อนทำให้พื้นที่ให้การดูดซับความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่า 20.63% ต่างจากการไม่ใช้รังพาราโบลิค จะทำให้ท่อแก้วสุญญากาศได้รับรังสีความร้อนเพียงด้านเดียวซึ่งมีค่า 17.02% เมื่อทราบว่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รางพาราโบลิกมีส่วนช่วยให้การทำความร้อนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้ความร้อนกับอาหารในมุมต่างๆ ซึ่งได้แก่มุม 0 องศา, 15 องศา และ 30 องศา โดยมีวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งคือเนื้อหมูมวล 50 กรัม และมันฝรั่งมวล 50 กรัม พบว่าในแต่ละมุมเอียงสามารถทำให้อาหารสุกได้ทั้งหมด โดยในขั้นตอนนี้จะให้ความร้อนอุณหภูมิสูงสุด 151.8 องศาเซลเซียสซึ่งน้อยกว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของท่อแก้วสุญญากาศแบบมีรางพาราโบลิกพบว่าสามารถทำความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 167.3 องศาเซลเซียส เนื่องจากความร้อนสูญเสียทางรั่วที่เจาะไว้กับภาตใส่อาหารและการดูดกลืนความร้อนจากภาตใส่อาหารเอง ทั้งนี้ความร้อนก็สูญเสียไปกับการดูดซับความร้อนของวัตถุดิบด้วย การปรับมุมเอียงนั้นเพียงแค่เป็นตัวช่วยอำนวยความสะดวกในการรับแสงอาทิตย์เท่านั้น โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำความร้อนได้สูงและทำให้อาหารสุกเร็วขึ้นคือรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งดูได้จากค่าความเข้มแสงที่วัดได้ พบว่าหากความเข้มแสงอาทิตย์มีค่ามากเท่าไร ระบบจะยิ่งทำความร้อนได้เร็วขึ้นละอุณหภูมิสูงขึ้น และการทดสอบประสิทธิภาพของการทำความร้อนของเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลาที่ไม่ใช่แสงแดด พบว่าเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ยังสามารถทำความร้อนได้และสามารถทำให้อาหารสุกได้ถึงแม้จะใช้เวลามากกว่าเวลาที่มีแสงแดด โดยปัจจัยหลักที่ทำให้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ยังทำความร้อนได้และทำให้อาหารสุกมาจากรางพาราโบลิกซึ่งช่วยสะท้อนรังสีความร้อน ทำให้ท่อแก้วสุญญากาศทำความร้อนได้ดีขึ้นแม้จะไม่มีแสงแดด

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ผู้วิจัยควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของวัสดุที่นำมาใช้รวมแสงบนรางพาราโบลิก เพื่อที่จะสามารถนำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานได้ดีมากขึ้นไปอีก
- 2) ผู้วิจัยควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของวัสดุที่นำมาใช้สะสมความร้อนนอกเหนือไปจากท่อแก้วสุญญากาศ เพื่อที่จะสามารถนำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ทำงานได้ดีมากขึ้นไปอีก
- 3) ผู้วิจัยควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของกาเป่าแก้ว และการทอเส้นใยนาโนคาร์บอน เพื่อที่จะสามารถกำหนดขนาดของท่อแก้วสุญญากาศได้อย่างเหมาะสม
- 4) ผู้วิจัยควรเพิ่มระบบเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สำหรับใช้งานท่อพลังงานแสงอาทิตย์ขณะที่ไม่มีแสงแดดหรือต้องการความรวดเร็วในการทำความร้อน
- 5) ผู้วิจัยควรทำการทดลองในเงื่อนไขที่ความเข้มแสงคงที่เพื่อทราบถึงองศาการรับรังสีความร้อนที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนไปของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ควรใช้เทอร์โมคัปเปิลที่มีลักษณะเป็นโพรบ (Probe) แบบสายเพื่อให้อาจกำหนดระยะที่สอดเข้าไปได้อย่างถูกต้องในการทดลองทุกครั้งและใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมคัปเปิลให้มีขนาดเท่ากับรูของถาดอาหารที่เจาะไว้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ออกท่อบุญญาภาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 1 เมษายน พ.ศ.2557. **พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ** . [Online]. Available : <http://www.kingtech.co.th/News/พลังงานแสงอาทิตย์>
- [2] มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. 2550. **บทที่ 5 พลังงานแสงอาทิตย์** [Online]. Available : www.rmutphysics.com/charud/PDF-learning/5/energy/5.pdf
- [3] Khan Academy, 2561. **Light: Electromagnetic waves, the electromagnetic spectrum and photons.** [Online]. Available : <https://www.khanacademy.org/science/Physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>
- [4] Jordan Hanania, Kailyn Stenhouse, Brodie Yyelland, Jason Donev. 2558. **Solar Collector.** [Online]. Available : http://energyeducation.ca/encyclopedia/Solar_collector
- [5] จินตน์กานต์ งามสุทธ. 2559. **ระบบหยดน้ำพลังงานแสงอาทิตย์.** [Online]. Available : http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n19/v_2-mar/rai.html
- [6] อรรวรรณ สัมฤทธิ์เดชขจร. 2553. **เชื้อเพลิงจากสาหร่าย.** [Online]. Available : https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/253_29-35.pdf
- [7] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 14 มิถุนายน 2555. **เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์.** [Online]. Available : http://www3.egat.co.th/re/egat_business/egat_heater/Heater_price.htm
- [8] รศ.ดร.ประกอบ สุรวฒนาวรรณ, ธีภัทร หลิมบุญเรือง. 2554. **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา.** คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [9] Science Learning Hub. (2 มิถุนายน 2555). **Reflection of light.** [Online]. Available : <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/48-reflection-of-light>
- [10] the Physics Classroom. 2551. **Methods of heat transfer.** [Online]. Available : <http://www.physicsclassroom.com/class/thermalP/Lesson-1/Methods-of-heat-Transfer>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [11] สรวิศ สอนสารี, วิสุทธิ์ แซ่มสะอาด, สุขฤดี สุขใจ, ไพฑูรย์ เหล่าดี, ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงศ์. 2557. การพัฒนารังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 19(2) : 105-121
- [12] ธนชัย แจงเจริญ. 2559 “การออกแบบและพัฒนาระบบการสร้างเส้นใยขนาดเล็กด้วยกระบวนการทางไฟฟ้าสถิตที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมของฐานวางระบบได้เพื่อสรรคสร้างเส้นใยขนาดเล็กในระดับนาโน”. ปรินญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.14-16
- [13] Maxime Mussard, Alexandre Gueno, Ole, Jørgen Nydal. 2556. Experimental study of solar cooking using heat storage in comparison with direct heating. Elsevier Ltd. 98(C): 375-383
- [14] Qinghe Yu, Jing Mi, Yufan Lang, Miao Du, Shijie Li, Hailing Yang ,Lei Hao ,Xiaopeng Liu, Lijun Jiang. 2556. Thermal properties of high temperature vacuum receivers used for parabolic trough solar thermal power system. Elsevier Ltd. 27(4): 410-415
- [15] ดร.กัจปัญญา สุวรรณสุขโข. 2559. การศึกษาตัวรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลา. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ของเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด ยี่ห้อ Vector รุ่น 303B



Item photos

MANUAL DOWNLOAD

CE DOWNLOAD

Specification	Vector 303B (New)
Temperature range	-20 ~ 650°C (-4 ~ 1022°F)
Accuracy	±2.0°C or ±2% (or ±3.0°C at 0°C-25°C), whichever is bigger
Ambient temperature	10°C ~ 30°C
Storage temperature	-10°C ~ 40°C
Distance Spot Ratio	12:1
Emissivity	0.1 ~ 1.00 adjustable
Resolution	0.1°C/0.1°F
Wavelength	≤0.5s
°C/°F Selection	✓
Data Hold function	✓
Laser Target Pointer ON/OFF selection	✓
Backlight ON/OFF selection	✓
Auto Power Shut Off in 60 seconds without any operation	✓
Power supply	9V battery
Weight	125g (Including battery)
Dimension	97mm×43mm×160mm (L×W×H)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ของเทอร์โมคัปเปิลแบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ AZ Instrument รุ่น 88598 4ch K SD Logger



Datalogger, also been called as **Data Recorder** or **Temperature Recorder**, it's the device that can measure and record the **Temperature** value, which had been widely used in a variety applications that related to Temperature Monitoring.

AZ88598 4 channel K thermometer SD card data logger was being *designed* and *manufactured* by *AZ Instrument*, a well experienced manufacturer for *Environmental Measuring Instrument*.

AZ88598 4 channel K thermometer SD card data logger features:

- * Super big LCD portable / wall-mount SD card logger
- * 4 channel k type thermocouple to use at once
- * Unlimited manual memories and unlimited auto-logging memories in SD card
- * Hold function, Max/Min, offset, Low battery indicator
- * Beeper and LED alarm are both available
- * One button press to display T1-T2
- * Programmable temperature High/Low alarm limit
- * Over-range indication with error messages
- * Blue-backlight function works in dark area
- * 20 mins auto power off to save power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ของเทอร์โมมิเตอร์แบบเก็บข้อมูล ยี่ห้อ Tenmars รุ่น

TM305U



Model No. : TM-305U

Product Description

- Measure humidity and temperature(°F/°C).
- Datalogging- 50,000 records.
- Fast USB download .
- Easy- to-Use PC software for parameter settings and data analysis.
- Internal Humidity Temperature alarm.

Q'ty : 1

[Inquiry](#)

Application

Specification

General

Operation Condition	-40-185°F(-40-85°C)
	1-99% RH, non-condensing

Relative Humidity Sensor

Type	Capacitor
Measurement Range	1%-99%
Accuracy	±3.0%RH(20~80%) ±5.0%RH(80%)
Resolution	0.1%

Temperature Sensor


Type	Thermistor
Measurement Range	-40-185°F(-40-85°C)
Accuracy	±0.6°C(±1.2°F)from -20-50°C(-4 to 122°F) ±1.0°C(±1.8°F) all other ranges.
Resolution	0.1°C

- Display: 3 digits LCD.
- LED status: red LED of Alarm, green LED of Record.
- Sampling rate: 1 time/3 seconds.
- Battery : One 3.6V 1/2 AA lithium battery
- Battery Lift: 1 year.
- External Power Supply: 5 VDC with 0.5A.
- Operating temperature and humidity : -40 to 85°C(-40~185°F);1-95%RH, non-condensing.
- Instrument Dimensions: 83(L)*60(W)*24(H) mm.
- Weight: About 77g.
- Datalogger Memory:50,000 records

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆ ของเครื่องวัดค่าความเข้มแสง ยี่ห้อ tenmars รุ่น tm-750



Model No.: : TM-750

Product Description

- 3½ digits LCD display with maximum reading of 3999.
- Measuring the Solar radiation emitted by the sun.
- Display units: W/m2 (Watts per square meter) or BTU.
- Data Hold/ MAX/MIN functions.

Qty: [Inquiry](#)

Enlargement

Application	Specification
Range	2000W/m2, 6345fu/(ft ² h)
Resolution	1W/m2, 1Btu/(ft ² h)
Accuracy	typically within ±10W/m2[±3 Btu / (ft ² h)] or ±5% , whichever is greater in sunlight. Additional temperature induced error 0.38W/m2 / °C [±/ 0.12 Btu / (ft ² h) / °C] from 25°C
Angular accuracy	Cosine corrected °C
Sampling Time	Approx. 0.25 second
Weight	Approx. 80g
Dimension	108(L) x 48(W) x 23(H)mm
Power	2 batteries 1.5V AAA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ภาพแสดงการนำเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ในการให้ความร้อนกับอาหาร นอกเหนือจากการทดลอง



ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนนำไปให้ความร้อนโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพแสดงวัตถุดิบหลังนำไปให้ความร้อนโดยใช้เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ประวัติของผู้วิจัย



ชื่อ - สกุล : นางสาวเบญจวรรณ ปิยะโยธิน

วัน/เดือน/ปีเกิด : 12 ตุลาคม พ.ศ. 2538

สถานที่อยู่ปัจจุบัน : มีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์

ปริญญาตรี (ปัจจุบัน) : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ในปัจจุบันมีความสนใจอย่างมากในด้านพลังงานทางเลือก

ประสบการณ์ :

ผ่านการฝึกงานที่ Prof.T.Yoshitake Laboratory, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์เพื่ออิเล็กทรอนิกส์ และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยคิซุ วิทยาเขตจิกุชิ จังหวัดฟูกูโอกะ ประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ (ต่อ)



ชื่อ – สกุล : นายปิยะวุฒิ กชนิภากุล

วัน/เดือน/ปีเกิด : 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2538

สถานที่อยู่ปัจจุบัน : บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า

ปริญญาตรี (ปัจจุบัน) : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ในปัจจุบันมีความสนใจอย่างมากในด้านพลังงานทางเลือก

ประสบการณ์ : ผู้ช่วยสอนในรายวิชา INTERMEDIATE PHYSICS LABORATORY ในการทดลองเรื่องการหาค่าความจุในวงจรไฟฟ้า RC กระแสสลับโดยสมการกำลัง, การใช้เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิ, เซลล์มโฮลต์เรโซแนนซ์

ผ่านการฝึกงานที่ Prof.T.Yoshitake Laboratory, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์เพื่ออิเล็กทรอนิกส์และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยคิซุ วิทยาเขตจิจุชิ จังหวัดฟูกูโอกะ ประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ (ต่อ)



ชื่อ - สกุล : นายสัณห์รัฐ ทาสวิง

วัน/เดือน/ปีเกิด : 25 มกราคม พ.ศ. 2539

สถานที่อยู่ปัจจุบัน : 61/10 ถนนพรหมประเสริฐ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท 17000
ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนนครสวรรค์

ปริญญาตรี (ปัจจุบัน) : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ในปัจจุบันมีความสนใจอย่างมากในด้านเซลล์เชื้อเพลิง

ประสบการณ์ : ผู้ช่วยสอนในรายวิชา INTERMEDIATE PHYSICS LABORATORY ในการทดลองเรื่อง การหาค่าความจุในวงจรไฟฟ้า RC กระแสสลับโดยสมการกำลัง, การใช้เทอร์มิสเตอร์วัดอุณหภูมิ, เฮล์มโฮลต์เรโซแนนซ์

ผ่านการฝึกงานที่ Prof.T.Yoshitake Laboratory, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์เพื่ออิเล็กทรอนิกส์ และวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยคิซุชิ วิทยาเขตจิจุชิ จังหวัดฟูกูโอกะ ประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้