

การออกแบบตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

Design of solar foods dryer



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ปีการศึกษา 2560  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงองค์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DESIGN OF SOLAR FOODS DRYER



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

เอกสารนี้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ACADEMIC YEAR 2017 ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ      การออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์  
 Design of solar foods dryer

ชื่อนักศึกษา                    นางสาวนลินภัทร์ แสงอาจนันทน์                    รหัสนักศึกษา 57050985  
     นางสาวปาริชาติ เชื้อฉ่ำหลวง                                รหัสนักศึกษา 57050997

ปริญญา                            วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา                            ฟิสิกส์

ปีการศึกษา                        2560

อาจารย์ที่ปรึกษา                ผศ.ดร. อนุรักษ์ พรหมรส

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

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ. สาทราย เล็กชะอุ่ม ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร. เจริญธา รัตนพันธ์ กรรมการ	
อ. ชรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
ผศ.ดร. อนุรักษ์ พรหมรส กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนลินภัทร์ แสงอาจอนันท์	รหัสนักศึกษา 57050985
	นายสาวปาริชาติ เชื้อน้ำหลวง	รหัสนักศึกษา 57050997
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)	
ภาควิชา	ฟิสิกส์	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. อนุรักษ์ พรหมรส	

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการทำงานด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อนสำหรับการอบอาหาร โดยใช้การออกแบบในโปรแกรม Solidwork และสร้างขึ้นมาจากอลูมิเนียม ซึ่งมีขนาดความสูงทั้งหมด 400 มิลลิเมตร ความกว้างทั้งหมด 300 มิลลิเมตร และความยาวทั้งหมด 460 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่รับแสงอาทิตย์จะมีขนาดเอียงทำมุม 30 องศา โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเปรียบเทียบชนิดของกระจก 2 ชนิด คือ กระจกใสพิเศษ และกระจกใสธรรมดา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบอาหารที่ใช้กระจกทั้ง 2 ชนิดนี้ว่ากระจกชนิดไหนมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ในการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ โดยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ การอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา การอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษ และการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อมซึ่งอาหารที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้มี 3 ชนิด คือ กี้วี่ สตรอเบอร์รี่ และแอปเปิ้ล จากการทดลองมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดเท่ากับ  $923 \text{ W/m}^2$  ที่เวลา 13.00 น. ผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา พบว่าตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ ผลของอุณหภูมิที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ  $55.4^\circ\text{C}$  และผลของความชื้นที่มีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $16.5 \%rH$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระจกใสพิเศษมีการส่องผ่านรังสีความร้อนได้ดีที่สุด

**คำสำคัญ :** ความเข้มแสง แสงอาทิตย์ กระจกใสพิเศษ กระจกใสธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Title</b>	Design of solar foods dryer	
<b>Students</b>	Miss Nalinphat Seangadanan	Student ID 57050985
	Miss Parichat Chuachumhluang	Student ID 57050997
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)	
<b>Department</b>	Physics	
<b>Faculty</b>	Science	
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
<b>Academic Year</b>	2017	
<b>Advisor</b>	Assis.Prof.Dr. Nathaporn Promros	

### Abstract

This research studied a design and construction of the solar food dryer, which operated with heat transfer mechanism, for drying foodstuff. The solar food dryer was designed by Solidworks software and constructed from aluminum with a total-dimension of 460 x 300 x 400 mm. and 30 degrees inclined plane for the receiving area of solar irradiation. The researchers chose the two types of glass: (a) clear glass and (b) super-clear glass to draw a comparison of the performance between different kinds of glass type, which was suitable glass type for making the dry fruits from the constructed food dryer. The fruit drying processes were separated in 3 ways: (a) drying with clear-glass, (b) drying with super-clear glass, and (c) drying with the surrounding heat. The three types of fruit for this research were kiwi, strawberry, and apple. From the experiment, the maximum light intensity was found to be 923 W/m<sup>2</sup> at 13 o'clock. The acquired results from both types of glass demonstrated that the solar dryer with super-clear glass performed the highest temperature at 55.4 °C and the lowest humidity of 16.5 %rH, which depicted that the super-clear glass had the best transmission of solar irradiation.

**Keyword:** Solar Radiation, Sunlight, Superclear glass, Clear glass

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. อนุรักษ์ พรหมรส อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่มอบหมายหัวข้อโครงการพิเศษเรื่องนี้แก่ผู้วิจัย ทั้งยังสนับสนุนในเรื่องต่าง ๆ ทั้งในเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ปฏิบัติงาน รวมไปถึงคำแนะนำและความรู้ใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ประยุกต์ในการปฏิบัติงานแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด อีกทั้งคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขส่วนต่าง ๆ ภายในระบบการทำโครงการพิเศษเรื่องนี้ให้สำเร็จลุล่วงผ่านไปด้วยดี และเป็นผู้อบรมสั่งสอนให้เป็นคนดี ซื่อสัตย์ สุจริต มีความรับผิดชอบ ตั้งใจทำงาน อ่อนน้อมถ่อมตน รับฟังความคิดเห็นคนอื่น เชื่อฟังคำสั่งสอนของครูอาจารย์และพ่อแม่ เป็นคนมีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม กตัญญูต่อพ่อแม่และอาจารย์

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบโครงการพิเศษ รศ. สาหรัย เล็กชะอุ่ม อ. ธรรมรัตน์ แต่งตั้งและ ผศ.ดร. เจริญ รัตนพันธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้ารับฟังการนำเสนองานวิจัย ให้คำแนะนำในการปรับปรุงข้อบกพร่องของโครงการพิเศษนี้ รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยทำให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้มาใช้ในการงานวิจัยได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณนายพีรศิลป์ เจริญยืนยาว และนางสาวรวีวรรณ เฉลียวพงษ์ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้คำปรึกษาตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นตลอดงานวิจัยในครั้งนี้ อันมีผลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

บิดา มารดา และญาติพี่น้องของผู้วิจัย ที่คอยสนับสนุนในหลายด้านตลอดงานวิจัยในครั้งนี้

นลินภัทร์ แสงอาจอนันท์

ปารีชาติ เชื้อฉ่ำหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ข้อมูลทั่วไปของพลังงานแสงอาทิตย์	4
2.1.1 ศักยภาพของแสงอาทิตย์	4
2.2 การอบแห้ง	5
2.2.1 ความหมายของการอบแห้ง	5
2.2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	6
2.2.3 อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบ	7
2.2.4 ประเภทของเครื่องอบ	9
2.3 กลไกการถ่ายเทความร้อน	14
2.4 ชนิดของกระจก	14
2.4.1 กระจกตัดแสงยูวี (Reflective)	14
2.4.2 กระจกเทมเปอร์ (Tempered)	15
2.4.3 กระจกนิรภัย (Laminated)	15
2.4.4 กระจกหน้าต่างกันเสียง, กระจกสองชั้น (Insulate)	15
2.4.5 กระจกสะท้อนแสง (Low-E)	15
2.4.6 กระจกโฟลทใส (Clear Float Glass)	15
2.4.7 กระจกตัดแสง (Tinted Float Glass)	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.8 กระจกลดทลาย (Fired Glass)	16
2.4.9 กระจกเสริมลดท	16
2.4.10 กระจกพ่นทราย	16
2.4.11 กระจกตัดโค้ง	17
2.4.12 กระจกฝ้า (Frosted Glass)	17
2.5 วิธีอบแห้งอาหาร	18
2.5.1 ผลไม้อบกรอบ	18
2.5.2 การคำนวณเกี่ยวกับการทำให้แห้ง	19
2.6 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน	20
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
2.7.1 การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ณรงค์ ฉำบุญรอด)	21
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	<b>26</b>
3.1 การออกแบบและสร้างระบบ	26
3.1.1 จัดหาวัสดุอุปกรณ์และการออกแบบ	26
3.1.2 การออกแบบและพัฒนาตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา	31
3.2 การทดสอบตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา	35
3.2.1 การเตรียมอาหารเพื่อทดสอบชนิดกระจก	35
3.2.2 การจัดเตรียมตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	37
3.2.3 การทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	38
3.3 การตรวจสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	40
3.3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	40
3.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้น	40
3.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวล	40
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการ</b>	<b>41</b>
4.1 ผลการออกแบบและสร้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์	41
4.2 ผลการทดสอบตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้	43
4.2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นแสงอาทิตย์	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	47
4.2.3 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้น	50
4.3 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์	54
4.3.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ	54
4.3.2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสธรรมดา	55
<b>บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	<b>57</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก	61
ภาคผนวก ข	63
ภาคผนวก ค	64
ภาคผนวก ง	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
2.1 ขนาดของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	22
2.2 ขนาดกระจกที่มีวางจำหน่าย	23
2.3 การคำนวณขนาดตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากขนาดกระจก	24
4.1 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ใน วันที่ 29 พฤษภาคม 2561 และวันที่ 30 พฤษภาคม 2561	47
4.2 แสดงค่าอุณหภูมิในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561	48
4.3 แสดงค่าอุณหภูมิในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561	49
4.4 แสดงค่าความชื้นจากการคำนวณ	51
4.5 แสดงค่าความชื้นใน วันที่ 29 พฤษภาคม 2561	52
4.6 แสดงค่าความชื้นใน วันที่ 30 พฤษภาคม 2561	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ	5
2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	8
2.3 เครื่องอบ flash dryer	9
2.4 ตู้อบ spray dryer	10
2.5 เครื่องอบ drying tumbler	10
2.6 ตู้อบ fluidized bed dryer	12
2.7 เครื่องอบ tray dryer	12
2.8 เครื่องอบ tunnel dryer	13
2.9 เครื่องอบ through-flow band dryer	13
2.10 แสดงแอปเปิ้ลอบกรอบ	18
2.11 แสดงกีวอบแห้ง	19
2.19 ลักษณะโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	21
2.20 การออกแบบฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	24
3.1 TM-305U Temperature & Humidity Datalogger	27
3.2 Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger	27
3.3 Humidity & Temperature Datalogger DT-172	28
3.4 สีสเปรย์ทนความร้อน สีดำด้าน	28
3.5 Tenmars TM-750 Solar Power Meter	29
3.6 แผ่นโฟม	29
3.7 Analytical balance MS204TS/00	30
3.8 กระจกใสพิเศษ	30
3.9 กระจกใสธรรมดา	31
3.10 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์	31
3.11 ภาพโครงของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ในมุมมองไอโซเมตริก	33
3.12 ภาพแสดงกระจกในมุมมองไอโซเมตริก	34
3.13 แสดงภาพที่จับด้านหลังและตะแกรงสำหรับวางอาหารในมุมมองไอโซเมตริก	35
3.14 ลักษณะกีวี่ที่หันตามแนวขวางที่ใช้ในการทำการทดสอบ	36
3.15 ลักษณะสตรอเบอร์รี่ที่หันผ่าครึ่งที่ใช้ในการทำการทดสอบ	36
3.16 ลักษณะแอปเปิ้ลที่หันตามแนวยาวที่ใช้ในการทำการทดสอบ	36

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 แบ่งผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทำการทดสอบ	37
3.18 ชั่งผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทำการทดสอบ	37
3.19 ตั้งค่า TM-305U Temperature & Humidity Datalogger ในโปรแกรม Temp & RH Data Logger V1.7	38
3.20 ตั้งค่า Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger ในโปรแกรม EasyLogUSB	39
3.21 ตั้งค่า Humidity & Temperature Datalogger DT-172 ในโปรแกรม RH and Temp Datalogger	39
4.1 รูปถ่ายแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อน	43
(ก) ภาพแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาในมุมมองจากทางด้านหน้า	43
(ข) ภาพแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาในมุมมองจากทางด้านหลัง	43
(ค) ภาพแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบที่ถูกสร้างขึ้นมาในสถานที่ทำการทดสอบใช้งานจริง	43
4.2 รูปถ่ายแสดงการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้ในแต่ละแบบการทดลอง	45
(ก) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสธรรมดา	45
(ข) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสพิเศษ	45
(ค) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้โดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม	45
(ง) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ทั้ง 3 แบบการทดลอง	45
4.3 รูปถ่ายแสดงผลไม้แต่ละชนิดจากการทดสอบอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบการทดลอง	46
(ก) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสธรรมดา	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
(ข) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสพิเศษ	46
(ค) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้โดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม	46
(ง) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ทั้ง 3 แบบการทดลอง	46
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561	48
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561	49
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561	52
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

เป็นที่รู้กันดีว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม [1] ซึ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ในประเทศส่วนใหญ่มีอาชีพหรือดำรงอยู่ได้โดยมีความเกี่ยวพันกับการเกษตร มีที่ตั้งทางภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมาะสม ทำให้เป็นประเทศผู้ผลิตอาหารรายใหญ่ของโลก ทั้งในรูปแบบผลผลิตบริโภคสดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรแปรรูป กรรมวิธีแปรรูปอาหารวิธีหนึ่งที่ได้รับนิยมนิยมและเป็นพื้นฐานของกรรมวิธีผลิตอาหารและเก็บรักษาอาหารให้อยู่ได้นานก็คือ การอบแห้งซึ่งก็คือการลดความชื้นในอาหาร กล่าวคือปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งหลักการของการอบแห้งนั้น ผลผลิตซึ่งมีความชื้นอยู่ภายในเมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของผลผลิตนั้นๆ และผลผลิตอบแห้งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นก็จะระเหยกลายเป็นไอออกไปสู่ชั้นบรรยากาศรอบข้าง

ในปัจจุบันการอบแห้งพบว่ามีแหล่งพลังงานในการอบแห้ง เช่น ไฟฟ้า ก๊าซและน้ำมันเตา โดยพลังงานหลักที่ใช้จะอยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง 20-60% นอกจากนี้ยังใช้พลังงานจากไฟฟ้าในการอบแห้งส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานร่วมและสิ่งแวดล้อมของประเทศอีกด้วย ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนในการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนสำหรับกระบวนการอบแห้ง ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกชนิดหนึ่งที่มีความสนใจเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณมหาศาล และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ที่ผ่านมาได้มีการสร้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้กระจกใสธรรมดาในการส่องผ่านรังสีความร้อนเข้าไปภายในตู้อบ เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการสร้างกระจกใสพิเศษขึ้นมา คือกระจกโพลทไฟที่มีสาร Iron Oxide ออกไปจากขบวนการผลิตทำให้ความเขียวในเนื้อกระจกลดลงไปได้อย่างมาก กระจกจึงใสขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และทำให้การส่องผ่านรังสีความร้อนเพิ่มสูงขึ้นจาก 82% เป็น 90% ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะสร้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าการใช้กระจกใสพิเศษดังกล่าวจะทำให้ตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับกระจกใสธรรมดาเพื่อใช้ในการอบอาหาร และยังต้องการออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัดเคลื่อนย้ายไปที่ต่างๆ ได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) ออกแบบและพัฒนาตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา
- 2) ตรวจสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการอบอาหารจากกระจกใสพิเศษและเปรียบเทียบกับกระจกใสธรรมดา
- 3) ตรวจสอบความชื้นของอาหารที่ได้จากการอบโดยใช้กระจกใสพิเศษ

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ใช้กระจกใสพิเศษที่สามารถส่องผ่านรังสีความร้อนได้ดี เพื่อให้ตู้อบแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพดีที่สุด
- 2) ออกแบบและสร้างตู้อบแสงอาทิตย์โดยใช้กระจกเป็นตัวส่องผ่านรังสีความร้อน ซึ่งตู้อบสามารถเปลี่ยนชนิดของกระจกได้
- 3) ทดสอบตู้อบแสงอาทิตย์โดยการอบผลไม้และตรวจสอบความชื้นของผลไม้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินการ

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.
ค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←→									
จัดหาวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสร้าง ตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์		←→								
ออกแบบและสร้างโครงตู้อบอาหารพลังงาน แสงอาทิตย์	←→									
ทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบอาหารพลังงาน แสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษ และ เปรียบเทียบกับกระจกใสธรรมดา							←→			
ตรวจสอบความชื้นอาหารที่ได้จากการอบ								←→		
วิเคราะห์และสรุปผล								←→		

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ได้ทักษะและความรู้ในการออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks และวาดด้วยมือเพื่อออกแบบสร้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์
- 2) ได้ทักษะความรู้เกี่ยวกับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้กระจก
- 3) ได้ความรู้เกี่ยวกับประสิทธิภาพการดูดกลืนของกระจกใสพิเศษในการอบอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

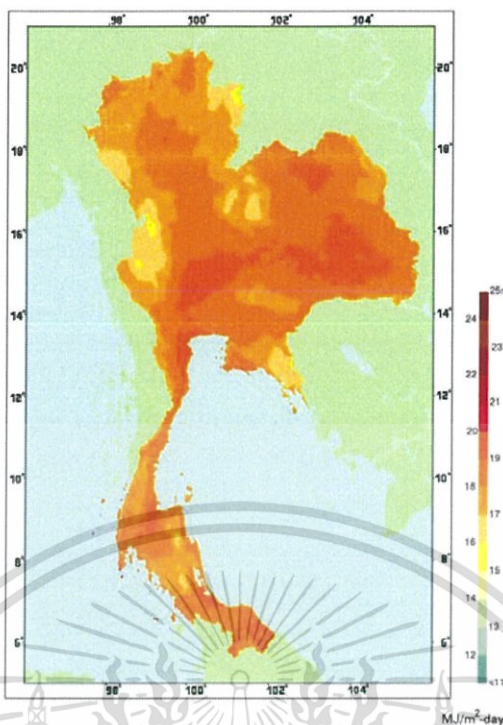
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ข้อมูลทั่วไปของพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) [2] เป็นพลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในรูปของแสงแดดที่ประกอบด้วยพลังงานแสงและพลังงานความร้อน ดังนั้น พลังงานแสงอาทิตย์จึงมีอยู่สองส่วนด้วยเช่นกัน ซึ่งก็คือพลังงานแสงและพลังงานความร้อน โดยพลังงานทั้งสองส่วนนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานได้สองรูปแบบ คือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน

#### 2.1.1 ศักยภาพของแสงอาทิตย์

จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย พ.ศ.2542 โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายนและพฤษภาคมโดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 MJ/m<sup>2</sup> - day เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีพบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาทิเช่น นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ อุบลราชธานี และอุดรธานี และบางส่วนของภาคกลาง โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์ทั้งปี 19 ถึง 20 MJ/m<sup>2</sup> - day พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3 % ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2 % ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีในช่วง 18-19 MJ/m<sup>2</sup> - day จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่ามีค่า 18.2MJ/m<sup>2</sup> - day จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง



รูปที่ 2.1 แสดงรังสีของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ

## 2.2 การอบแห้ง [3]

### 2.2.1 ความหมายของการอบแห้ง

การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้น อาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก-น้อย ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบนั้นเมื่อทำให้ของเหลวในวัสดุระเหยกลายเป็นไอจะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง

เครื่องอบโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลที่ได้ (yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

ความชื้นเป็นตัวบอกรวมปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, wb.)

$$M_w = \frac{w - d}{w} \quad (1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, db.)

$$M_d = \frac{w - d}{d} \quad (2)$$

เมื่อ  $w$  คือ มวลของวัสดุ (kg),  $d$  คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg),  $M_w$  คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก,  $M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

ปริมาณความชื้นสามารถทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์ได้โดยคูณด้วย 100 ดังนั้นความชื้นมาตรฐานเปียกจะมีค่าได้ไม่เกิน 100 % แต่ในขณะเดียวกันในหน่วยมาตรฐานแห้งอาจจะมีค่า 100 % ได้ ในทางการเกษตรนิยมใช้เป็นมาตรฐานเปียกในการพูดถึงความชื้น แต่ในการคำนวณบางครั้งนิยมใช้เป็นมาตรฐานแห้ง ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานเปียกและมาตรฐานแห้งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$M_w = \frac{M_d}{1 - M_d} \quad (3)$$

ในการอบแห้งจำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากวัสดุ เมื่อทราบมวลและความชื้นของวัสดุ ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออกนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W_f = W_i \frac{(100 - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (4)$$

เมื่อ  $W_i$  คือ มวลหนักก่อนอบแห้ง (kg),  $W_f$  คือ มวลหลังการอบแห้ง (kg),  $M_i$  คือ ความชื้นก่อนอบแห้ง (%มาตรฐานเปียก),  $M_f$  คือ ความชื้นหลังอบแห้ง (% มาตรฐานเปียก)

### 2.2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ มี 3 ลักษณะ คือ

#### 1) วิธีการอบแห้งด้วยระบบ Passive

วิธีการอบแห้งด้วยระบบ Passive เป็นระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลม ได้แก่

เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติซึ่งเป็นการวางวัสดุไว้กลางแจ้ง โดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) วิธีการอบแห้งด้วยระบบ Active

วิธีการอบแห้งด้วยระบบ Active ระบบการอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

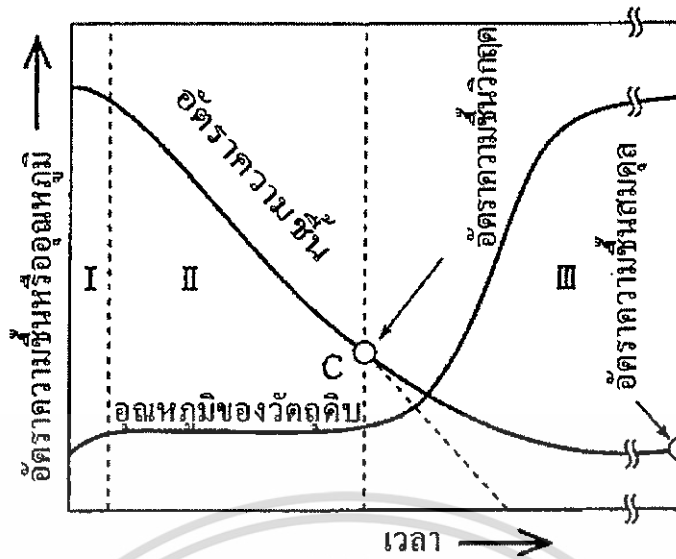
## 3) วิธีการอบแห้งด้วยระบบ Hybrid

วิธีการอบแห้งด้วยระบบ Hybrid เป็นระบบการอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วยให้เวลาในการตากแห้งเร็วขึ้นกว่าแบบทั่วไป ป้องกันแมลงที่เป็นพาหะนำโรคมารบกวน ทำให้อาหารที่ได้จากการตากแห้งมีความสะอาด ใช้งานและดูแลรักษาง่าย นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันฝนซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้วัตถุดิบไม่แห้ง และเกิดความเสียหายได้

### 2.2.3 อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบ

เมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสมร้อนแล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งกลไกการอบแบ่งได้เป็น 3 ระยะ กล่าวคือ (I) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ (II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง



รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุคืบ

### (I) ช่วงอุ่นวัตถุคืบ

ช่วง I เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัตถุคืบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัตถุคืบ ในกรณีที่วัตถุคืบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

### (II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่

ในช่วง II วัตถุคืบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้น ชั้นของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัตถุคืบโดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัตถุคืบ โดยอัตราความชื้นของวัตถุคืบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

### (III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง

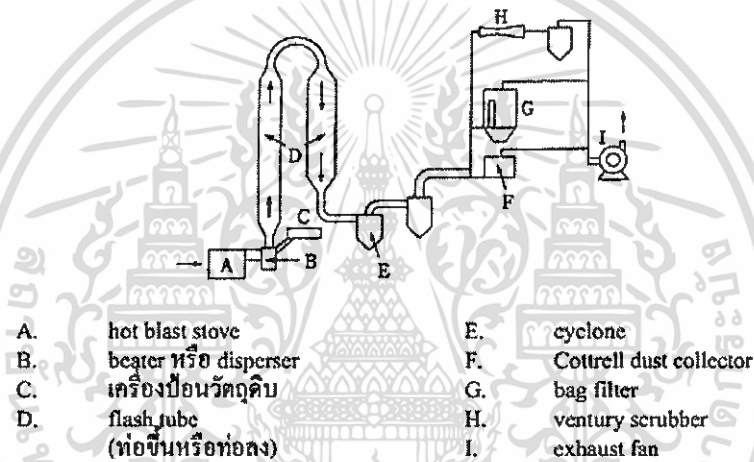
เมื่ออบไปเรื่อยๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุคืบแห้งลดลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุคืบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุคืบจะซึมขึ้นมาทดแทนให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อยๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุคืบ อุณหภูมิของวัตถุคืบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุคืบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ในการให้ความร้อนตัววัตถุคืบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.4 ประเภทของเครื่องอบ

### 1) ตู้อบแบบแฟลช (flash dryer)

ตู้อบแบบนี้จะใช้วิธีเป่าวัตถุดิบที่เป็นผงขึ้นไปในกระแสมอุณหภูมิสูงภายในท่อตั้ง ลมจะเป่าวัตถุดิบให้ปลิวพุ่งเพื่ออบให้แห้งอย่างรวดเร็ว ผงวัตถุดิบเมื่อแห้งแล้วจะลอยออกไปกับลมร้อนและเข้าสู่กระบวนการแยกด้วยการกรองหรือใช้ไซโคลอนอีกชั้นตอนหนึ่ง ตู้อบชนิดนี้มีโครงสร้างง่ายที่สุด แต่เนื่องจากมีระยะเวลาอบสั้นเพียงไม่กี่วินาทีจึงไม่เหมาะกับการอบขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตามเนื่องจากวัตถุดิบจะปลิวพุ่งอยู่ในกระแอากาศ อัตราความชื้นวิกฤตจึงมีค่าต่ำมาก นอกจากนี้ยังเดินเครื่องด้วยกระแสราบเรียบจึงสามารถใช้ลมร้อนอุณหภูมิสูงถึง 400-600 °C ได้ ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพสูง รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของเครื่องอบแบบนี้

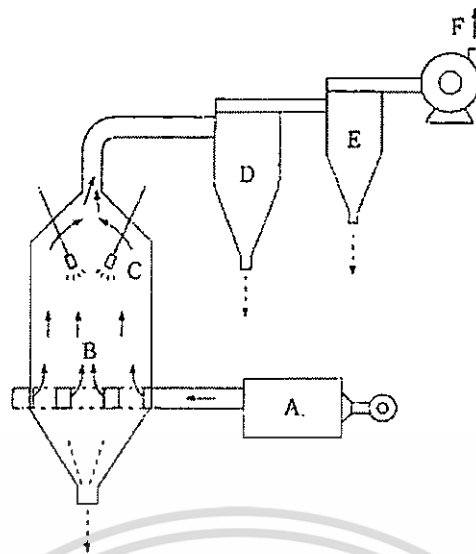


รูปที่ 2.3 เครื่องอบ flash dryer

### 2) ตู้อบแบบสเปรย์ (spray dryer)

วิธีอบของเครื่องอบแบบสเปรย์ จะใช้กับสารละลาย และวัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นของเหลวข้นและครีม ดังนั้น จึงมีวิธีการแตกต่างไปจากวิธีอบน้ำที่เกาะบนอนุภาค โดยนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปพ่นเป็นละอองในอากาศให้ความร้อนเพื่อให้แห้งเป็นผงก่อนที่จะตกลงมา เนื่องจากในช่วงแรกวัตถุดิบจะมีอัตราความชื้นสูงจึงต้องใช้ความร้อนในการระเหยต่อผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยมวลที่มีค่าสูง แต่การอบจะเสร็จสิ้นในเวลาที่รวดเร็วมาก และอนุภาคของผลิตภัณฑ์จะไม่ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิสูง วิธีนี้จึงสามารถอบสารที่ไม่เสถียรต่อความร้อนได้ ทำให้ได้อนุภาคเป็นเม็ดกลมกลางอากาศและยังสามารถปรับขนาดของอนุภาคได้สะดวกด้วยการปรับหัวพ่นละออง และด้วยสมบัติที่ดีเหล่านี้จึงนำตู้อบแบบนี้มาใช้ในการอบ หลักการทำงานแสดงไว้ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

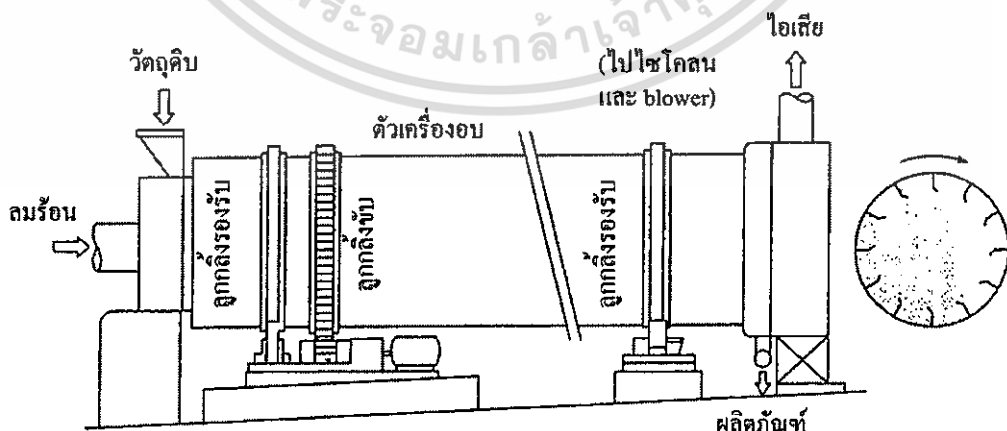


- |    |                 |    |                   |
|----|-----------------|----|-------------------|
| A. | hot blast stove | D. | primary cyclone   |
| B. | spray dryer     | E. | secondary cyclone |
| C. | pressure nozzle | F. | exhaust fan       |

รูปที่ 2.4 ตู้อบ spray dryer

### 3) ตู้อบ drying tumbler

ตู้อบ drying tumbler เป็นเครื่องอบแบบต่อเนื่องที่การเดินเครื่องจะมีเสถียรภาพสูง ใช้กับการอบผงวัตถุดิบที่มีความชื้นต่ำ เช่น ปุ๋ย ถ่านหิน เป็นต้น และมีปริมาณวัตถุดิบมาก หลักการทำงานแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 โดยภายในทรงกระบอกซึ่งวางเอียงจะมีครีบริบสำหรับกวนวัตถุดิบ และเพื่อให้วัตถุดิบสัมผัสกับลมร้อนที่เป่าเข้ามา ทิศทางการป้อนวัตถุดิบและลมร้อนแบ่งเป็นแบบสวนทาง (countercurrent flow) กับแบบป้อนทางเดียวกัน (concurrent flow) วัตถุดิบในตู้จะหล่นลงมาจากครีบริบเพื่อสัมผัสกับลมร้อนเป็นครั้งๆ



รูปที่ 2.5 เครื่องอบ drying tumbler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้อบแบบ concurrent flow วัสดุอบจะสัมผัสกับลมร้อนอุณหภูมิสูง แต่อุณหภูมิของวัสดุอบจะเท่ากับกับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น ที่ส่วนท้ายของเครื่องอบซึ่งวัสดุอบเกือบแห้งแล้ว จะมีการลดอุณหภูมิของลมร้อนลง จึงช่วยรักษาคุณภาพของวัสดุอบได้ แต่จะทำให้ลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ให้ต่ำลงมากๆ ได้ยาก แต่ถ้าใช้ตู้อบแบบ countercurrent flow จะสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำได้ตามต้องการ แต่ไม่เหมาะสมจะใช้กับวัสดุอบที่ไวต่อความร้อน เพราะวิธีนี้จะทำให้วัสดุอบมีอุณหภูมิสูงอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของตู้

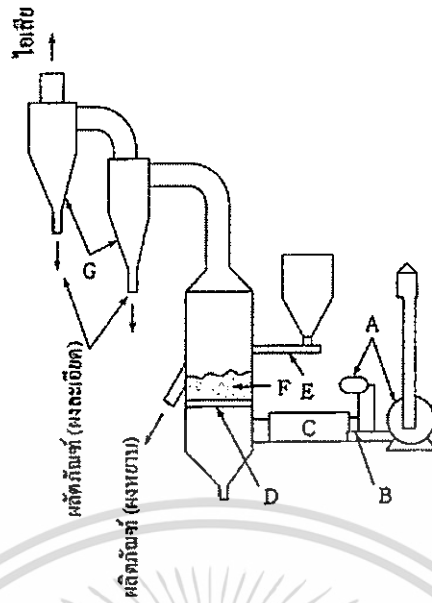
#### 4) ตู้อบแบบ fluidized bed dryer

ตู้อบแบบนี้ใช้วิธีเป่าลมร้อนเข้าไปจากด้านล่างของชั้นวัสดุอบที่เป็นผงที่วางบนแผ่นที่มีรูพรุน เพื่อให้ผงวัสดุอบลอยขึ้นและมีการเคลื่อนไหวเสมือนตัวมันเป็นของไหล ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 ตู้อบแบบนี้จะมีลักษณะเด่นดังนี้

- ผงวัสดุอบจะสัมผัสกับก๊าซอย่างรุนแรงจึงมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่สูงและเนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ต่อปริมาตรของผงวัสดุอบมีค่ามาก จึงมีการถ่ายเทความร้อนรวมได้มาก
- แต่ละอนุภาคจะกระทบกันอย่างรุนแรงในขณะที่ถูกกวไปมา ซึ่งทำให้วัสดุอบมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ
- ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในเครื่องอบสามารถปรับให้เป็นเท่าใดก็ได้ จึงเหมาะกับวัสดุอบที่ต้องใช้เวลานานในการอบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราความชื้นต่ำ

ข้อเสียมีดังนี้

- ไม่สามารถใช้กับวัสดุอบที่มีความชื้นสูงและมีการเกาะตัว / รวมตัวสูง เพราะจะไม่สามารถทำให้เกิดสภาพ fluidized ได้
- อนุภาคจะกระเด็นออกมาพร้อมกับก๊าซได้ง่าย
- แผ่นกระจายก๊าซและ fluidized bed ทำให้เกิดความดันสูญเสียสูงจึงต้องใช้ blower เพื่อเป่าอากาศที่มีกำลังสูง

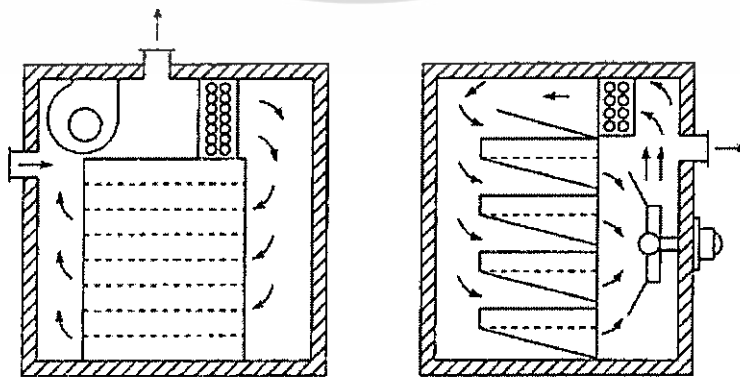


- A. blower
- B. burner
- C. air heater
- D. fluidized bed baseplate
- E. เครื่องป้อนวัตถุดิบ
- F. Fluidized bed
- G. Cyclone

รูปที่ 2.6 ตู้อบ fluidized bed dryer

5) ตู้อบแบบถาด (tray dryer)

ตู้อบแบบนี้จะนำวัตถุดิบวางไว้ในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบหรือเป่าตั้งฉากกับกันถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้ ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบเนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงมาก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่งไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนความเสียหายจากการแตกหัก ตู้อบแบบนี้จะทำงานแบบกะ (batch) จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่ต้องการรอบด้วยการควบคุมภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งงวดหรืออบวัตถุดิบหลายๆ ชนิดแต่จำนวนน้อยๆ หรือใช้กับการควบคุมแบบโปรแกรมซึ่งค่อยๆ ปรับอุณหภูมิไปตามความเหมาะสม รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างของ tray dryer



แบบ concurrent flow

แบบ through flow

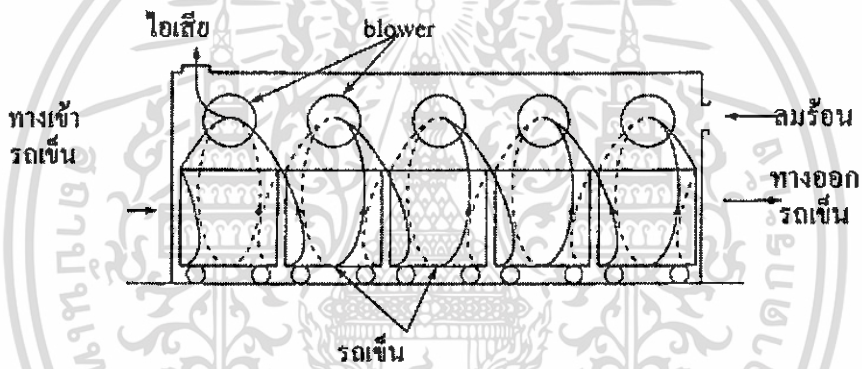
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 2.7 เครื่องอบ tray dryer ใดๆ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6) ตู้อบแบบอุโมงค์ (tunnel dryer) และแบบสายพาน (band dryer)

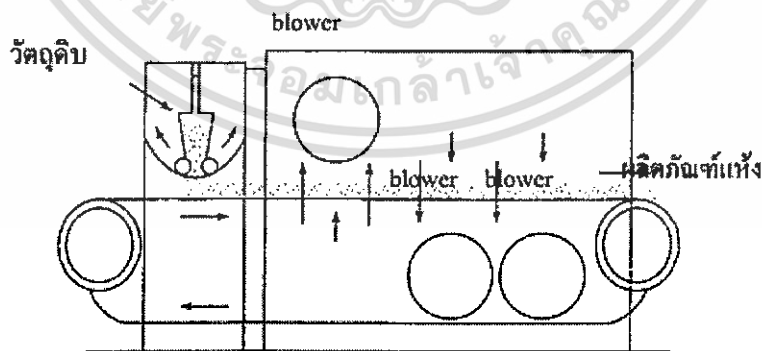
แบบต่อเนื่อง

ตู้อบแบบอุโมงค์จะมีรถเข็น รูปที่ 2.8 สำหรับเข็นพาวัตถุดิบเข้าในอุโมงค์ แต่ถ้าวัตถุดิบมีลักษณะเป็นแผ่นบาง จะสอดวัตถุดิบผ่านลูกกลิ้งบน-ล่าง ให้ลูกกลิ้งดึงวัตถุดิบเข้าไป แล้วเป่าลมร้อนให้วัตถุดิบเพื่ออบให้แห้ง ตู้อบแบบสายพานลำเลียง จะวางวัตถุดิบไว้บนสายพานที่ทำจากแผ่นโลหะหรือยางที่มีรูพรุนซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ผ่านมู่เลย์ เพื่อให้วัตถุดิบเคลื่อนตัวสัมผัสกับลมร้อนแล้วทำการอบอย่างต่อเนื่อง รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องอบแบบสายพานลำเลียง

ในเครื่องอบแบบอุโมงค์และแบบสายพานลำเลียงจะมีการติดตั้ง blower ที่ส่วนต่างๆ ของเครื่องอบ แล้วใช้ blower แต่ละตัวในการดูดหรือระบายลมร้อนเพื่อเพิ่มอัตราเร็วในการอบ หรือมีการพ่นลมร้อนส่วนหนึ่งแบบ concurrent flow กับวัตถุดิบเพื่อหมุนเวียนลมร้อนด้วย blower แต่ละตัว



รูปที่ 2.8 เครื่องอบ tunnel dryer



รูปที่ 2.9 เครื่องอบ through-flow band dryer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7) ตู้อบ nozzle jet dryer

ตู้อบแบบ nozzle jet dryer เป็นตู้อบที่ใช้ข้อวัตุดิบลักษณะแผ่นบางหรือของเหลวที่เคลือบผิวหน้าวัสดุ โดยการพ่นลำลมร้อนจาก slot ลงไปให้ตั้งฉากกับเป้าหมาย วัตุดิบจะถูกอบระหว่างที่เคลื่อนที่ไปบนลูกกลิ้ง แต่จะเป็นการอบเพียงด้านเดียว ซึ่งจะแบ่งเป็นแบบ arch vent แบบสายพานนอน ส่วนในการอบสองด้านจะใช้แบบ floating

## 2.3 กลไกการถ่ายเทความร้อน [4]

พลังงานความร้อนสามารถถ่ายเทจากสสารหนึ่งไปยังอีกสสารหนึ่ง โดยมีสื่อตัวกลางหรือไม่มีก็ได้ เราแบ่งกลไกการถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1) การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ยกตัวอย่างเช่น หากเราจับทัพพีในหม้อหุงข้าว ความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านทัพพีมายังมือของเรา ทำให้เรารู้สึกร้อน โลหะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ส่วนอโลหะและอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี

2) การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสสาร ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและแก๊ส ส่วนของแข็งมีการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนและการแผ่รังสีเท่านั้น การพาความร้อนส่วนมากมักเกิดขึ้นในบรรยากาศ มหาสมุทร และแก๊สร้อนในดวงอาทิตย์

3) การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายพลังงาน ดังเช่นการนำความร้อนและการพาความร้อน การแผ่รังสีจึงสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า  $-273^{\circ}\text{C}$  หรือ  $0\text{ K}$  ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น ตามกฎของวิน

## 2.4 ชนิดของกระจก [5]

### 2.4.1 กระจกตัดแสงยูวี (Reflective)

กระจกตัดแสงยูวีเป็นกระจกที่ผ่านการเคลือบผิวกระจกด้วยระบบสเปตเตอริง (Sputtering) โดยเป็นเทคโนโลยีการเคลือบโลหะสะท้อนแสงลงบนกระจก ช่วยป้องกันการขีดข่วนบนชั้นฟิล์มที่เคลือบ ช่วยต่อการบำรุงรักษาและการขนส่ง ด้วยคุณสมบัติการป้องกันความร้อนและการแผ่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ กระจกตัดแสงยูวีจึงเป็นกระจกที่ช่วยประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศภายใน ในขณะที่เดียวกันฟิล์มที่เคลือบชั้นกระจกมีองค์ประกอบของโลหะชนิดพิเศษที่ช่วยให้แสงผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ได้มากเป็นพิเศษ ซึ่งส่งผลให้แสงที่ผ่านเข้ามาเพียงพอต่อความต้องการในการใช้แสงในระหว่างวัน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดโอกาสให้สถาปนิกสามารถออกแบบอาคารได้อย่างอิสระและคล่องตัวขึ้นเพราะมีสีสรรมากมาย รวมถึงสามารถกำหนดปริมาณแสงสะท้อนสู่ภายนอกและแสงที่ผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารได้

#### 2.4.2 กระจกเทมเปอร์ (Tempered)

กระจกเทมเปอร์ เป็นกระจกที่มีชั้น Compressive Stress อยู่บนผิวกระจกและมีชั้น Tensile Stress อยู่บริเวณเนื้อในของกระจก ซึ่งก่อให้เกิดความสมดุลของกระจกเป็นอย่างดี ซึ่งเมื่อเกิดรอยร้าวบริเวณผิวกระจกและรอยร้าวขยายตัวเข้าสู่ชั้น Tensile Stress กระจกจะลั่นแตกเองทันที อย่างไรก็ตามรอยร้าวที่เราพบเห็นกันมักเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ การกระแทกจากภายนอกและการมีสิ่งเจือปนอยู่ภายในเนื้อของกระจก ซึ่งเมื่อแตกแล้วกระจกจะมีลักษณะคล้ายเม็ดข้าวโพดทำให้อันตรายน้อยกว่ากระจกแบบปกติ

#### 2.4.3 กระจกนิรภัย (Laminated)

กระจกลามิเนตหรือกระจกนิรภัย เป็นการนำกระจกตั้งแต่สองแผ่นขึ้นไปมาประกบกันและยึดกลางกระจกด้วยฟิล์ม PVB (Poly Vinyl Butyral) ซึ่งมีคุณสมบัติการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้มากถึง 99% กระจกนิรภัยเป็นกระจกที่ให้ความปลอดภัยสูงมากเมื่อเทียบกับกระจกประเภทอื่น เนื่องจากเป็นกระจกที่เคลือบยึดกลางแผ่นด้วยฟิล์ม ซึ่งเมื่อแตกกระจกจะยังถูกตั้งไว้ด้วยฟิล์ม ส่วนรอยแตกจะคล้ายกับใยแมงมุมร้าวไปทั้งแผ่นและไม่สามารถที่จะแตกทะลุแผ่นฟิล์มได้

#### 2.4.4 กระจกหน้าต่างกันเสียง, กระจกสองชั้น (Insulate)

กระจกสองชั้น, กระจกกันเสียง, กระจกฉนวนกันความร้อน, หน้าต่างกันเสียงหรือกระจกอินซูลา เป็นเทคโนโลยีการใช้งานกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไปนำมาซ้อนกันโดยใช้แผ่นอลูมิเนียมชั้นไว้ระหว่างกลางเพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างกระจก ตรงช่องว่างดังกล่าวสามารถที่จะปล่อยเป็นช่องอากาศเปล่าหรือเลือกที่จะอัดก๊าซเฉื่อย (อาร์กอน) เข้าไปเพื่อช่วยกันความร้อนก็ย่อมได้ กระจกฉนวนกันความร้อนสามารถป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในได้เป็นอย่างดี กระจกจะไม่เกิดฝ้าแม้อุณหภูมิภายในและภายนอกจะแตกต่างกัน ป้องกันเสียงได้ระดับหนึ่งและเป็นกระจกที่ช่วยประหยัดพลังงาน

#### 2.4.5 กระจกสะท้อนแสง (Low-E)

กระจกสะท้อนแสงแบบ “โลว์ - อี” เป็นกระจกที่ผ่านการเคลือบชั้นโลหะโดยระบบ Pyrolytic ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการเคลือบกระจกที่บางมาก มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนฉนวนกันความร้อน นอกจากนี้ยังให้ค่าในการสะท้อนความร้อนที่ต่ำรวมถึงค่าในการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำอีกด้วย

#### 2.4.6 กระจกโฟลทใส (Clear Float Glass)

กระจกโฟลทใส คือกระจกที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยระบบโฟลทที่ทันสมัย ระบบดังกล่าวจะช่วยให้ผิวของกระจกทั้งสองด้านเรียบสนิทเพื่อการรับชมวิวยานนอกที่ชัดเจนกว่ากระจกทุกประเภท ดังนั้นกระจกชนิดนี้จึงเป็นกระจกใสที่ถูกพัฒนาเพื่อตอบสนองการใช้งานในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะ เป็นงานก่อสร้างงานตกแต่งผลิตภัณฑ์และเหมาะกับการใช้งานในอาคารสมัยใหม่ที่ต้องการช่องเปิด

ขนาดใหญ่ ความหนาให้เลือกรั้งตั้งแต่ 2 – 20 มิลลิเมตร กว้างตั้งแต่ระดับ 3 เมตร ยาวได้ถึง 12 เมตร ต่อบาน

#### 2.4.7 กระจกตัดแสง (Tinted Float Glass)

กระจกตัดแสงหรือเรียกอีกแบบว่ากระจกโฟลทสี คือกระจกที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยระบบโฟลทเช่นเดียวกันกับโฟลทใส กระบวนการจึงแทบไม่ต่างกับกระจกโฟลทใส แตกต่างกันตรงที่เพิ่มสารประกอบ เช่น ออกไซด์ของโลหะบางประเภท ได้แก่ เหล็ก และโคบอลต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับความร้อนที่ดียิ่งขึ้น โดยทั่วไปสีของกระจกโฟลทสีมีให้เลือก 3 สี ได้แก่ สีชาดำ สีเขียวเข้มและสีฟ้าเข้ม โดยสีดังกล่าวเป็นสีที่ออกแบบมาให้เสริมภาพลักษณ์ของอาคารและไม่มีผลต่อการมองเห็นเข้าสู่อาคารแต่อย่างไร

#### 2.4.8 กระจกลวดลาย (Figured Glass)

กระจกลวดลาย คือกระจกที่ถูกพิมพ์ลายลงไปบนด้านหนึ่งของกระจก โดยด้านหนึ่งจะมีผิวขรุขระตามลวดลายและอีกด้านหนึ่งจะเรียบ ตัวกระจกจะมีลักษณะกึ่งโปร่งแสงคือมองเห็นเพียงสลัวๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ สิ่งที่เห็นจะเป็นเพียงแต่เงาลางๆ เป็นกระจกที่เหมาะสมกับงานตกแต่งภายใน โดยสามารถนำไปประดับเป็นกระจกสำหรับงานประตู ฉากกั้นห้อง ช่องแสงเหนือประตู กั้นโคมไฟ ฯลฯ เหมาะสำหรับสถานที่ทุกประเภทไม่ว่าจะเป็น บ้านพักอาศัยทุกประเภท อาคารสูง อาคารสำนักงาน โรงแรม อาคารพาณิชย์ ศูนย์แสดงสินค้า ฯลฯ

#### 2.4.9 กระจกเสริมลวด

กระจกเสริมลวดเป็นกระจกที่มีการเสริมเส้นลวดไว้ภายในบริเวณตรงกลางของเนื้อกระจก เพื่อด้านทานการหลุดร่วงของกระจก ป้องกันการลุกลามของไฟและควันไฟ กระจกเสริมลวดสามารถเป็นผนังที่ต้านทานความร้อนได้สูงถึงเกือบ 1000 องศาเซลเซียสในระยะเวลามากกว่า 1 ชั่วโมง เส้นลวดที่ฝังอยู่ในกระจกดังกล่าวยังช่วยยึดกระจกไม่ให้แตกขณะเกิดอัคคีภัย เมื่อกระจกไม่แตกเปลวไฟและควันไฟก็จะไม่สามารถผ่านกระจกเข้ามาทำอันตรายผู้คนที่อยู่ในห้องถัดไปได้ เราสามารถพบเห็นกระจกแบบดังกล่าวตามบริเวณ ประตูหนีไฟ ประตูทางเข้าออกหลักของอาคารที่อาจมีการกระจายของเปลวเพลิง ของอาคารชั้นนำทั่วไป รวมถึงหลังคากระจก ในตำแหน่งสูงและคลังที่เก็บวัตถุไวไฟ เป็นต้น

#### 2.4.10 กระจกพ่นทราย

กระจกพ่นทราย คือกระจกที่ผ่านกรรมวิธีการทำลวดลายบนกระจกโดยวิธีพ่นทราย การพ่นทรายเป็นกรรมวิธีหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดลวดลายบนกระจกได้ โดยทรายที่ใช้คืออะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide) มีลักษณะเป็นผงละเอียดตั้งแต่ละเม็ดจะมีความแข็งและความคมสูง เมื่อถูกพ่นลงบนผิวแก้วด้วยความเร็วสูงจะสามารถกัดกร่อนผิวแก้วให้เกิดเป็นรอยฝ้าสีลงไปเนื้อแก้ว ทรายที่ใช้นอกจากจะใช้อะลูมิเนียมออกไซด์แล้ว ยังสามารถใช้ทรายจากธรรมชาติได้โดยการร่อนเอาเฉพาะทรายที่ละเอียดมากและต้องใช้เครื่องพ่นทรายที่มีแรงพ่นสูงมากขึ้น เพราะทรายจากธรรมชาติจะมีความ

แข็งและความคมน้อยกว่าอะลูมิเนียมออกไซด์ เวลาพ่นจึงต้องใช้เวลานานมากกว่ากรรมวิธีที่จะทำให้ เกิดเป็นลวดลายตามที่เรตต้องการนั้นจะใช้หลักการของการทำสแตนซิล ซึ่งเป็นกลวิธีการพิมพ์ลายฉลุ โดยการทำให้แม่พิมพ์แบบง่ายๆ ที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ ซึ่งจะทำการฉลุแผ่นกระดาษหรือแผ่นโลหะ เป็นลวดลายหรือภาพ แล้วพ่นหรือทาสีลงไปผ่านช่องที่ฉลุไว้ลงบนวัสดุที่ต้องการพิมพ์ ซึ่งหลักการนี้ เรานำมาใช้ในการทำลวดลายบนกระจกโดยใช้สติกเกอร์พีวีซีแทนกระดาษหรือแผ่นโลหะมาตัดฉลุให้ ได้ลวดลายตามต้องการติดลงบนกระจกลอกส่วนที่ต้องการเกิดลวดลายออกแล้วใช้เครื่องพ่นทราย แทนการพ่นสีลงไป ทำให้เกิดลวดลายเป็นรอยฝ้าขาวบนพื้นแก้วที่เรียบใสตามต้องการ โดยลวดลายที่ เกิดจากกรรมวิธีพ่นทรายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ แบบโพซิทีฟ (Positive) เป็นลวดลาย ที่ส่วนที่เป็นลายจะเป็นสีฝ้าขาวอยู่บนพื้นแก้วใส ทำได้โดยการแกะสติกเกอร์ส่วนที่เป็นลวดลายออก แล้วพ่นทรายลงในบริเวณที่เป็นลวดลายนั้น ก็จะได้ลวดลายที่เป็นแบบโพซิทีฟ แบบที่สองคือแบบเน กาทีฟ (Negative) เป็นลวดลายที่ส่วนที่เป็นลายจะเป็นแก้วใสอยู่บนพื้นที่เป็นฝ้าขาวโดยรอบ ทำได้ โดยการแกะสติกเกอร์ส่วนที่เป็นพื้นรอบนอกออกเหลือไว้แต่ส่วนที่เป็นลวดลายและพ่นทรายลงบน บริเวณรอบๆ ส่วนที่เป็นลวดลาย ก็จะได้ลวดลายแบบเนกาทีฟ

#### 2.4.11 กระจกตัดโค้ง

กระจกตัดโค้งจัดเป็นกระจกสำหรับงานตกแต่งอีกประเภทที่สามารถใช้ได้ทั้งกับงานภายใน และภายนอก ขั้นตอนการผลิตไม่ต่างกับกระจกทั่วไป ความแตกต่างคือการเพิ่มความร้อนเพื่อให้ กระจกร้อนและอ่อนตัวลงเพื่อให้สามารถทำการตัดโค้งได้ตามรูปแบบที่ต้องการ และทำให้กระจกเย็น ลงเพื่อให้กระจกอยู่ตัว งานกระจกโค้งที่นิยมและพบเห็นบ่อยที่สุดคือ กระจกสำหรับยานพาหนะต่างๆ เช่น กระจกรถยนต์ และกระจกสำหรับยานพาหนะประเภทอื่นๆ ในงานก่อสร้าง กระจกตัดโค้งจัดเป็น สถาปัตยกรรมที่สวยงามหรืออีกประเภทหนึ่งที่สามารถสร้างความแตกต่างให้กับอาคารได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันอาคารที่ทำงานก่อสร้างอุโมงค์เพื่อเชื่อมทางเดินต่างก็นิยมใช้กระจกตัดโค้งกันแทบทั้งสิ้น ทั้งนี้ กระจกตัดโค้งยังสามารถนำไปใช้ประดับรอบอาคารให้ดูโค้งมนแม้โครงสร้างอาคารจะถูกก่อสร้างด้วย รูปทรงสี่เหลี่ยมก็ตาม ในงานประตู หน้าต่าง หากได้กระจกโค้งมาเป็นส่วนประกอบหลักจะช่วยให้ ภาพลักษณ์ ประตู หน้าต่าง ดูมีราคาและเพิ่มรสนิยมมากขึ้น

#### 2.4.12 กระจกฝ้า (Frosted Glass)

กระจกฝ้าคือกระจกที่ผ่านกรรมวิธีที่ทำให้กระจกนั้นหมดความใส เพื่อวัตถุประสงค์ในการลด การมองเห็นผ่านทะลุแต่ไม่มีมิติในทีเดียว กล่าวคือแสงยังสามารถผ่านกระจก เข้ามาเพื่อทำให้พื้นที่ภายใน สว่างขึ้นแต่ไม่สามารถมองเห็นภาพข้างหลังกระจกได้ชัดเจน สิ่งที่เห็นมีเพียงเงาลางๆ กระจกฝ้ามักถูก ใช้งานในบริเวณของห้องน้ำมากที่สุดเนื่องจากเป็นที่ๆ ต้องการความเป็นส่วนตัวสูงบวกกับเป็น สถานที่ๆไม่เหมาะกับการใช้งานผ้า幔เนื่องจากเป็นสถานที่ๆ มีความชื้นสูง ต้องการแสงผ่านเข้าไป ในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการค้าเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่มีการรับประกันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 วิธีอบแห้งอาหาร [6]

### 2.5.1 ผลไม้อบกรอบ

#### 1) แอปเปิ้ลอบกรอบ (Cinnamon Ginger Baked Apple Chips)



รูปที่ 2.10 แสดงแอปเปิ้ลอบกรอบ

- ส่วนผสม แอปเปิ้ลอบกรอบ
  - แอปเปิ้ล 4 ลูก
  - น้ำเลมอนคั้น 1 ลูก
  - น้ำเย็น 2 ถ้วย
  - ผงอบเชย
  - ชิงผง
- วิธีทำแอปเปิ้ลอบกรอบ
  1. เปิดเตาอบที่อุณหภูมิ 200 องศาฟาเรนไฮต์ และปูกระดาษรองอบ เตรียมไว้
  2. เทน้ำเลมอนผสมกับน้ำเย็น นำแอปเปิ้ลหั่นสไลซ์แช่ลงไปสักครู่เพื่อไม่ให้แอปเปิ้ลเปลี่ยนเป็นสีคล้ำลง
  3. นำแอปเปิ้ลมาวางบนถาดอบที่เตรียมไว้ โรยผงอบเชยกับชิงผงลงไป นำไปอบประมาณ 1 ชั่วโมง หรือจนกรอบ นำออกมาพักไว้จนเย็น เก็บใส่ภาชนะปิดฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) กีวอบแห้ง (Dehydrated Kiwi Chips)



รูปที่ 2.11 แสดงกีวอบแห้ง

- ส่วนผสม กีวอบกรอบ

- กีวี่

- วิธีทำกีวอบกรอบ

1. ปอกเปลือกกีวี่ออก โดยคว่ำซ้อนเข้าไปใต้เปลือก ค่อยๆ วนซ้อนไปรอบๆ ผล หรือใช้มีดปอกก็ได้ตามความถนัด เสร็จแล้วก็หั่นเป็นแว่น ความหนาประมาณ 1/4 นิ้ว

2. นำกีวี่ไปอบในเครื่องอบอาหารแห้งที่อุณหภูมิ 135 องศาฟาเรนไฮต์ ประมาณ 6-12 ชั่วโมง ถ้าไม่มีเครื่องอบอาหารแห้งก็นำไปอบในเตาอบประมาณ 4 ชั่วโมงหรือจนแห้งกรอบ

### 2.5.2 การคำนวณเกี่ยวกับการทำให้แห้ง

ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัตถุ (Initial Period) ของการอบแห้ง ช่วงนี้วัสดุที่ใช้ในการอบแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่มาก ผิวของวัสดุจะมีลักษณะเปียกชื้นมาก อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อน ดังนั้น ช่วงเวลานี้ความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งจึงไปเพิ่มอุณหภูมิให้กับวัสดุทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น

ช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่ (Constant Rate Period) จะเป็นช่วงที่สองของการอบแห้ง อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ประมาณอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลม พลังงานความร้อนที่วัสดุได้รับจะใช้ในการระเหยความชื้นของวัสดุเท่านั้น ทำให้อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของวัสดุจะลดลงเป็นสัดส่วนกับเวลาในการอบแห้ง ดังนั้น ช่วงนี้อัตราการระเหยจะคงที่ (Constant Drying Rate) การคำนวณ อัตราการอบแห้งในช่วงนี้ สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่  $R_c = \frac{h_v k (T_v - T_f)}{\lambda}$  นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (5) การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $R_c$  = อัตราการอบแห้งในช่วงความเร็วคงที่

$h_v$  = สัมประสิทธิ์การเทความร้อน ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$T_v$  = อุณหภูมิของลมร้อน ( $^\circ\text{C}$ )

$T_i$  = อุณหภูมิผิวของวัสดุ ( $^\circ\text{C}$ )

จุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งความเร็วคงที่อัตราเร็วในการอบแห้งจะเริ่มลดลง ความชื้นของวัสดุ ณ เวลานี้ เราเรียกว่าความชื้นวิกฤต

ช่วงการอบแห้งความเร็วลดลง (Falling Rate Period) ช่วงนี้ความชื้นที่ผิวของวัสดุจะเริ่มค่อยๆ หดไปเพราะการถ่ายเทความร้อนจากด้านในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของความชื้นที่ผิวของวัสดุ ดังนั้น ที่ผิวของวัสดุจะเริ่มค่อยๆ แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งของช่วงนี้จะค่อยๆ ลดลงนั่นเอง การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่อความชื้นของวัสดุลดลงถึงค่าความชื้นสมดุล ซึ่งความชื้นของวัสดุจะไม่ลดลงอีก ถึงแม้จะใช้เวลาในการอบแห้งนานก็ตาม

การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Solar Drying) เนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมีศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง คือ ประมาณ  $18.2 \text{ MJ/m}^2 \text{-day}$  และสืบเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่ผลทางการเกษตรมากมาย ส่วนหนึ่งก็จำหน่ายในรูปของสด และบางส่วนก็ทำการอบแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการจัดเก็บ หรือความสะดวกต่อการขนส่ง การอบแห้งหรือตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นทางเลือกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการเลือกใช้เนื่องจาก ต้นทุนต่ำและง่าย มีอุปกรณ์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

## 2.6 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน [6]

การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งต้องทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญต่าง ๆ โดยทำการแปรค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นตามมาตรฐานที่เลือกใช้ในการทดสอบ ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงความร้อน ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จึงสามารถหาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{c(T_{60} - T_0)}{A \times G} \times 100\% \quad (6)$$

เมื่อ  $C$  คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ( $\text{J/kg } ^\circ\text{C}$ )

$T$  คือ อุณหภูมิที่มีค่ามากที่สุดจากทดลอง ( $^\circ\text{C}$ )

$T_0$  คือ อุณหภูมิที่มีค่าน้อยที่สุดจากทดลอง ( $^\circ\text{C}$ )

$G$  คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง ( $\text{W/m}^2$ )

$A$  คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

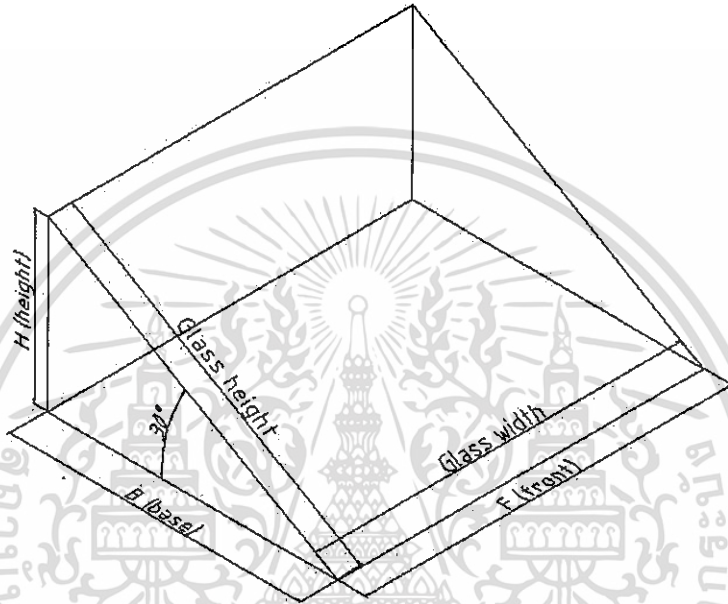
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการคำนวณด้วยสมการ (6) จะถูกนำมาใช้คำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ในบทย่อยต่อไป

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [7]

### 2.7.1 การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (ณรงค์ ฉำบุญรอด)

#### 1) หลักการสำคัญของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.19 ลักษณะโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากรูปภาพโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มีการกำหนดด้านต่างๆ ดังนี้

- 1.B (base) ความลึกของตู้อบแห้ง และเป็นด้านฐานของสามเหลี่ยม
- 2.H (height) ด้านหลังของตู้อบ และเป็นด้านสูงของสามเหลี่ยม
- 3.F (front) ด้านหน้าของตู้อบ
- 4.Glass width ความกว้างของกระจกแผ่นหน้าของตู้อบ
- 5.Glass height ความสูงของกระจกแผ่นหน้าของตู้อบ และเป็นด้านตรงข้ามมุมฉาก

ของสามเหลี่ยม

หลักการของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะพิจารณาที่ด้านข้างของตู้ จะมองเห็นส่วนประกอบ ดังนี้

- 1.ลักษณะของตู้อบแห้งเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก
- 2.เพื่อให้ตู้อบรับความร้อนจากแสงแดดได้มากที่สุด มุมเอียงของกระจก หรือด้าน

ตรงข้ามมุมฉากจะต้องทำมุมฉากกับการตกกระทบของแสงแดดและการทดลองของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยพบว่ามุมเอียงที่ดีที่สุดสำหรับประเทศไทย (มุมแหลมด้านล่าง) จะมีค่า 30 องศา

## 2) การคำนวณด้าน Height และด้าน Glass height

กำหนดจากด้าน Base หรือ ฐานของสามเหลี่ยม ก่อนและคำนวณหาด้าน Height และ ด้าน Glass height

$$\tan 30^\circ = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}} \quad \tan 30^\circ = \frac{\text{Height}}{\text{Base}} \quad (7)$$

$$\cos 30^\circ = \frac{\text{ด้านประชิดมุม}}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก}} \quad \cos 30^\circ = \frac{\text{Base}}{\text{Glass Height}} \quad (8)$$

ดังนั้น

$$\text{Height} = 0.58 \times \text{Base} \quad \text{Glass Height} = \frac{\text{Base}}{0.87}$$

สมการที่ 6 และสมการที่ 7 การคำนวณหาขนาดความสูงและขนาดกระจก การคำนวณครุฑที่จะกำหนดเป็นตารางสำเร็จรูปที่กำหนดขนาดต่างๆ ตารางที่ 2.1 ขนาดของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Base	Height	ความสูงกระจก
60	34.64	69.28
100	57.74	115.47
120	69.28	138.56
150	86.60	173.21
180	103.92	207.85
หมายเหตุ : หน่วยวัด ซม.		

หน้ากว้างของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หรือ F (front) ด้านหน้าของตู้จะสามารถ กำหนดได้ตามความเหมาะสม เช่น ความกว้างของพื้นที่ที่วางตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ปัญหาของการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในตารางที่ 2.1

ขนาดที่กำหนดในตารางที่ 2.1 จะเหมาะสำหรับการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้

พลาสติกมากกว่าที่จะใช้กระจก ทั้งนี้เพราะกระจกที่ขายจะมีขนาดที่แน่นอน การออกแบบที่ไม่  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่จนดจนการค้า  
 เหมาะสมกับขนาดของกระจกจะทำให้ต้นทุนของการสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สูงมาก ดังนั้น  
 ไม่ควรกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาปรึกษา

การออกแบบขนาดตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องการใช้กระจกควรที่จะต้องคำนึงถึงขนาดกระจกเป็นตัวหลักของการออกแบบ

โดยทั่วไป กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ที่มีจำหน่ายทั่วไปจะมีขนาด ดังนี้ ตารางที่ 2.2 ขนาดกระจกที่มีวางจำหน่าย

ขนาดที่	กว้าง	สูง
1	2 ฟุต (60.96 ซม.)	3 ฟุต (91.44 ซม.)
2	3 ฟุต (91.44 ซม.)	3 ฟุต (91.44 ซม.)
3	3 ฟุต (91.44 ซม.)	4 ฟุต (121.92 ซม.)

แต่โดยทั่วไปแล้ว ร้านค้าจะมีจำหน่ายเพียง 1 – 2 ขนาดเท่านั้น ดังนั้น การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ควรที่จะต้องตรวจสอบขนาดกระจกที่มีวางจำหน่ายตามร้านค้าของชุมชนก่อนที่จะลงมือสร้าง

การคำนวณโดยใช้ขนาดกระจกเป็นหลักของการคำนวณ

$$\cos 30^\circ = \frac{\text{Base}}{\text{Glass Height}} \quad (9)$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{Base} &= \cos 30^\circ \times \text{Glass Height} \\ &= 0.87 \times \text{Glass Height} \end{aligned}$$

$$\sin 30^\circ = \frac{\text{Height}}{\text{Glass Height}} \quad (10)$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{Height} &= \sin 30^\circ \times \text{Glass Height} \\ &= 0.50 \times \text{Glass Height} \end{aligned}$$

สมการที่ 8 และสมการที่ 9 การคำนวณโดยใช้ขนาดกระจกเป็นหลักของการคำนวณ

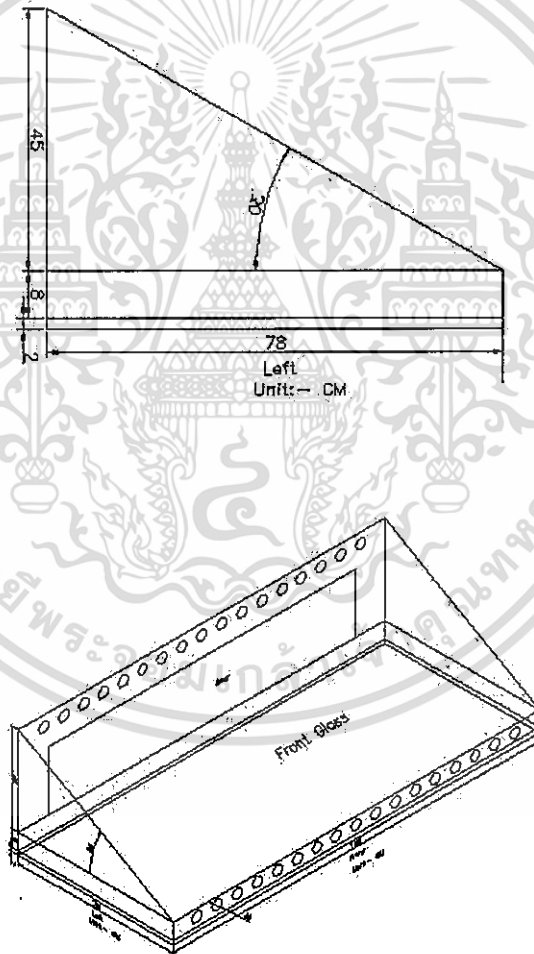
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การคำนวณขนาดตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากขนาดกระจก

Mirror Height	base	height
24 ฟุต (60.96 ซม.)	52.83 ซม.	30.50 ซม.
36 ฟุต (91.44 ซม.)	79.24 ซม.	45.75 ซม.
48 ฟุต (121.92 ซม.)	80.11 ซม.	46.25 ซม.

ความกว้างด้านหน้า หรือ F (Front) จะเป็นตัวกำหนดว่าจะต้องใช้กระจกวางเรียงกันกี่แผ่น

3) การออกแบบฐานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.20 การออกแบบฐานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนฐานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีหน้าที่ 3 อย่าง คือ

1. วางตะแกรงสำหรับตากชิ้นงาน
  2. ช่องลมเข้าสำหรับระบายไอน้ำ
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ป้องกันความร้อนออกนอกตู้ โดยการแผ่รังสีออกทางด้านล่างของตู้ จากทั้งสามหน้าที่จะเป็นตัวกำหนดความสูงของฐานตู้บแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

#### 4) ฉนวนป้องกันความร้อนด้านล่างของฐาน

1. กรอบโครงของฐานจะต้องใช้ไม้ที่หนาพอสมควรและความสูงของไม้โครง
2. จะเป็นความสูงของฐานตู้ด้วยเช่นกัน
3. พื้นล่างสุดใช้ไม้แผ่นเรียบหรือไม้อัด
4. ปูทับด้วยแผ่นโฟมหนาประมาณ ½ - 1 นิ้ว
5. ปูทับด้วยไม้แผ่นเรียบหรือไม้อัดอีกครั้งหาด้วยสีดำด้าน
6. ถ้าต้องการให้พื้นด้านในสามารถเก็บความร้อนได้ดี โดยให้ทั่วด้วยถ่านหุง
7. ข้าว โดยขนาดของถ่านจะเป็นตัวกำหนดความสูงของฐานตู้ด้วยเช่นกัน

#### 5) ช่องระบายลมหรือระบายไอน้ำ

ความร้อนสูงภายในตู้บแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ชิ้นงานแห้งเร็วได้ โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีความชื้นสูงหรือชิ้นงานที่มีน้ำมาก

ตู้บแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีจะต้องมีการระบายลมหรือความไอน้ำได้เร็ว โดยใช้หลักการง่าย คือ

ต้องมีลมเข้าและลมออกพร้อมๆ กัน

1. ช่องลมเข้าและช่องลมออกควรมีขนาดเท่าๆ กัน
2. ช่องลมเข้าอยู่ส่วนล่างของด้านหน้าตู้บแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
3. ช่องลมออกอยู่ที่ส่วนบนของฝาปิดหลังตู้

จากตู้ต้นแบบที่ได้สร้างและทดลองช่องลมเข้า เจาะโดย Hole saw ขนาด 5 ซม. ซึ่งจะง่ายกว่าเจาะเป็นรูสี่เหลี่ยม เรียงเกือบเต็มด้านหน้าของฐานตู้บแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ช่องลมออก เจาะโดย Hole saw ขนาด 5 ซม. เช่นกันที่ใกล้ขอบบนของฝาปิดหลังของตู้บแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และตำแหน่งช่องลมเข้าและช่องลมออกอยู่ในตำแหน่งตรงกัน ต่างกันที่ระดับความสูง

จำนวนช่องระบายลม/ไอน้ำควรเจาะจำนวนช่องมากไว้ก่อน และสามารถปิดช่องลมได้ถ้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อน โดยการใช้กระจก 2 ชนิด คือ กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา เพื่อเป็นตัวส่งผ่านรังสีความร้อน ในส่วนถัดมาจะเป็นการอธิบายถึงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อนโดยใช้กระจก 2 ชนิดสำหรับการอบอาหาร เพื่อตรวจสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเปรียบเทียบกับชนิดของกระจก และตรวจสอบความชื้นของอาหารที่ได้จากการอบ

#### 3.1 การออกแบบและสร้างระบบ

ในส่วนของการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษเป็นตัวที่ส่งผ่านรังสีความร้อน โดยเริ่มต้นจากการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับนำมาใช้ในการทดสอบการอบผลไม้ในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้น

##### 3.1.1 จัดหาวัสดุอุปกรณ์และการออกแบบ

ในส่วนนี้เป็นส่วนของการจัดหา สั่งซื้ออุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการทดสอบการอบผลไม้ในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา มีดังต่อไปนี้

##### 1) TM-305U Temperature & Humidity Datalogger

เครื่องวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น TM-305U นำมาใช้ในการวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสธรรมดา โดยตัวเครื่องมีขนาดเท่ากับ 83 x 60 x 24 มิลลิเมตร น้ำหนัก 77 กรัม ช่วงในการวัดอุณหภูมิมีค่า -40 ถึง 85 องศาเซลเซียสและช่วงในการวัดความชื้นสัมพัทธ์มีค่า 1%-99%rH ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุด 50,000 ข้อมูล เลือกตั้งความถี่ในการบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 5 วินาที, 10 วินาที, 1 นาที, 5 นาที, 10 นาที, 30 นาที, 1 ชั่วโมง เมื่อบันทึกหน้าจอจะแสดงผล LCD มีไฟ LED ไฟสีแดง Alarm และไฟสีเขียว Record มีการประมวลผล Sampling Rate 3 วินาที แบตเตอรี่มีอายุการใช้งาน 1 ปี โดยมีความจุแบตเตอรี่เท่ากับ 3.6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 TM-305U Temperature & Humidity Datalogger

## 2) Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger

เครื่องวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น Lascar EL-USB-TP-LCD นำมาใช้ในการวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาวะแวดล้อมภายนอกตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ โดยตัวเครื่องมีขนาดเท่ากับ 135 x 24 x 21 มิลลิเมตร ช่วงในการวัดอุณหภูมิมีค่า -40 ถึง +125 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุด 32,000 ข้อมูล ตั้งเวลาการบันทึกข้อมูล Logging Rate โดยบันทึกทุกๆ 1 วินาที ถึง 12 ชั่วโมง จอแสดงผลแบบ High contrast LCD เมื่อบันทึกหน้าจอจะแสดงผลสถานะของเครื่องด้วยแสง LED สีแดงและสีเขียว มีอายุการใช้งานแบตเตอรี่ประมาณ 2 ปี



รูปที่ 3.2 Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) Humidity & Temperature Datalogger DT-172

เครื่องวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ CEM รุ่น DT-172 นำมาใช้ในการวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของภายในตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ โดยตัวเครื่องมีขนาด 94x50x32 มิลลิเมตร มีช่วงในการวัดอุณหภูมิมีค่า -40 ถึง 70 องศาเซลเซียสและมีช่วงในการวัดความชื้น 0 ถึง 100%RH ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุด 32,700 ข้อมูล ตั้งเวลาการบันทึกข้อมูล Logging Rate โดยบันทึกทุกๆ 1 วินาที ถึง 24 ชั่วโมง มีอายุการใช้งานแบตเตอรี่ 1 ถึง 3 ปี



รูปที่ 3.3 Humidity-Temperature Datalogger DT-172

### 4) TOA Spray สีสเปรย์ทนความร้อน สีดำด้าน 400cc

สีสเปรย์ทนความร้อน สีดำด้านถูกนำมาใช้ในการพ่นภายในตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นสีดำ เพื่อให้ภายในตู้อบสามารถดูดกลืนรังสีความร้อนได้มากขึ้น โดยมีขนาด 400cc และสามารถทนความร้อนได้ถึง 600°C ซึ่งเกาะติดบนพื้นผิวโลหะและคอนกรีตทุกชนิด



สีดำด้าน  
Flat Black  
051



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.4 สีสเปรย์ทนความร้อน สีดำด้าน  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5) Tenmars TM-750 Solar Power Meter

เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์ รุ่น Tenmars TM-750 นำมาใช้ในการวัดความเข้มแสงอาทิตย์ที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ โดยตัวเครื่องมีขนาดเท่ากับ 108 x 48 x 23 มิลลิเมตรและน้ำหนักเท่ากับ 80 กรัม ช่วงในการวัดสูงสุด 2000 W/m<sup>2</sup> จอแสดงผล LCD 3½ digits มีหน่วยการวัดแบบ W/m<sup>2</sup> (วัตต์ต่อตารางเมตร) หรือ BTU โดยแบตเตอรี่มีความจุเท่ากับ 1.5 V



รูปที่ 3.5 Tenmars TM-750 Solar Power Meter

### 6) แผ่นโฟม

แผ่นโฟมใช้ในการรองตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการนำความร้อนจากพื้นไปสู่ตู้อบในการวัดอุณหภูมิและความชื้นภายนอก โดยแผ่นโฟมมีขนาดเท่ากับ 23 x 47 นิ้ว และหนา 4 นิ้ว



รูปที่ 3.6 แผ่นโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 7) Analytical Balance MS204TS/00

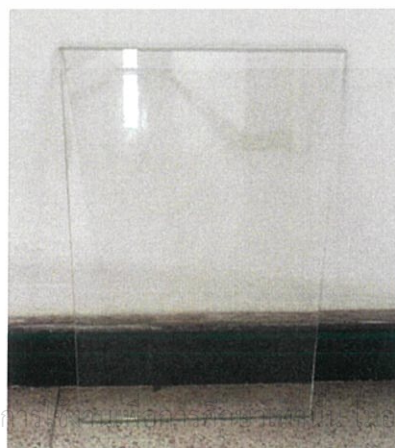
เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น MS204TS/00 นำมาใช้ในการชั่งน้ำหนักผลไม้ที่ใช้ในการทดสอบตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ โดยตัวเครื่องมีขนาดเท่ากับ 347 x 348 x 204 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางจานชั่งเท่ากับ 90 มิลลิเมตร มีความจุสูงสุดเท่ากับ 220 กรัม ซึ่งจอแสดงผลเป็นจอทัชสกรีนสี TFT 7" สามารถอ่านค่าละเอียดได้ถึง 0.1 มิลลิกรัม (100 กรัม)



รูปที่ 3.7 Analytical Balance MS204TS/00

### 8) กระจกใสพิเศษ

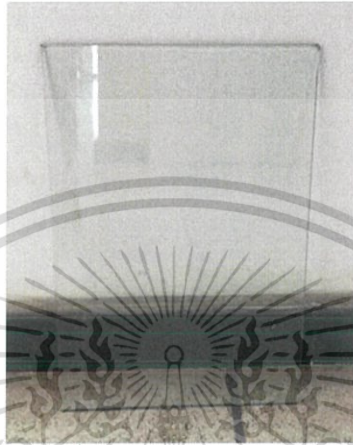
กระจกใสพิเศษ (Superclear Glass) หรือเรียกว่า (Low-iron glass) เป็นกระจกโฟลทใส ที่มีการเอาสาร Iron Oxide ออกไปจากขบวนการผลิต ทำให้ความเขียวในเนื้อกระจกลดลงไปได้อย่างมาก กระจกจึงใสขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งกระจกใสพิเศษมีค่าการส่งผ่านของแสง (ที่เรามองเห็นได้) เท่ากับ 91% และมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์เท่ากับ 90% โดยมีขนาดความหนาเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 280 มิลลิเมตร และความยาวเท่ากับ 520 มิลลิเมตร เพื่อนำมาใช้ในการส่องผ่านรังสีความร้อนของการอบผลไม้ด้วยตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดต่อรูปที่ 3.8 กระจกใสพิเศษ ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 9) กระจกใสธรรมดา

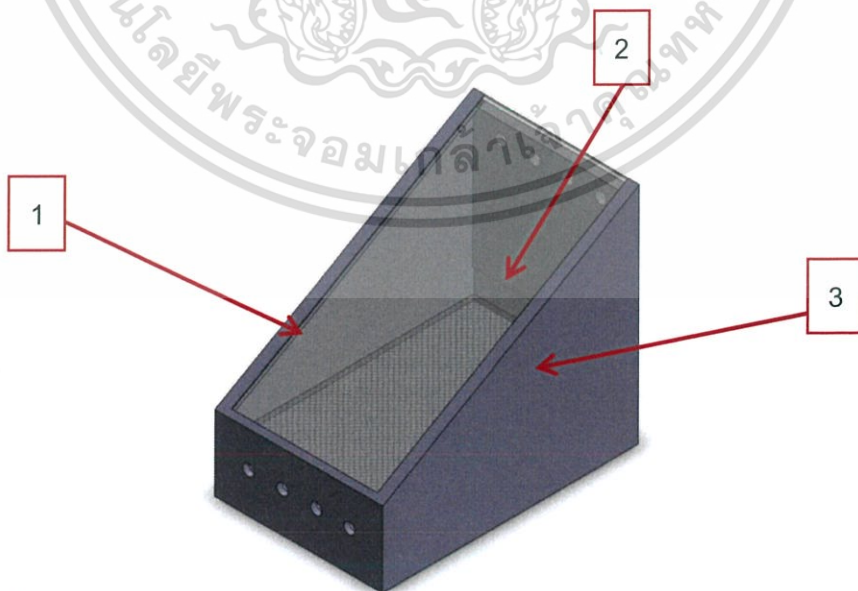
กระจกใสธรรมดา (Clear Glass) เป็นกระจกโพลทิส ซึ่งกระจกใสธรรมดามีค่าการส่งผ่านของแสง (ที่เรามองเห็นได้) เท่ากับ 88% และมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์เท่ากับ 82% โดยมีขนาดความหนาเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ความกว้างเท่ากับ 280 มิลลิเมตร และความยาวเท่ากับ 520 มิลลิเมตร เพื่อนำมาใช้ในการส่งผ่านรังสีความร้อนของการอบผลไม้ด้วยตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.9 กระจกใสธรรมดา

#### 3.1.2 การออกแบบและพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา

เป็นส่วนของการออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม Solid Works ในการออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบกระจก 2 ชนิด คือ กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา เพื่อนำมาอบผลไม้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 ได้แสดงส่วนประกอบของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้แสดงไว้ตามหมายเลขต่างๆ ดังนี้

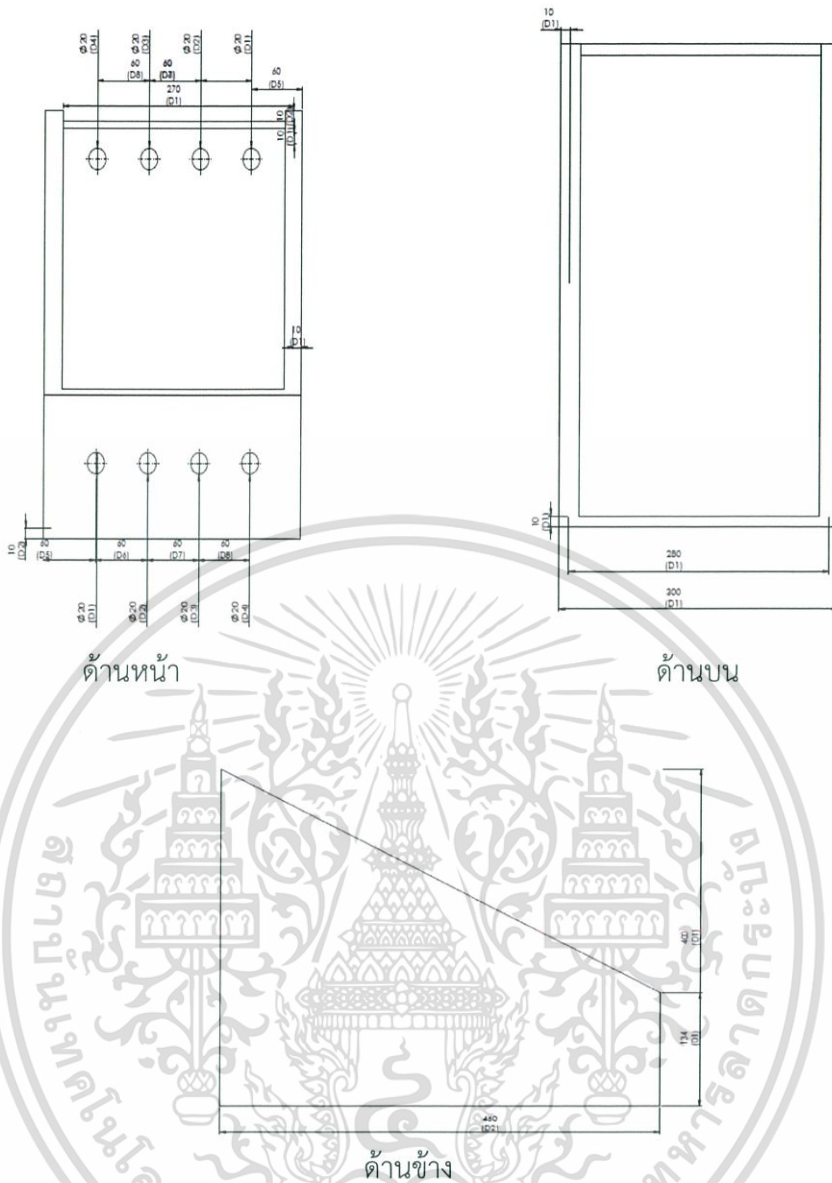
1. โครงของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
2. กระจก
3. ที่จับด้านหลังและตะแกรงสำหรับวางอาหาร

ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกพัฒนาและปรับปรุงขึ้นมาจนมีลักษณะดังที่ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.10 ซึ่งโครงสร้างทำมาจากสแตนเลส แสดงลักษณะของส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

#### 1. โครงของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

ฐานตู้อบแห้งด้านล่างเป็นส่วนที่ทำจากแผ่นสแตนเลส โดยภายในพ่นด้วยสีสเปรย์ทนความร้อนสีดำด้าน ซึ่งวัตถุทุกชนิดสามารถดูดกลืนพลังงานรังสี การดูดกลืนพลังงานรังสีของวัตถุเรียกว่า "การดูดกลืนความร้อน" จากการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์พบว่า วัตถุที่มีผิวทึบหรือสีเข้มจะดูดกลืนความร้อนได้ดี [8] ในส่วนของช่องระบายลมหรือระบายไอน้ำ ประกอบด้วยช่องลมด้านบนที่อยู่ทางด้านหลังของตู้อบ อากาศร้อนในตู้อบจะถ่ายเทความชื้นที่มีอยู่ในอาหารให้ระเหยออกมา เกิดการลอยตัวสูงขึ้นออกไปทางช่องลมด้านบนนี้ ส่วนช่องลมด้านล่างที่อยู่ทางด้านหน้าของตู้ ซึ่งอากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ด้าน Front แสดงให้เห็นช่องรูระบายลมด้านหน้ามี 4 รู และด้านหลัง 4 รู แต่ละรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ระยะห่างจากกันฝั่งละ 60 มิลลิเมตร ทั้งด้านฝั่งขวาและด้านฝั่งซ้าย ซึ่งรูทั้งด้านหน้าและด้านหลังมีขนาดและระยะที่เท่ากัน ตัวตู้มีขนาดความหนาด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา หนาด้านละ 10 มิลลิเมตร ตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ด้าน Front แสดงให้เห็นตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มีความสูงทั้งหมด 400 มิลลิเมตรและมีขนาดความสูงจากฐานของตู้อบถึงส่วนที่รับแสงอาทิตย์ 134 มิลลิเมตร มีขนาดความยาวทั้งหมด 460 มิลลิเมตร ส่วนที่รับแสงอาทิตย์จะมีขนาดเอียงทำมุม 30 องศา ตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ด้าน Top แสดงให้เห็นขนาดของตัวตู้อบ มีความกว้างทั้งหมด 300 มิลลิเมตร และความกว้างภายในตู้อบ 280 มิลลิเมตร

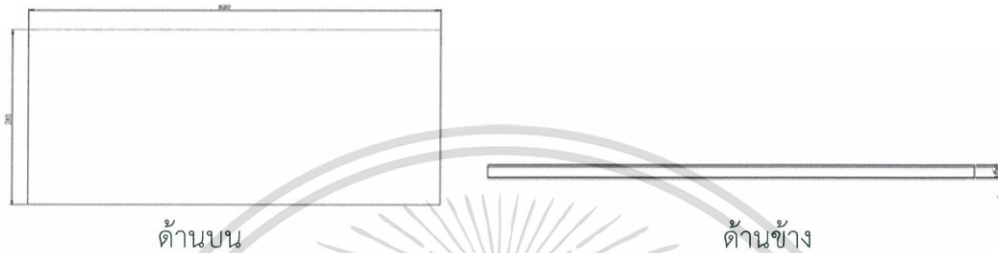
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 3.11 ภาพโครงของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ในมุมมองไอโซเมตริก ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. กระจกใส

ในการทดลองนี้ใช้กระจกใสพิเศษเป็นตัวส่องผ่านรังสีความร้อนในการอบผลไม้ในการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับกระจกใสธรรมดา โดยได้ออกแบบให้กระจกทั้ง 2 ชนิด มีขนาดและความหนาที่เท่ากันทั้งหมด จะมีขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร ความกว้าง 280 มิลลิเมตร และความยาว 520 มิลลิเมตร ซึ่งกระจกดังกล่าวสามารถใส่ได้ถอดเข้า-ออกได้ จากตัวตู้อบได้

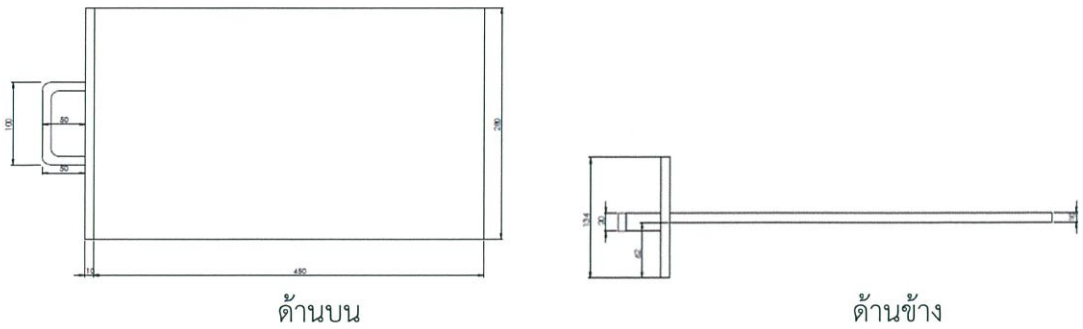


รูปที่ 3.12 ภาพแสดงกระจกในมุมมองไอโซเมตริก

## 3. ที่จับด้านหลังและตะแกรงสำหรับวางอาหาร

เป็นส่วนของที่จับในการเลื่อนเข้า-ออก ซึ่งเชื่อมต่อกับตะแกรงสำหรับวางอาหารที่นำมาอบแห้งทำจากสแตนเลส ซึ่งทนทานต่อการเกิดสนิม โดยที่จับทั้งหมดมีความกว้าง 280 มิลลิเมตร ความยาว 450 มิลลิเมตร ตะแกรงมีความหนา 3 มิลลิเมตร ส่วนตัวด้านหลังที่ติดกับที่จับมีขนาดความกว้าง 134 มิลลิเมตร ความยาว 280 มิลลิเมตร และความหนา 10 มิลลิเมตร ส่วนที่จับด้านหลังมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร มีความหนาด้านนอก 20 มิลลิเมตรและมีความหนาด้านใน 10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงภาพที่จับด้านหลังและตะแกรงสำหรับวางอาหารในมุมมองไอโซเมตริก

## 3.2 การทดสอบตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษและกระจกใสธรรมดา

จัดเตรียมตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษในการอบผลไม้ โดยจะทำการเปรียบเทียบการทดลองกับการอบด้วยตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสธรรมดา ซึ่งจะทำให้การทดลองพร้อมกันและบันทึกผลของอุณหภูมิ ผลของความชื้นภายในตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ บันทึกผลความเข้มแสงอาทิตย์ขณะทำการทดลอง อุณหภูมิและความชื้นของสภาวะแวดล้อมภายนอกตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ คำนวณหาค่าความชื้นของผลไม้ก่อนและหลังการอบ

### 3.2.1 การเตรียมอาหารเพื่อทดสอบชนิดกระจก

ในการเตรียมอบแห้งพืชผักและผลไม้ โดยอบอาหารผ่านกระจกใสพิเศษ , กระจกใสธรรมดา และอากาศ ในวันและเวลาเดียวกัน เพื่อทดสอบตู้อบแสงอาทิตย์โดยการเปลี่ยนชนิดของกระจกและตรวจสอบคุณภาพอาหาร เพื่อให้อาหารมีคุณภาพเหมาะสมและดีที่สุด ซึ่งอาหารที่เราจะนำมาทดสอบมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ กี้วี่ สตรอเบอร์รี่ และแอปเปิ้ล โดยมีวิธีการจัดเตรียม ดังนี้

#### 1) ขั้นตอนการคัดเลือกและการหั่น

อาหารที่เรานำมาทดสอบนั้น มี 3 ชนิด คือ กี้วี่ สตรอเบอร์รี่ และแอปเปิ้ล ในขั้นตอนการคัดเลือก จะคัดเลือกผลไม้แต่ละชนิดที่สดใหม่ ไม่เหี่ยว ไม่เน่า และผลไม้แต่ละชนิดแต่ละผลให้มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนขั้นตอนการหั่นผลไม้

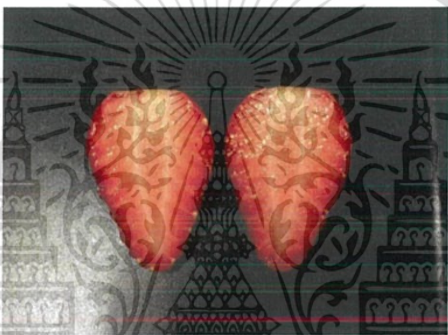
ไม่วากรัมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กีวี จะต้องนำไปปอกเปลือกด้านนอกออก แล้วนำมาหั่นแนวขวาง หั่นให้มีขนาดที่เท่ากัน



รูปที่ 3.14 ลักษณะกีวีที่หั่นตามแนวขวางที่ใช้ในการทำการทดสอบ

- สตรอเบอร์รี่ นำไปล้างให้สะอาด แล้วหั่นก้านส่วนหัวออก จากนั้นผ่าครึ่งตามแนวยาว หั่นให้มีขนาดเท่ากัน



รูปที่ 3.15 ลักษณะสตรอเบอร์รี่ที่หั่นผ่าครึ่งที่ใช้ในการทำการทดสอบ

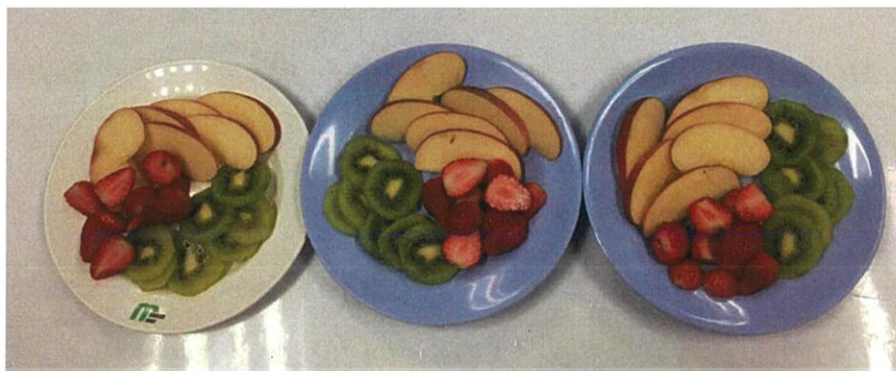
- แอปเปิ้ล นำไปล้างให้สะอาด แล้วหั่นออกเป็น 4 ส่วนตามแนวยาว นำเมล็ดด้านในและส่วนก้านออก จากนั้นหั่นตามแนวยาวให้มีขนาดเท่ากัน



รูปที่ 3.16 ลักษณะแอปเปิ้ลที่หั่นตามแนวยาวที่ใช้ในการทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ขั้นตอนการชั่งปริมาณ



รูปที่ 3.17 แบ่งผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 3.18 ชั่งผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทำทดสอบ

นำผลไม้ทั้ง 3 ชนิด กีวี สตรอเบอร์รี่ และแอปเปิ้ล ที่หั่นเสร็จแล้วแบ่งผลไม้แต่ละชนิด ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนละเท่าๆกัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ส่วนที่ 1 จะนำไปทดสอบในตู้อบพลังงาน แสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษ ส่วนที่ 2 จะนำไปทดสอบในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใส ธรรมดา และส่วนที่ 3 จะนำไปทดสอบในสภาวะแวดล้อมภายนอก

## 3) ขั้นตอนการจัดเรียง

เมื่อได้ผลไม้ทั้ง 3 ชนิดที่แบ่งออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กันแล้วนั้น นำผลไม้ทั้งหมดของแต่ละส่วน จัดเรียงลงบนตะแกรงของตู้อบทั้ง 2 ตู้ ส่วนการทดสอบในสภาวะแวดล้อมนั้น จะจัดเรียงลงบนจาน โดยเว้นระยะห่างของผลไม้แต่ละชิ้นให้เท่าๆ กัน

### 3.2.2 การจัดเตรียมตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

#### 1) ขั้นตอนการพ่นสี

นำส่วนตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์มาล้างทำความสะอาดทั้งภายในและด้านนอกให้ สะอาด แล้วเช็ดให้แห้ง เพื่อเตรียมนำไปพ่นสีสเปรย์ทนความร้อน โดยจะใช้สีดำด้าน เนื่องจากการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์การค้า ดูดกลืนความร้อนวัตถุที่มีผิวนอกสีดำทึบหรือสีเข้มจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุที่มีผิวนอกสีขาว ไม่ว่าใครผิดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและดัดแปลงอย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือสีอ่อน ฟันสีสเปรย์ทนความร้อน บริเวณฐานของตู้อบ และบริเวณด้านข้างทั้ง 4 ด้านของตู้อบ ฟันสีสเปรย์ทนความร้อนซ้ำ 2-3 รอบให้สม่ำเสมอในทุกส่วน ทิ้งไว้ให้สีแห้งสนิท 1 ชั่วโมง

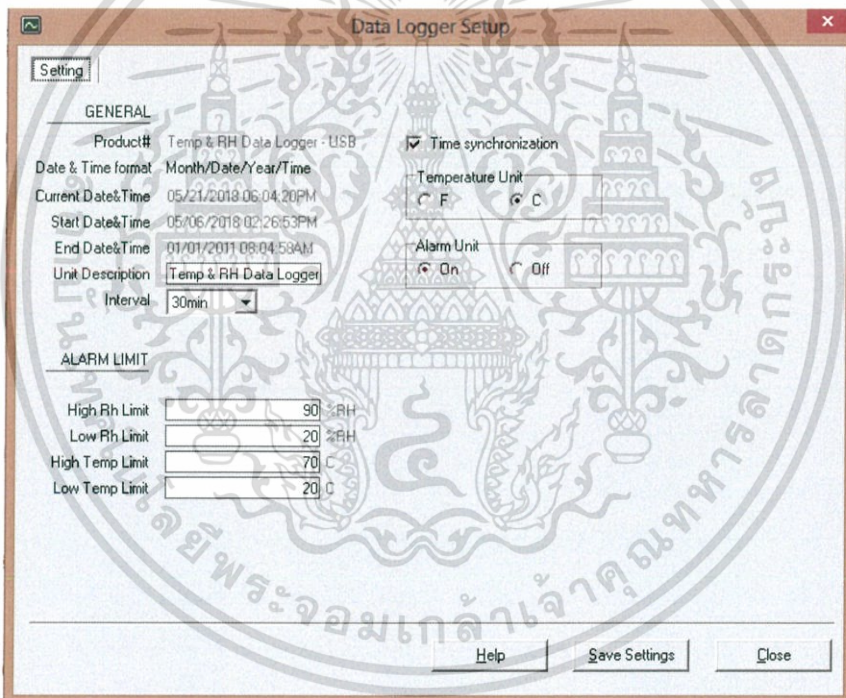
## 2) ขั้นตอนการประกอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

นำส่วนประกอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 ส่วน ตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ กระจก และที่จับด้านหลังและตะแกรงสำหรับวางอาหาร มาประกอบกันโดยโดยตู้อบที่ 1 จะเป็นตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสพิเศษ และตู้อบที่ 2 จะเป็นตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกใสธรรมดา

### 3.2.3 การทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

#### 1) ขั้นตอนการตั้งค่าอุปกรณ์

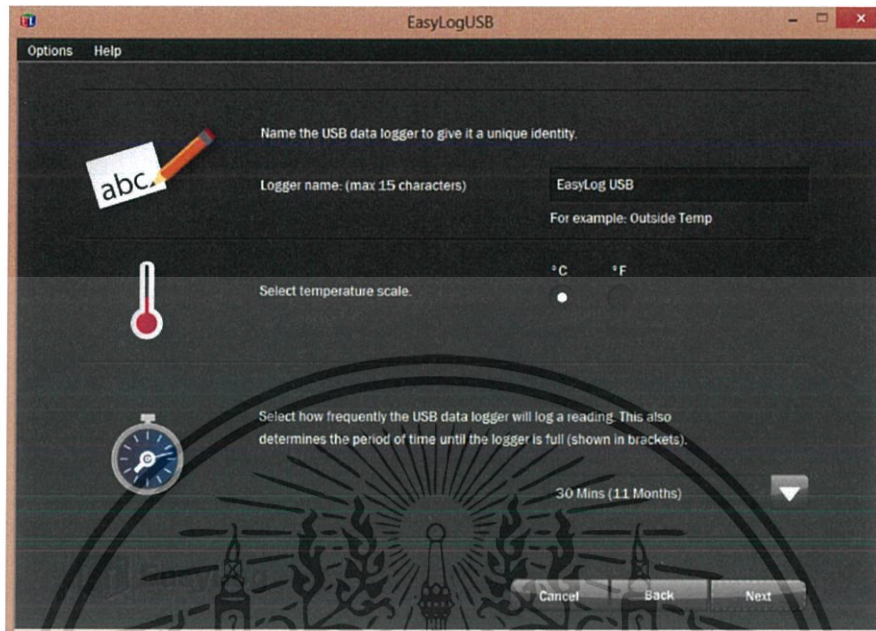
- TM-305U Temperature & Humidity Datalogger เครื่องวัดบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งค่าในโปรแกรม Temp & RH Data Logger V1.7 ตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที โดยอุณหภูมิตั้งค่าน้อยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นตั้งค่าน้อยเป็น %RH



รูปที่ 3.19 ตั้งค่า TM-305U Temperature & Humidity Datalogger ในโปรแกรม Temp & RH Data Logger V1.7

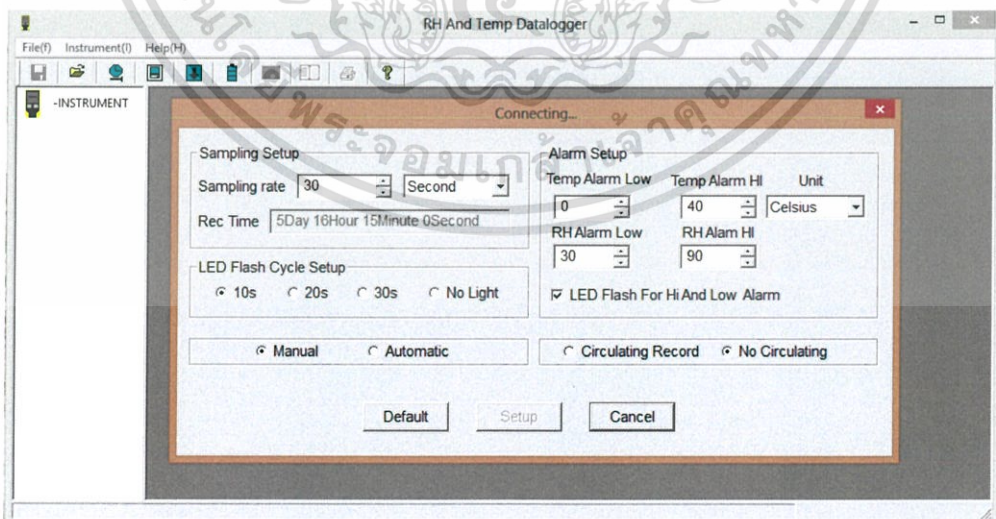
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger ตั้งค่าในโปรแกรม EasyLogUSB ตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที โดยอุณหภูมิตั้งค่านหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นตั้งค่านหน่วยเป็น %rH



รูปที่ 3.20 ตั้งค่า Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger ในโปรแกรม EasyLogUSB

- Humidity & Temperature Datalogger DT-172 ในโปรแกรม RH and Temp Datalogger ตั้งค่าให้บันทึกข้อมูลทุกๆ 30 นาที โดยอุณหภูมิตั้งค่านหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นตั้งค่านหน่วยเป็น %rH



รูปที่ 3.21 ตั้งค่า Humidity & Temperature Datalogger DT-172 ในโปรแกรม RH And Temp Datalogger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ขั้นตอนการจัดเตรียมสถานที่

นำตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่จัดเตรียมผลไม้เรียบร้อยแล้วทั้ง 2 ตู้ และจานผลไม้ที่ทดสอบในสภาวะแวดล้อมภายนอก ไปยังสถานที่ทดสอบนั่นก็คือ ชั้นตาดฟ้า อาคารพระจอมเกล้า คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ตู้และจานผลไม้ วางหันหน้าตู้อบพื้นที่รับแสงไปทางด้านทิศใต้

## 3) ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

ติดตั้ง TM-305U Temperature & Humidity Datalogger ไว้ภายในตู้อบทั้ง 2 โดยวางไว้บริเวณตะแกรงด้านใน และติดตั้ง Lascar EL-USB-TP-LCD Datalogger ไว้ในสภาวะแวดล้อมด้านนอก

### 3.3 การตรวจสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ศึกษาจากค่าผลการทดสอบวัดอุณหภูมิในขณะที่อบอาหารทั้ง 3 สภาวะ คือ ภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกใสพิเศษ แบบกระจกใสธรรมดา และแบบในสภาวะแวดล้อม

#### 3.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้น

ศึกษาจากค่าผลการทดสอบวัดความชื้นในขณะที่อบอาหารทั้ง 3 สภาวะ คือ ภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกใสพิเศษ แบบกระจกใสธรรมดา และแบบในสภาวะแวดล้อม

#### 3.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวล

ศึกษามวลของอาหารก่อนนำไปอบและหลังจากอบเสร็จแล้วอบอาหารทั้ง 3 สภาวะ คือ ภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจกใสพิเศษ แบบกระจกใสธรรมดา และแบบในสภาวะแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการทดลองของงานวิจัยนี้คือการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อนที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมาสำหรับการอบอาหาร โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบสร้างและทดสอบการทำงานของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

#### 4.1 ผลการออกแบบและสร้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างโดยสมบูรณ์ โดยออกแบบด้วยโปรแกรม solid work และสร้างขึ้นจำนวน 2 ตู้ คือ ตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสธรรมดา และตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ

จากรูป (ก) แสดงโครงของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาในมุมมองจากด้านหน้า ซึ่งโครงของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ทำมาจากวัสดุสแตนเลส ทนทานต่อการเกิดสนิม โดยภายในตู้อบพันด้วยฮีตสเปร์ยทนความร้อนสีดำด้าน ทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนรังสีแสงอาทิตย์ ตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดความสูงทั้งหมดเท่ากับ 400 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมดเท่ากับ 460 มิลลิเมตร และความกว้างทั้งหมดเท่ากับ 300 มิลลิเมตร ส่วนที่รับแสงอาทิตย์จะมีขนาดเอียงทำมุม 30 องศา เป็นมุมที่สามารถรับแสงได้ดีที่สุด โครงตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์จะเชื่อมกับช่องที่ใส่กระจกทางด้านหน้า ซึ่งสามารถสไลด์ถอดเข้า-ออกได้จากตัวตู้อบได้ โดยในการทดสอบได้ใช้กระจก 2 ชนิด คือ กระจกใสพิเศษ และกระจกใสธรรมดา ซึ่งทำหน้าที่ส่องผ่านรังสีความร้อน และป้องกันฝุ่นละอองจากสภาวะแวดล้อม ส่วนของช่องระบายลมหรือระบายไอน้ำด้านล่างที่อยู่ทางด้านหน้าของตู้อบ ซึ่งอากาศเย็นที่อยู่ภายนอกจะไหลเข้าทางช่องลมตัวตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ทางด้านหน้า โดยช่องระบายลมด้านหน้ามี 4 รู ส่วนด้านข้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์จะมีที่จับด้านข้าง 2 ฝั่ง สามารถเคลื่อนย้ายตู้อบได้สะดวกมากขึ้น เนื่องจากตู้อบมีขนาดและน้ำหนักที่สามารถพกพาได้

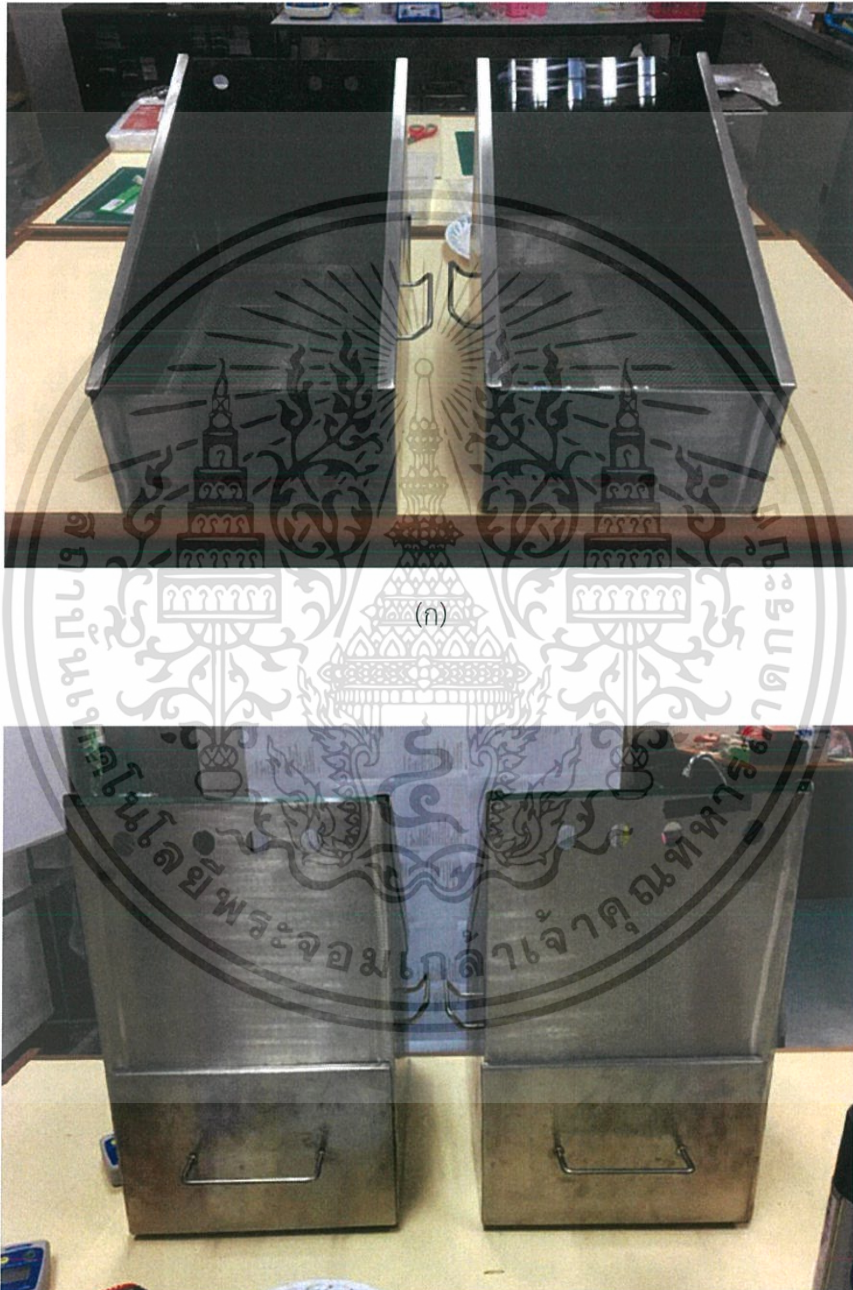
จากรูป (ข) แสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาในมุมมองจากทางด้านหลัง มีช่องลมด้านบนที่อยู่ทางด้านหลังของตู้อบ อากาศร้อนในตู้อบจะถ่ายเทความชื้นที่มีอยู่ในอาหารให้ระเหยออกมา เกิดการลอยตัวสูงขึ้นไปทางช่องลมด้านบนนี้ ส่วนด้านล่างจะมีที่จับด้านหลังและตะแกรงสำหรับวางอาหาร โดยที่จับด้านหลังใช้ในการเลื่อนเข้า-ออกจะเชื่อมกับตะแกรงสำหรับวางอาหารที่นำมาอบแห้ง

จากรูป (ค) แสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบที่ถูกสร้างขึ้นมาในสถานที่ที่มีการใช้งานจริง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการใด ๆ ที่นอกเหนือจากนี้ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสาร

ภายนอก โดยทำการทดสอบบนตาดฟ้า อาคารพระจอมเกล้า คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวางหันหน้าตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ไปทางด้านทิศใต้

ผลการออกแบบและสร้างตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มีลักษณะดังที่ได้แสดงในรูปที่

4.1



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

รูปที่ 4.1 รูปถ่ายแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อน

(ก) ภาพแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากมุมมองทางด้านหน้า

(ข) ภาพแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากทางด้านหลัง

(ค) ภาพแสดงตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ระบบที่ถูกสร้างขึ้นมาจากสถานที่ที่มีการใช้งานจริง

#### 4.2 ผลการทดสอบตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้

ทำการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ การอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา การอบแห้งด้วยกระจกสีพิเศษ และการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม ได้ทำการทดลองโดยใช้ผลไม้ 3 ชนิด คือ สตรอเบอร์รี่ กีวี และแอปเปิ้ลในการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วทำการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการอบแห้งของผลไม้ทั้ง 3 ชนิดในแต่ละแบบการทดลอง เพื่อนำน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณหาค่าความชื้น ซึ่งทำการอบแห้งเป็นเวลา 2 วันต่อเนื่องกัน คือ วันที่ 29 พฤษภาคม 2561 ถึง วันที่ 30 พฤษภาคม 2561 ในการทดลองจะบันทึกค่าตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น. (6 ชั่วโมง) ของแต่ละวันโดยระหว่างการอบได้ทำการวัดค่าความชื้นแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ และความชื้นทุกๆ 1 ชั่วโมง

1) การทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้ในแต่ละแบบการทดลอง โดยก่อนการทดสอบอบแห้งได้ทำการนำผลไม้ทั้ง 3 ชนิดไปชั่งน้ำหนักในแต่ละแบบการทดลองเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้นจากนั้นจึงนำไปทดสอบการอบแห้งเพื่อเปรียบเทียบชนิดของกระจก คือ กระจกใสธรรมดาและกระจกสีพิเศษ รวมทั้งการตากแห้งตามสภาวะแวดล้อม ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.2 การนำไปใช้



(ก)

(ข)



(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

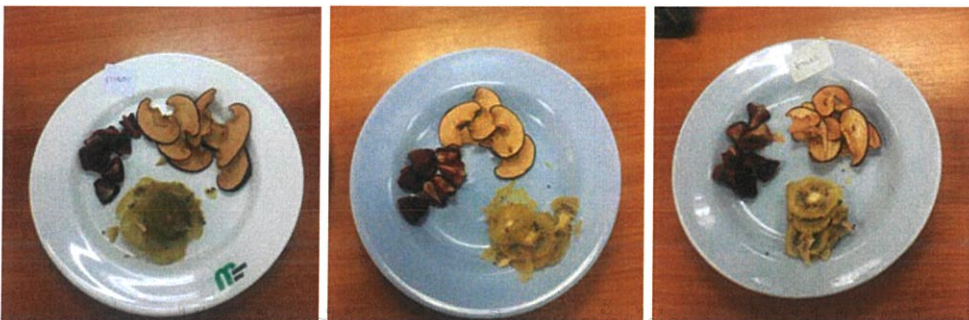


(ง)

รูปที่ 4.2 รูปถ่ายแสดงการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้ในแต่ละแบบการทดลอง

- (ก) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสธรรมดา
- (ข) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสพิเศษ
- (ค) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้โดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม
- (ง) ภาพแสดงการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ทั้ง 3 แบบการทดลอง

2) ผลการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้ในแต่ละแบบการทดลองเป็นเวลา 2 วัน คือ วันที่ 29 พฤษภาคม 2561 ถึง วันที่ 30 พฤษภาคม 2561 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น. โดยหลังการทดสอบอบแห้งได้ทำการนำผลไม้ทั้ง 3 ชนิดไปชั่งน้ำหนักในแต่ละแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้นของแต่ละแบบการทดลอง ซึ่งผลไม้แต่ละชนิดที่ได้จากการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การวิจัยในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้เป็นการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ง)

รูปที่ 4.3 รูปถ่ายแสดงผลไม้แต่ละชนิดจากการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 3 แบบการทดลอง

- (ก) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสธรรมดา
- (ข) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ด้วยกระจกใสพิเศษ
- (ค) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้โดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม
- (ง) ภาพแสดงผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ทั้ง 3 แบบการทดลอง

#### 4.2.1 ผลการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอาทิตย์

ทำการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ด้วยเครื่อง เป็นเวลา 2 วัน คือ วันที่ 29 พฤษภาคม 2561 ถึง วันที่ 30 พฤษภาคม 2561 ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น. ระหว่างการอบได้ทำการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทุกๆ 1 ชั่วโมง ด้วยมุม  $30^\circ$  ซึ่งเป็นมุมที่ให้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยมากที่สุด ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ใน วันที่ 29 พฤษภาคม 2561 และวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

วันที่	เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m <sup>2</sup> )
29 พฤษภาคม 2561	9:00	273
	10:00	434
	11:00	562
	12:00	787
	13:00	923
	14:00	890
	15:00	768
30 พฤษภาคม 2561	9:00	247
	10:00	384
	11:00	416
	12:00	808
	13:00	631
	14:00	312
	15:00	235

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทั้ง 2 วันจะให้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ของแต่ละช่วงเวลา และแต่ละวันไม่เท่ากัน โดยการวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทั้ง 2 วันจะมีค่าโดยเฉลี่ยมากในช่วงเวลา 11:00 น. – 13:00 น. ซึ่งในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561 เวลา 13:00 น. จะให้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 923 W/m<sup>2</sup> และในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561 เวลา 12:00 น. จะให้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 923 W/m<sup>2</sup> ค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 808 W/m<sup>2</sup> ในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่เกือบตรงศีรษะ ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ส่งผลให้ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่วัดได้จึงมีค่าสูงสุด

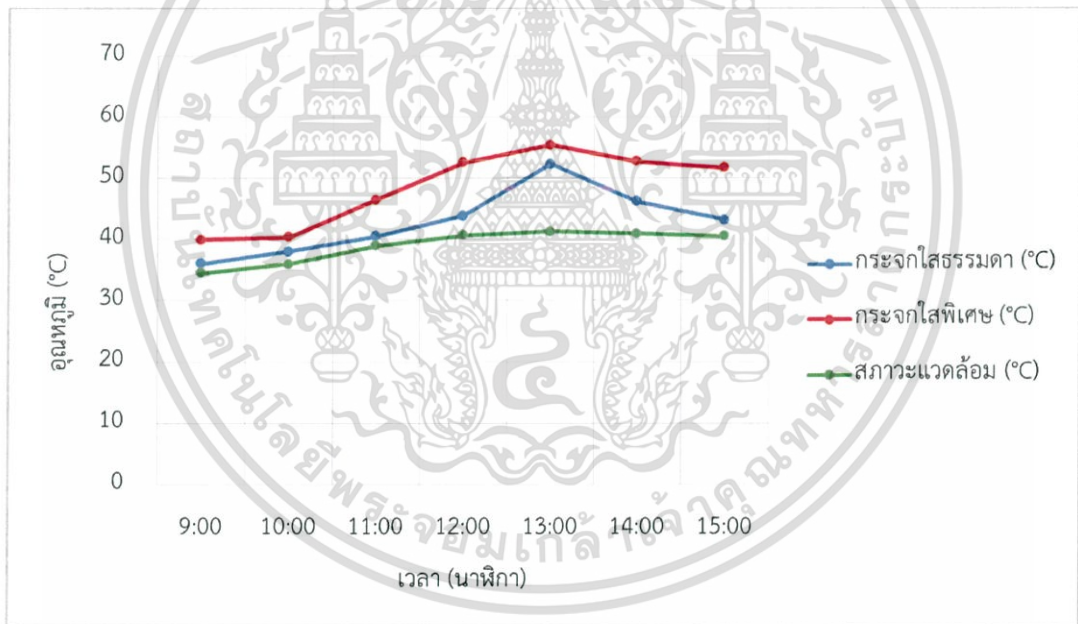
#### 4.2.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

จากการวัดค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้แต่ละชนิดเป็นเวลา 2 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น. ในการทดลองได้ตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิโดยบันทึกอุณหภูมิระหว่างการอบทุกๆ 1 ชั่วโมง ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ พงส.ฯ ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอุณหภูมิในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561

เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m <sup>2</sup> )	กระจกใสธรรมดา (°C)	กระจกใสพิเศษ (°C)	สภาวะแวดล้อม (°C)
9:00	273	36.1	39.9	34.5
10:00	434	38.0	40.4	36.0
11:00	562	40.5	46.5	39.0
12:00	787	43.9	52.6	40.7
13:00	923	52.3	55.4	41.3
14:00	890	46.2	52.8	41.0
15:00	768	43.2	51.7	40.5

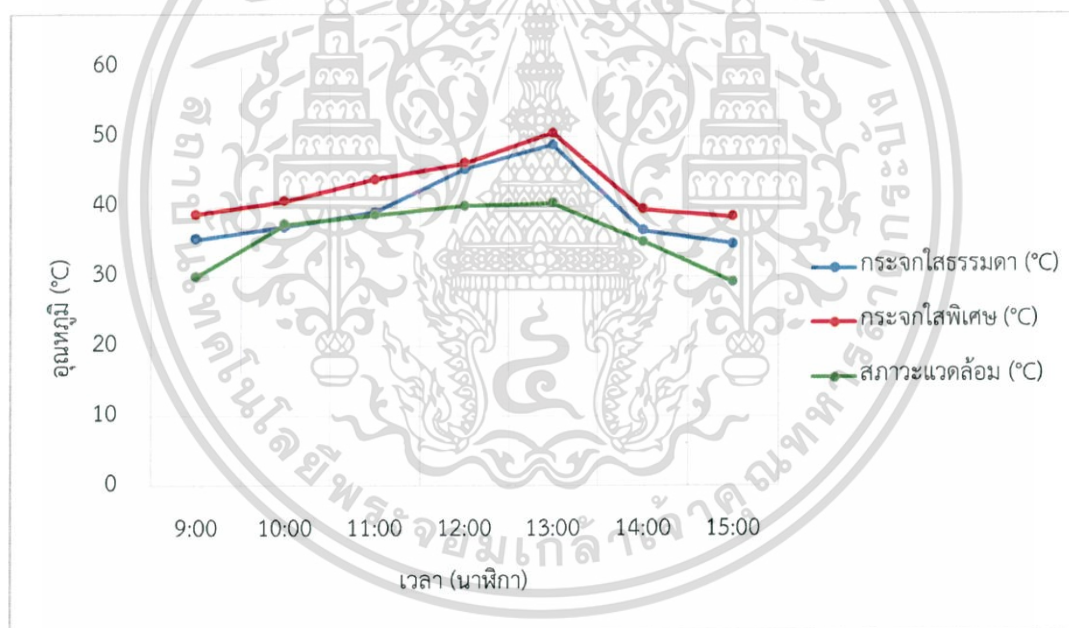


รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าอุณหภูมิในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m <sup>2</sup> )	กระจกใสธรรมดา (°C)	กระจกใสพิเศษ (°C)	สภาวะแวดล้อม (°C)
9:00	247	35.4	38.9	30.0
10:00	384	37.5	40.8	37.1
11:00	416	39.2	43.9	38.8
12:00	808	45.4	46.2	40.1
13:00	631	48.9	50.5	40.5
14:00	312	36.6	39.6	35.0
15:00	235	34.7	38.5	29.2



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

จากการทดลองอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 2 วัน จะเห็นได้ว่าตั้งแต่เวลา 9.00 น. อุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นสูงสุด 11.00 น. และหลังจากนั้นอุณหภูมิจะลดต่ำสุดที่เวลา 15.00 น. การทดลองในแต่ละวันอุณหภูมิจะขึ้นสูงสุดและลดต่ำสุดไม่เท่ากันตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ จากรูปเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิจากการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้แต่ละชนิดทั้ง 3 แบบการอบแห้งคือ การอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา การอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษ และการตากแห้งโดยใช้

ใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม โดยผลการทดสอบที่ได้คือ การอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีการส่องผ่านแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุดมีค่าอุณหภูมิที่มากที่สุดคือ 55.4 °C รองลงมาเป็นการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา และสุดท้ายเป็นการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม ซึ่งการอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีค่าอุณหภูมิมากกว่าการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดาเท่ากับ 5.6% และการอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีค่าอุณหภูมิมากกว่าการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อมเท่ากับ 25.45%

#### 4.2.3 การเปลี่ยนแปลงมวลและความชื้น

จากการวัดค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้แต่ละชนิดเป็นเวลา 2 วัน ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 15.00 น. โดยก่อนและหลังการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีการชั่งมวลตัวอย่างของผลไม้แต่ละชนิด เพื่อเปรียบเทียบความชื้นในแต่ละแบบการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบกระจกแต่ละชนิด ซึ่งหาความชื้นได้โดยคำนวณจากสูตรในบทที่ 3 มวลตัวอย่างของผลไม้แต่ละชนิด

##### 1) ค่าความชื้นที่ได้จากการคำนวณ

จากการคำนวณหาค่าความชื้นของการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละแบบ โดยการใช้สูตรในบทที่ 3 ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุ ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ

ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis, wb.)

$$M_w = \frac{w - d}{w} \quad (11)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis, db.)

$$M_d = \frac{w - d}{d} \quad (12)$$

เมื่อ  $w$  คือ มวลของวัสดุ (kg),  $d$  คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg),  $M_w$  คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก,  $M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

ปริมาณความชื้นสามารถทำให้เป็นเปอร์เซ็นต์ได้โดยคูณด้วย 100 ดังนั้นความชื้นมาตรฐาน

เปียกจะมีค่าได้ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์แต่ในขณะเดียวกันในหน่วยมาตรฐานแห้งอาจจะมีค่ามากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ได้ ในทางการเกษตรนิยมใช้เป็นมาตรฐานเปียกในการพูดถึงความชื้น แต่ในการไม่ทางการใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณบางครั้งนิยมใช้เป็นมาตรฐานแท้ ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานเปียกและมาตรฐานแห้งได้เขียนได้ดังนี้

$$M_w = \frac{M_d}{1 - M_d} \quad (13)$$

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความชื้นจากการคำนวณ

	กระจกใสธรรมดา		กระจกใสพิเศษ		สภาพแวดล้อม	
	M <sub>w</sub>	M <sub>d</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>d</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>d</sub>
กวี	0.8653	6.4223	0.8744	6.9614	0.8599	6.138
สตรอบอร์รี่	0.8959	8.6142	0.869	6.6356	0.9448	17.1268
แอปเปิ้ล	0.8051	4.1314	0.7834	3.6185	0.8647	9.3921

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าในการทดสอบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้ทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละแบบการทดลอง โดยการอบแห้งของผลไม้แต่ละชนิดด้วยกระจกใสพิเศษจะให้ค่าความชื้นที่ต่ำสุด รองลงมาเป็นกระจกใสธรรมดา และสุดท้ายการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม

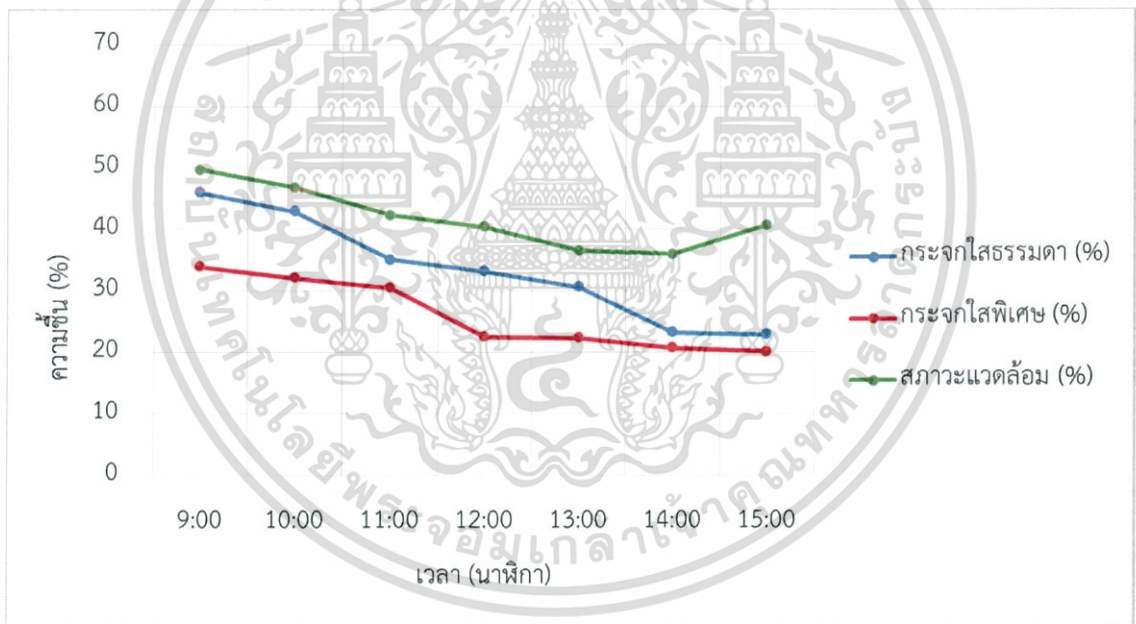
## 2) ค่าความชื้นที่ได้จากการทดลอง

ได้ทำการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่อง ในการทดลองได้ตั้งค่าเครื่องวัดความชื้นโดยบันทึกอุณหภูมิระหว่างการอบทุกๆ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความชื้นใน วันที่ 29 พฤษภาคม 2561

เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m <sup>2</sup> )	กระจกใสธรรมดา (rH%)	กระจกใสพิเศษ (rH%)	สภาวะแวดล้อม (rH%)
9:00	273	46.0	33.9	49.7
10:00	434	42.9	32.1	46.8
11:00	562	35.1	30.5	42.3
12:00	787	33.2	22.5	40.4
13:00	923	30.6	22.3	36.5
14:00	890	23.2	20.7	36.0
15:00	768	22.9	20.1	40.7

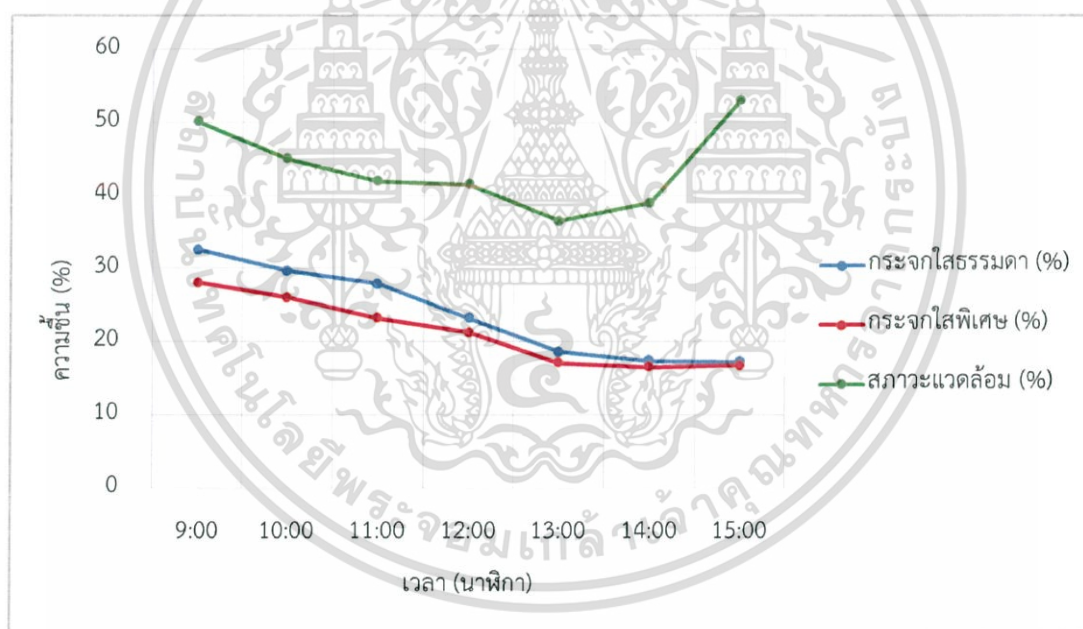


รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความชื้นใน วันที่ 30 พฤษภาคม 2561

เวลา (นาฬิกา)	ความเข้มแสงอาทิตย์ (W/m <sup>2</sup> )	กระจกใสธรรมดา (rH%)	กระจกใสพิเศษ (rH%)	สภาวะแวดล้อม (rH%)
9:00	247	32.6	28.1	50.1
10:00	384	29.7	26.0	45.0
11:00	416	27.9	23.2	42.0
12:00	808	23.2	21.2	41.5
13:00	631	18.6	17.1	36.5
14:00	312	17.4	16.5	39.0
15:00	235	17.2	16.7	53.0



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาของการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละแบบในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

จากการทดลองอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 2 วัน จะเห็นได้ว่าตั้งแต่เวลา 9.00 น. ค่าความชื้นจะค่อยๆ ลดลงต่ำสุดเวลา 11.00 น. และหลังจากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงสุดที่เวลา 15.00 น. การทดลองในแต่ละวันค่าความชื้นจะขึ้นสูงสุดและลดต่ำสุดไม่เท่ากันตามค่าความเข้มแสงอาทิตย์ จากรูปเมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นจากการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของผลไม้แต่ละไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดทั้ง 3 แบบการทดลอง คือ การอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา การอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษ และการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม โดยผลการทดสอบที่ได้คือ การอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีการส่องผ่านแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุดมีค่าความชื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 16.5 rH% ทำให้ค่าความชื้นในแต่ละช่วงเวลาน้อยกว่าอีก 2 แบบ รองลงมาเป็นการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา และสุดท้ายการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม ซึ่งการอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีค่าความชื้นน้อยกว่าการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดาเท่ากับ 5.45% และการอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีค่าความชื้นน้อยกว่าการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อมเท่ากับ 136.36%

### 4.3 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

#### 4.3.1 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ

1) ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561

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

$T$  คือ อุณหภูมิที่มีค่ามากที่สุดจากทดลอง มีค่า  $55.4^\circ\text{C}$

$T_0$  คือ อุณหภูมิที่มีค่าน้อยที่สุดจากทดลอง มีค่า  $39.9^\circ\text{C}$

$G$  คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง มีค่า  $662.42 \text{ W/m}^2$

$A$  คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์

โดยหาได้จากสมการ

$$A = \frac{1}{2} \times \text{สูง} \times \text{ผลบวกของความยาวของด้านคู่ขนาน} \quad (14)$$

$$A = \frac{1}{2} \times 0.460 \times (0.400 + 0.134)$$

$$A = 0.123 \text{ m}$$

โดยเมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแทนในสมการที่ (6)

$$\eta = \frac{1.02 (55.4 - 39.9)}{0.1228 \times 662.42} \quad (15)$$

$$\eta = 19.44 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยกระจกใสพิเศษในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

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

$T$  คือ อุณหภูมิที่มีค่ามากที่สุดจากทดลอง มีค่า  $50.5^\circ\text{C}$

$T_0$  คือ อุณหภูมิที่มีค่าน้อยที่สุดจากทดลอง มีค่า  $38.9^\circ\text{C}$

$G$  คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง มีค่า  $433.29 \text{ W/m}^2$

$A$  คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่า  $0.123 \text{ m}$

โดยเมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแทนในสมการที่ (6)

$$\eta = \frac{1.02 (50.5 - 38.9)}{0.123 \times 433.29} \quad (16)$$

$$\eta = 22.23 \%$$

4.3.2 ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสธรรมดา

1) ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยกระจกใสธรรมดาในวันที่ 29 พฤษภาคม 2561

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

$T$  คือ อุณหภูมิที่มีค่ามากที่สุดจากทดลอง มีค่า  $52.3^\circ\text{C}$

$T_0$  คือ อุณหภูมิที่มีค่าน้อยที่สุดจากทดลอง มีค่า  $36.1^\circ\text{C}$

$G$  คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง มีค่า  $662.42 \text{ W/m}^2$

$A$  คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่า  $0.123 \text{ m}$

โดยเมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแทนในสมการที่ (6)

$$\eta = \frac{1.02 (52.3 - 36.1)}{0.123 \times 662.42} \quad (17)$$

$$\eta = 20.31 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยกระจกใสธรรมดาในวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

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

$T$  คือ อุณหภูมิที่มีค่ามากที่สุดจากทดลอง มีค่า  $48.9^\circ\text{C}$

$T_0$  คือ อุณหภูมิที่มีค่าน้อยที่สุดจากทดลอง มีค่า  $34.7^\circ\text{C}$

$G$  คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยขณะทดลอง มีค่า  $433.29 \text{ W/m}^2$

$A$  คือ พื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ของตู้อบอาหารพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่า  $0.123 \text{ m}^2$   
โดยเมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาแทนในสมการที่ (6)

$$\eta = \frac{1.02 (48.9 - 34.7)}{0.1228 \times 433.29} \quad (18)$$

$$\eta = 27.22 \%$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อนโดยใช้โปรแกรม Solid works ในการออกแบบและสร้างขึ้นมาจากอลูมิเนียม โดยมีขนาดความสูงของตู้อบทั้งหมด 400 มิลลิเมตร ขนาดความยาวของตู้ทั้งหมด 460 มิลลิเมตร และมีความกว้างทั้งหมด 300 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่รับแสงอาทิตย์จะมีขนาดเอียงทำมุม 30 องศา โดยที่กระจกทั้ง 2 ชนิด คือ กระจกใสพิเศษ และกระจกใสธรรมดา จะมีขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร ความกว้าง 280 มิลลิเมตร และความยาว 520 มิลลิเมตร ได้ทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ในเบื้องต้น พบว่า สามารถอบอาหารด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อนได้

จากผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ของการอบแห้งผลไม้ โดยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ การอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดา การอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษ และการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม ซึ่งใช้ผลไม้ 3 ชนิด คือ สตรอเบอร์รี่ กีวี และแอปเปิ้ลในการอบพบว่า ผลการทดสอบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษ มีการส่องผ่านแสงอาทิตย์ได้ดีที่สุด ทำให้อุณหภูมิสูงสุด คือ  $55.4^{\circ}\text{C}$  รองลงมาเป็นการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดามีค่า  $52.3^{\circ}\text{C}$  และสุดท้ายการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม ส่วนความชื้นภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยกระจกใสพิเศษให้ค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ 16.5%RH รองลงมาเป็นการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดามีค่า 17.2%RH และสุดท้ายการตากแห้งโดยใช้ความร้อนแสงอาทิตย์ตามสภาวะแวดล้อม ซึ่งการอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีค่าอุณหภูมิมากกว่าการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดาเท่ากับ 5.6% และการอบแห้งด้วยกระจกใสพิเศษมีค่าความชื้นน้อยกว่าการอบแห้งด้วยกระจกใสธรรมดาเท่ากับ 5.45%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผู้ศึกษาควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะทำความเข้าใจถึงลักษณะโครงสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
2. ผู้ศึกษาควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของตัวแปรที่มีผลต่อตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์และตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารที่ใช้ในการอบ
3. ติดตั้งแผ่นรวมแสงไว้แต่ละด้านของตู้อบเพื่อเพิ่มปริมาณรังสีความร้อนที่เข้าไปในตู้อบให้มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2004). ตอนที่ 4 บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอื่นๆ. [Online]. <http://ienergyguru.com/2015/09/drying/>
- [2] มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. 2555. การศึกษาวิจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตกล้วยอบม้วน. [Online]. <http://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2555/25552391441107.pdf>
- [3] สำนักงานพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์. คู่มือเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรมพลังงานพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ร่วมกับภาคฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2544.
- [4] สวนหม่อนไม้. การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. [Online]. <http://www.อยากใช้พลังงานแสงอาทิตย์.com/?p=418>
- [5] เฮฟต้า โซว์รูม. ชนิดของกระจก. [Online]. <https://www.hevta.co.th/glass-showroom-th>
- [6] อีรเดช ใหญ่บึก และคณะ. (2553). การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้ง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 12, 3.
- [7] ศิรินุช จินดารักษ์. (2546). พลังงานแสงอาทิตย์. ในเอกสารประกอบการสอนวิชา 260311 เทคโนโลยีพลังงาน. พิษณุโลก: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาลันนเรศวร.
- [8] ทีมงานทรูปลูกปัญญา. การดูคลื่นวัตถุเป็นอย่างไร. [Online]. <http://www.trueplookpanya.com/new/asktrueplookpanya/questiondetail/15330>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆของ TM-305U Temperature & Humidity Datalogger



### Description

#### Tenmars TM-305U Temperature & Humidity Datalogger

Measures relative humidity (RH) and temperature (°F/°C)

- > Data logging- stores up to 50,000 records with fast USB download
- > Ideal for temperature and humidity monitoring in buildings
- > Includes PC software & USB cable parameter settings and data analysis
- > Internal Humidity Temperature alarm.
- > IP54 Waterproof.
- > Ideal for monitoring inside buildings.

#### Relative Humidity (RH) Measurements on the Tenmars TM-305U

- > RH Measurement Range 1%-99%RH
- > RH Accuracy  $\pm 3.0\%$  RH (20 to 80%)  $\pm 5.0\%$  RH (80%)
- > Resolution: 0.1%

#### Temperature Measurements on the Tenmars TM-305U

- > Measurement Range -40 to 185 deg F (-40 to 85°C)
- > Accuracy  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1.2^{\circ}\text{F}$ ) from -20 to 50°C (-4 to 122°F)
- >  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1.8^{\circ}\text{F}$ ) all other ranges.
- > Resolution: 0.1°C

#### General Information on the Tenmars TM-305U

- > Operating Conditions: -40-185°F (-40-85°C) 1-99% RH, non-condensing
- > Display: 3 digits LCD.
- > LED status: Red LED for Alarm, Green LED for Recording.
- > Sampling rate: 3 seconds.
- > Battery: One 3.6V AA lithium battery.
- > Battery Life: Approx. 1 year.
- > Operating temperature and humidity: -40 to 85°C (-40~185°F); 1-95%RH, non-condensing.
- > Instrument Dimensions: 83(L) x 60(W) x 24(H) mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Specification

### Relative Humidity (RH) Measurements

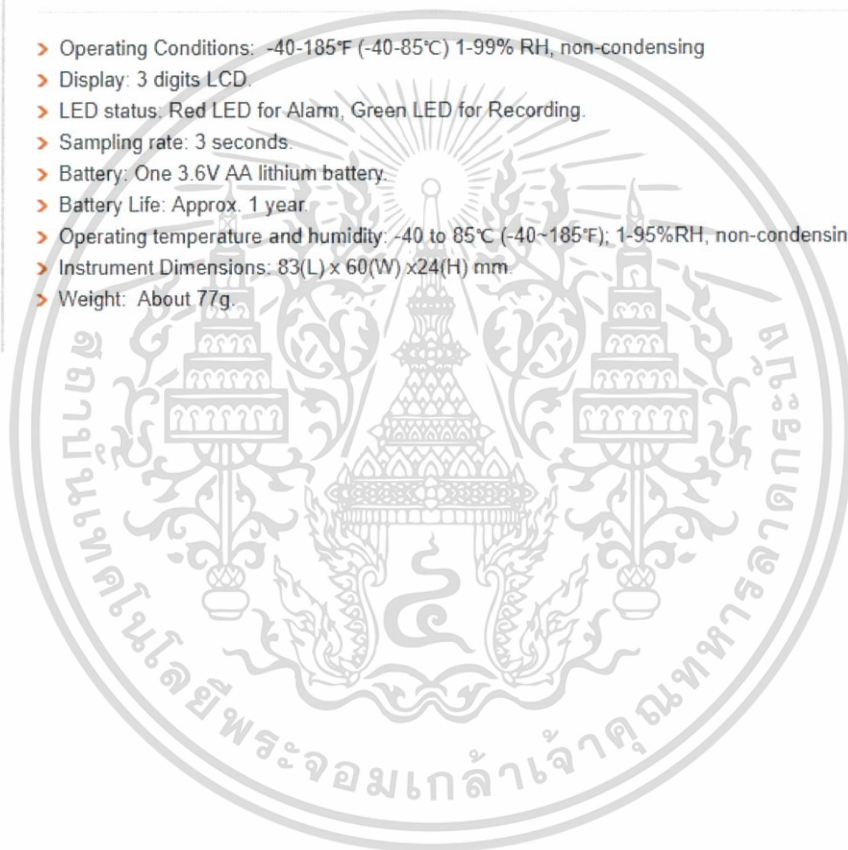
- > RH Measurement Range 1%-99%RH
- > RH Accuracy  $\pm 3.0\%$  RH (20 to 80%)  $\pm 5.0\%$  RH (80%)
- > Resolution: 0.1%

### Temperature Measurements

- > Measurement Range -40 to 185 deg F (-40 to 85°C)
- > Accuracy  $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1.2^{\circ}\text{F}$ ) from -20 to 50°C (-4 to 122°F)
- >  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1.8^{\circ}\text{F}$ ) all other ranges.
- > Resolution: 0.1°C

### General

- > Operating Conditions: -40-185°F (-40-85°C) 1-99% RH, non-condensing
- > Display: 3 digits LCD.
- > LED status: Red LED for Alarm, Green LED for Recording.
- > Sampling rate: 3 seconds.
- > Battery: One 3.6V AA lithium battery.
- > Battery Life: Approx. 1 year.
- > Operating temperature and humidity: -40 to 85°C (-40~185°F); 1-95%RH, non-condensing
- > Instrument Dimensions: 83(L) x 60(W) x 24(H) mm.
- > Weight: About 77g.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆของ Lascar EL-USB-TP-LCD Data Logger



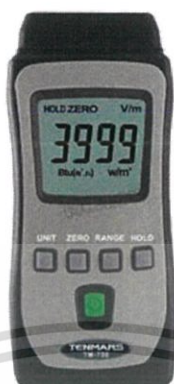
### Specification

Measurement Range K type (provided)	0 to 200°C (32 to 392°F)
Measurement Range K type	-200 to +1,350°C / -328 to +2,462°F
Measurement Range J type	-200 to +1,190°C / -328 to +2,174°F
Measurement Range T Type	-200 to +390°C / -328 to +734°F
Accuracy	±1°C / ±2°F (data logger only - thermocouple error not included)
Readings	32,510
Logging Rate	User selectable between 1 second and 12 hours
Battery Life	2 Years
Calibration Certificate	<b>Available Separately</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆของ Tenmars TM-750 Solar Power Meter



### Applications:

- Solar radiation measurement.
- Solar power research.
- Physics and optical laboratories
- Identify high performance windows
- Meteorology.
- Simple to use general data.

### Features:

- 3½ digits LCD display with maximum reading of 3999.
- Measuring the Solar radiation emitted by the sun.
- Display units: W/m<sup>2</sup> (Watts per square meter) or BTU.
- Data Hold/ MAX/MIN functions.

### Specifications:

Range	4000W/m <sup>2</sup> , 634Btu/(ft <sup>2</sup> *h)
Resolution	1W/m <sup>2</sup> , 1Btu/(ft <sup>2</sup> *h)
Accuracy	typically within 10W/m <sup>2</sup> [+/-3 Btu / (ft <sup>2</sup> *h) ] or +/-5% , whichever is greater in sunlight; Additional temperature induced error 0.38W/m <sup>2</sup> / C [+/- 0.12 Btu / (ft <sup>2</sup> *h) / C ] from 25C
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.(not included according to Post office's requirement)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

ตารางแสดงขนาดและคุณสมบัติต่างๆของ Humidity & Temperature Datalogger DT-172



### Features:

- Memory for 32000 readings
- LCD to show some logging information easily
- Freely selectable measurement cycle from 1sec. to 24h
- Battery life: more than 3 years
- Download collected data through USB interface
- Alarm display if user-defined maximum/minimum values exceeded
- Analysis software used to view graph for logging data

### Specifications:

- Temp range: -40 to 70°C, -40 to 158°F
- Temp Accuracy:  $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Humidity range: 0 to 100%RH
- Humidity Accuracy:  $\pm 3.5\%RH$
- Memory: 32000(16000 each for temperature and humidity)
- Measuring rate: 1sec.to 24h
- Battery life: Typically 3 years
- Analysis software: Windows 98/2000/XP/Vista/7
- Size(HxWxD): 94mm x 50mm x 32mm/li>
- Weight: 91g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้