



รายงานการวิจัย

สร้างชุมชนต้นแบบการใช้พลังงานทางเลือกจากธรรมชาติ กรณีศึกษาตู้
อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ บ้านเขาหลัก จังหวัดตรัง

Created community model use of alternative natural energy:
Case study of solar drying cabinet Baan Kaoluk in Trang
Province

กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา Kittisak Thaweessinsopa
ฟ้าพิไล ทวีสินโสภา Fapilai Thaweessinsopa

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2561



รายงานการวิจัย

สร้างชุมชนต้นแบบการใช้พลังงานทางเลือกจากธรรมชาติ กรณีศึกษาตู้
อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ บ้านเขาหลัก จังหวัดตรัง

Created community model use of alternative natural energy:
Case study of solar drying cabinet Baan Kaoluk in Trang
Province

กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา Kittisak Thaweensinsoha
ฟ้าพิไล ทวีสินโสภา Fapilai Thaweensinsoha

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ให้ความกรุณาจนมีข้าพเจ้าในปัจจุบัน ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เป็นอย่างสูงที่ได้จัดสรรทุนอุดหนุนการทำวิจัยประจำปีงบประมาณ 2561 ทำให้โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภรรยา ที่ให้กำลังใจ และขอขอบคุณ คณะดำเนินการที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือในการทำงาน ให้การทำวิจัยสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณคณาบดีและเพื่อนร่วมงานที่คอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจตลอดจนช่วยเหลือด้านต่าง ๆ จนรายงานการวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์



บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างชุดอบแห้งพลังงานร่วมต้นแบบ เพื่อหาค่าอุณหภูมิการอบแห้งแบบอัตโนมัติ และเพื่อศึกษาชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยมีวิธีการทำงาน แบ่งออกเป็น การออกแบบและสร้างชุดตู้อบแห้งพลังงานร่วมต้นแบบ และออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล เพื่อวัดค่าอุณหภูมิของชุดอบแห้งที่ผลิตได้มาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกตู้

ผลจากการดำเนินโครงการ ได้ชุดอบแห้งพลังงานร่วมต้นแบบ และผลจากการทดลองของ อุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.29 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก มีค่าเฉลี่ยของ อุณหภูมิอยู่ที่ 32.91 องศาเซลเซียส และค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้ง เฉลี่ยอยู่ที่ 84.4 วัตต์ จากผลการ ทดลอง ณ ช่วงเวลา 9.00-17.00 น. เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการตาก

คำสำคัญ : พลังงานแสงอาทิตย์, ความร้อน, อุณหภูมิ



Abstract

Purpose of this project is study and design dehydrate machine with co energy to find temperature for dehydrating automatically and to study controlling temperature. By designed and built prototype machine. And designed method to collect information from measuring temperature of the machine and compared with outside

Result of the project, Agriculture Dry Machine, and tested result of temperature inside cabinet, found average temperature was 46.29°C and temperature outside the cabinet was 32.91°C, average energy that the cabinet used was 84.4 watt and found time between 09.00-17.00 is suitable for dehydrating.

Keywords: Solar Energy, Heat, Temperature



สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
รายงานการวิจัย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.2.1 เพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชนด้านพลังงานสะอาด	2
1.2.2 ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด	2
1.2.3 ผลผลิตอาหารที่ตากแห้งที่ถูกสุขลักษณะ	2
1.2.4 เพื่อลดระยะเวลาในการตากวัตถุดิบเทียบกับการตากกลางแจ้ง	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3.1 ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	2
1.3.2 สร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	2
1.3.3 ใช้ชุดเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้าให้ระบบ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4.1 ชุมชนมีทางเลือกกรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น	2
1.4.2 ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม และสม่ำเสมอ สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่น ละออง หรือแมลงเข้าไป	2
1.4.3 ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการ ตากได้	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5.1 ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยอื่น ๆ ที่มีการทำไปแล้วใน ปัจจุบัน	2

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
1.5.2 ออกแบบและเลือกวัสดุที่มีคุณภาพ เพื่อนำมาสร้างตู้อบแห้ง	2
1.5.3 ประกอบโครงสร้างเครื่องติดตั้งส่วนประกอบ ต่อวงจรควบคุมการทำงาน	2
1.5.4 ทดสอบประสิทธิภาพพร้อมทั้งแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นกับตู้อบแห้ง ...	2
1.5.5 นำเครื่องไปใช้งานในพื้นที่เปรียบเทียบกับ การตากกลางแจ้ง	2
1.5.6 นำเสนอผลงานต่อแหล่งเงินทุนวิจัยตามระยะเวลาที่กำหนด	2
1.6 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การอบแห้ง	4
2.1.1 ประเภทของการอบแห้ง	4
2.1.2 กรรมวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมากในปัจจุบัน	5
2.2 ตู้อบชนิดต่าง ๆ	8
2.2.1 ตู้อบชนิดต่างแสงอาทิตย์	8
2.2.2 ตู้อบลมร้อน (HOT AIR OVEN)	9
2.3 ระบบถ่ายเทความร้อน	12
2.3.1 การพาความร้อนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง(gravity convection).....	12
2.3.2 การพาความร้อนโดยใช้พัดลม(mechanical convection)	12
2.4 อุปกรณ์ชุดควบคุมความร้อน	14
2.4.1 ตัววัดความร้อน(temperature sensor)	14
2.4.2 เทอร์มอคัปเปิล (thermocouple)	14
2.4.2 เทอร์มิสเตอร์(thermistor).....	15
2.4.3 สารกึ่งตัวนำ(semiconductor)	16

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
2.5 ชนิดของตัววัดอุณหภูมิ	17
2.5.1 โลหะบริสุทธิ์.....	17
2.5.2 พลาตินัม.....	17
2.5.3 นิเกิล.....	17
2.6 รูปแบบการขยายตัว	17
2.6.1 การขยายตัวของของแข็ง(solid expansion).....	17
2.6.2 การขยายตัวของเหลว(liquid expansion).....	18
2.7 ตัวควบคุมอุณหภูมิ(temperature controller)	18
2.7.1 แบบกล.....	18
2.7.2 แบบอิเล็กทรอนิกส์.....	18
2.8 ข้อควรปฏิบัติในการใช้ตู้อบลมร้อน	19
2.9 การบำรุงรักษา	19
2.10 การเลือกตู้อบลมร้อน	20
2.11 ปัญหาและสาเหตุอาจพบในตู้อบลมร้อน	20
2.12 อุณหพลศาสตร์	22
2.12.1มวลควบคุม (Control mass) หรือระบบปิด (close system).....	22
2.12.2 ปริมาณควบคุม (control volume) หรือระบบเปิด (open System)	23
2.12.3สถานะ (phase).....	24
2.12.4พลังงาน (energy).....	25
2.12.5 พลังงานศักย์ (potential energy).....	25
2.12.6 พลังงานจลน์ (kinetic energy).....	25
2.12.7 พลังงานภายใน.....	25
2.12.8 เอนทัลปี (H).....	26
2.12.9 กฎอนุรักษ์พลังงาน (principle of energy conservation).....	26

สารบัญ (ต่อ)

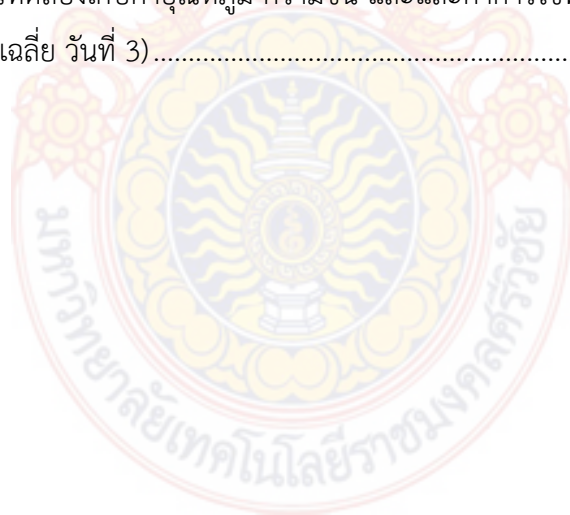
เนื้อหา	หน้า
2.13 ความร้อน	26
2.13.1 การถ่ายเทความร้อน	27
2.15 หลักการอบแห้งผักและผลไม้	30
2.15.1 การตากแห้ง และการอบแห้ง.....	30
2.15.2 การถนอมอาหาร	31
2.16 หลักการอบแห้งอาหารโดยไซลมรอน	31
2.16.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการอบแห้งอาหาร	32
2.16.2 อุณหภูมิ	33
2.16.3 ปริมาณลม	33
2.16.4 การคำนวณหาปริมาณน้ำหนักรับอาหารหลังลดความชื้น	33
2.17 ความชื้น	34
2.17.1 ความชื้นสมดุล.....	34
2.17.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ.....	34
2.18 การอบแห้ง (Drying)	34
2.18.1 ช่วงอุณหภูมิ (I).....	36
2.18.2 ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (II)	36
2.18.3 ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง (III)	36
2.18.4 อัตราเร็วในการอบ (drying rate)	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	40
3.1 ขอบเขตของโครงการวิจัย	40
3.1.1. ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	40
3.2.2. สร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	40
3.3.3. ใช้ชุดเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้าให้ระบบ	40

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
3.2 วิธีการวิจัย	40
3.2.1 ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยอื่นๆ ที่มีการทำไปแล้วในปัจจุบัน	40
3.2.2 ออกแบบและเลือกวัสดุที่มีคุณภาพ ราคาถูก เพื่อนำมาสร้างตู้อบแห้ง	40
3.2.3 ประกอบโครงสร้างเครื่องติดตั้งส่วนประกอบ ต่อวงจรควบคุมการทำงาน	40
3.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพพร้อมทั้งแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นกับตู้อบแห้ง .	40
3.2.5 นำเครื่องไปใช้งานในพื้นที่เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง	40
3.2.6 นำเสนอผลงานต่อแหล่งเงินทุนวิจัยตามระยะเวลาที่กำหนด	40
3.3 สถานที่ทำการทดลองและ/หรือเก็บข้อมูล	40
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	40
3.5 รูปแบบวิธีดำเนินการวิจัย	41
3.6 เครื่องมือวัด	47
3.7 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง	48
บทที่ 4 ผลการวิจัย	51
4.1 ผลออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเก็บข้อมูล (Vdc)	51
4.1.1 ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	51
4.1.2 ผลจากการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	52
4.2 ผลออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเก็บข้อมูล (Vac)	57
4.2.1 ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	57
4.2.2 ผลจากการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	58
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	68
สรุปผลการวิจัย	68
อภิปรายผลการวิจัย	68
บรรณานุกรม	69

สารบัญตาราง

เนื้อหา	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลชนิดต่าง ๆ	15
ตารางที่ 2.2 ปัญหาและสาเหตุที่อาจพบในตู้อบลมร้อน	21
ตารางที่ 2.3 ระดับความชื้นที่ปลอดภัยที่สุดสำหรับอาหารอบแห้งบางชนิด	32
ตารางที่ 2.4 สภาพการอ้อมความชื้นภายในวัตถุเปียก	37
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00 น.....	55
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (ไม่มีวัตถุเปียก)	59
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 1)	61
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 2)	63
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 3)	65



สารบัญภาพ

เนื้อหา	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	3
ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของตู้อบลมร้อน	10
ภาพที่ 2.2 ตู้อบลมร้อน แบบอบแห้งขนาดใหญ่(ก) ขนาดกลาง(ข) ตู้อบลมร้อน (ค, ง) แบบอบแห้งร่วมกับระบบสุญญากาศ(จ) และตู้เพาะเชื้อ(ฉ).....	11
ภาพที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนในตู้อบลมร้อนแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง (ก,ข) และแบบใช้พัดลม (ค,ง)	13
ภาพที่ 2.4 การต่อวงจรบริดจ์ชดเชยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของรอยต่อเย็น	14
ภาพที่ 2.5 การตอบสนองและการต่อวงจรเพื่อใช้งานของซิลิกอนไดโอด	16
ภาพที่ 2.6 ระบบปิดแสดงขอบเขตของระบบที่เคลื่อนที่ได้	23
ภาพที่ 2.7 ปริมาณควบคุม (control volume : CV) และขอบเขตของระบบ	23
ภาพที่ 2.8 ปริมาณควบคุมที่มีสสารไหลเข้าไหลออก	24
ภาพที่ 2.9 พลังงานภายใน พิจารณากระบวนการให้ความร้อนแก่ระบบปิด	25
ภาพที่ 2.10 การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน	27
ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างเช่น การนำความร้อนของชั้นกึ่งนำไฟฟ้าที่จุ่มลงในถ้วยกาแฟร้อน เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง ปลายที่จับของชั้นกึ่งนำไฟฟ้าที่อยู่ด้านบนก็จะเกิดความร้อนขึ้นมา.....	28
ภาพที่ 2.12 การพาความร้อนสามารถแบ่งแยกตามการไหลของไหลได้เป็น การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (free or natural convection)	29
ภาพที่ 2.13 การพาความร้อนแบบบังคับ การพาความร้อนแบบธรรมชาติ	29
ภาพที่ 2.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบ	36
ภาพที่ 2.15 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง	39
ภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน.....	41
ภาพที่ 3.2 แสดงภาพถ่ายการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc).....	42
ภาพที่ 3.3 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc) ภาพรวม	43
ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งการเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	44
ภาพที่ 3.5 แสดงภาพถ่ายการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac).....	45

สารบัญญภาพ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
ภาพที่ 3.6 ออกแบบโครงสร้างฐานตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)	45
ภาพที่ 3.7 รวมตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)	46
ภาพที่ 3.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น	47
ภาพที่ 3.9 เครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า.....	47
ภาพที่ 3.10 ชุดวัดอุณหภูมิ	48
ภาพที่ 3.11 ชุดปากกาจับชิ้นงาน.....	48
ภาพที่ 3.12 ชุดเลื่อยไฟฟ้า.....	49
ภาพที่ 3.13 ชุดหินเจียไฟฟ้า.....	49
ภาพที่ 3.14 ชุดสว่านไฟฟ้า	50
ภาพที่ 3.15 ชุดไฟเบอร์ตัดชิ้นงาน.....	50
ภาพที่ 4.1 ตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc.....	51
ภาพที่ 4.2 แสดงตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc (ทดสอบตึ๊อ).....	52
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น.....	52
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –17.00 น.....	53
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –17.00 น.....	54
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –17.00 น. ทุก30นาที.....	56
ภาพที่ 4.7 โครงสร้างตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)	57
ภาพที่ 4.8 โครงสร้างฐานตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์.....	57
ภาพที่ 4.9 โครงสร้างรวมตึ๊อบแห่งพลังงานแสงอาทิตย์.....	58
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (ไม่มีวัดตึ๊อ)	60
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 1)	62
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 2)	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 3)	66
ภาพผนวกที่ 1 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนทดสอบก่อนตาก.....	71
ภาพผนวกที่ 2 ภาพแสดงวัตถุติดก่อนทดสอบก่อนตากภาพ.....	72



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและปัญหา

ในปัจจุบันนี้พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ หนึ่งในนั้นคือพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้งานโดยทั่วไปไม่ว่าจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบผลิตพลังงานไฟฟ้า ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวให้ความร้อนทั้งโดยตรงและโดยอ้อมเพื่อใช้ในการตากวัตถุดิบ สอดคล้องกับข้อมูลการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงใช้แล้วหมดไปจากต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น ทุก ๆ ปี ดังนั้นรัฐบาลและกระทรวงพลังงานมีนโยบายลดการนำเข้าพลังงานสิ้นเปลือง จึงมีการรณรงค์พลังงานทางเลือกอื่นมาใช้แทน ซึ่งพลังงานสะอาดจากธรรมชาติก็เป็นทางเลือกหนึ่งไม่ว่าจะเป็น ลม, แสงอาทิตย์, สายน้ำ, ความร้อนใต้พิภพ สามารถนำมาสร้างสรรค์ เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ เป็นพลังงานที่สะอาดและไร้มลภาวะ และประการที่สำคัญก็คือ เป็นพลังงานที่มีใช้ได้ตลอดโดยไม่มีที่สิ้นสุด แต่สำหรับเกษตรกรยังขาดต้นทุนในการดำเนินการเรื่องนี้ และยังขาดความรู้ที่จะมาประยุกต์การนำพลังงานที่มีในท้องถิ่นมาใช้งานจึงต้องอาศัยนักวิจัย นักวิชาการ เข้าไปร่วมในการแก้ปัญหา ร่วมกับชาวบ้านเพื่อให้ ประชาชนในถิ่นแหล่งเกษตรกรรม ชาวประมงได้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น เพื่อรายได้ต่อครัวเรือนมากยิ่งขึ้น ตามกระแสพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว “เศรษฐกิจการเป็นอยู่แบบพอมีพอกิน แบบพอมีพอกิน”

ปัญหาปัจจุบันจากการตากแห้งเดิมเกษตรกรจะตากแห้งข้างๆ ถนนซึ่งเป็นพื้นที่โล่งมีแดดส่องถึง แต่จะมีปัญหาในเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อรา เป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นาน ดังนั้นการอบแห้งในที่มิดชิดสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์จะมีความสะดวกและสิ้นค่าใช้จ่ายน้อย โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีพลังงานสะอาดเป็นการส่งเสริมนำเทคโนโลยีพลังงานสะอาด สู่ชุมชนหลายรูปแบบ เพื่อส่งเสริมรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มากกว่าเดิมและศึกษารูปแบบว่าเหมาะสมกับความต้องการ หรือสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาของชุมชน โดยยึดทิศทางพื้นฐานพลังงานสะอาด พลังงานทางเลือก พลังงานผสม ในขั้นต้นคณะผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้ชุมชนบ้านเขาหลัก จังหวัดตรัง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชนด้านพลังงานสะอาด
- 1.2.2 ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด
- 1.2.3 ผลผลิตอาหารที่ตากแห้งที่ถูกละเลย
- 1.2.4 เพื่อลดระยะเวลาในการตากวัตถุดิบเทียบกับการตากกลางแจ้ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3.2 สร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3.3 ใช้ชุดเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้าให้ระบบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ชุมชนมีทางเลือกกรรมวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น
- 1.4.2 ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม และสม่ำเสมอ สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละออง หรือแมลงเข้าไป
- 1.4.3 ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้

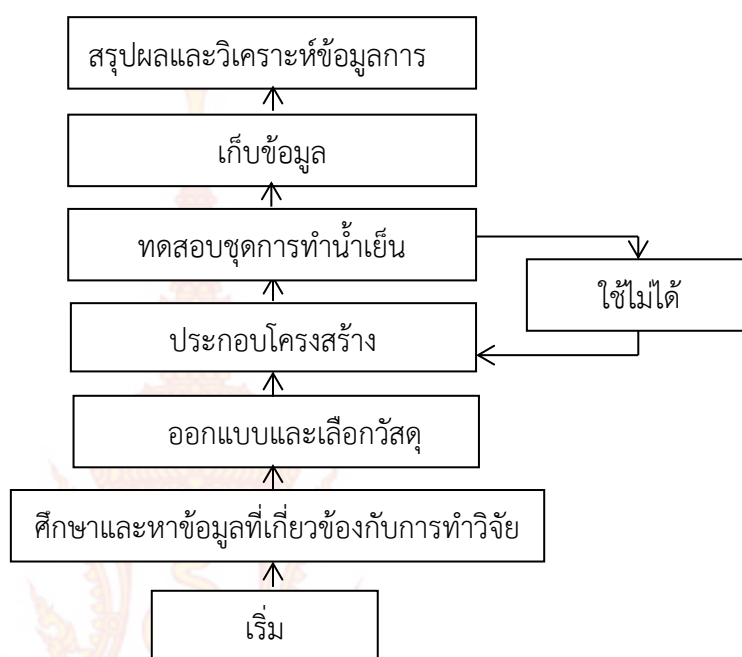
1.5 วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- 1.5.1 ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยอื่น ๆ ที่มีการทำไปแล้วในปัจจุบัน
- 1.5.2 ออกแบบและเลือกวัสดุที่มีคุณภาพ เพื่อนำมาสร้างตู้อบแห้ง
- 1.5.3 ประกอบโครงสร้างเครื่องติดตั้งส่วนประกอบ ต่อวงจรควบคุมการทำงาน
- 1.5.4 ทดสอบประสิทธิภาพพร้อมทั้งแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นกับตู้อบแห้ง
- 1.5.5 นำเครื่องไปใช้งานในพื้นที่เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง
- 1.5.6 นำเสนอผลงานต่อแหล่งเงินทุนวิจัยตามระยะเวลาที่กำหนด

วิธีการวิจัย

ออกแบบการทดลอง โดยกำหนดรูปแบบวิธีการวัดชุดทำความเข้าใจ โดยการสังเกตและวัดผลของการทำความเข้าใจ



ภาพที่ 1.1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.6 นิยามศัพท์

พลังงานแสงอาทิตย์, ความร้อน, อุณหภูมิ

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การอบแห้ง

พลังงานสะอาดในปัจจุบันนี้มีบทบาทสำคัญ อันเนื่องจากมลภาวะโลกร้อน ก๊าซพิษ สิ่งแวดล้อมถูกทำลาย การใช้พลังงานธรรมชาติที่มีการสะสมมาใช้นาน เช่น ฟอสซิลทำให้ เราต้องหาพลังงานทางเลือกอื่นมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเนื่อง จากได้มาจากการผลิตที่ต้องใช้เชื้อเพลิง พลังงานชนิดอื่นในปัจจุบันได้แก่ ลม แสงอาทิตย์ น้ำ ความร้อนใต้พิภพ ชีวภาพ ฯ การศึกษาการใช้พลังงานในรูปต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบัน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่า พลังงานแสงอาทิตย์ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ปัจจุบันเริ่มมีการพัฒนานำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงมีความคิดที่จะสร้างตู้อบแห้งแสงอาทิตย์ในการอบแห้งมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ และเป็นการส่งเสริมความรู้ให้กับชุมชนในการเก็บรักษาอาหารแห้งไว้รับประทานได้ทุกฤดูกาล เหลือจากรับประทานก็สามารถจำหน่ายเสริมเป็นรายได้ ตลอดจนผู้วิจัยจะได้ศึกษาการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยที่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้น โดยการนำตู้อบไปใช้งานภายในครัว-เรือน ซึ่งใช้งานได้ง่ายทำให้อาหารถูกสุขลักษณะ ลดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และแมลงรบกวน

2.1.1 ประเภทของการอบแห้ง

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 3 ลักษณะ คือ

2.1.1.1 การอบแห้งระบบ Passive การอบแห้งระบบ Passive คือระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์และกระแสลมที่พัดผ่าน ได้แก่

- เครื่องตากแห้งโดยธรรมชาติ เป็นการวางวัสดุไว้ที่กลางแจ้ง อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และกระแสลมในบรรยากาศในการระเหยความชื้นออกจาก วัสดุ
- ตู้อบแห้งแบบได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่เข้าอบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และอาศัยหลักการขยายตัวเอง อากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเท อากาศขึ้น
- ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสม เครื่องอบแห้งชนิดนี้วัสดุที่อยู่ภายในจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง

2.1.1.2 การอบแห้งระบบ Activeการอบแห้งระบบ Active

การอบแห้งระบบ Activeการอบแห้งระบบ Active คือระบบอบแห้งที่มีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของพืชผล จึงพาความชื้นจากพืชผลออกสู่ภายนอกทำให้พืชผลที่อบไว้แห้งได้

2.1.1.3 การอบแห้งระบบ Hybridการอบแห้งระบบ Hybrid

การอบแห้งระบบ Hybridการอบแห้งระบบ Hybrid คือระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลิตผลทางการเกษตรแห้ง เร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะช่วยให้เวลาในการตากแห้งเร็วขึ้นกว่าแบบทั่วไปเพื่อป้องกันแมลงที่เป็นพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน มารบกวน ทำให้อาหารที่ได้จากการตากแห้ง มีความสะอาดถูกหลักอนามัย ใช้งานและดูแลรักษาง่าย นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันฝน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้วัตถุดิบไม่แห้ง และเกิดความเสียหายได้

การถนอมอาหารวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีเพื่อแปรรูปวัตถุดิบจำนวนมากพร้อม ๆ กัน เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปหรือกึ่งสำเร็จรูป หรือปรับปรุงกรรมวิธีการถนอมอาหารสมัยโบราณให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีขึ้น ทั้งในด้านความสะอาด สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และเพื่อยืดอายุการเก็บอาหารนั้นให้นาน เทคโนโลยีการถนอมผลิตผลการเกษตรต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พื้นฐาน ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ และสถิติ ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานทางสังคม ธุรกิจและการจัดการ ควบคู่กับความรู้ในการแปรรูปผลิตผลการเกษตร ให้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่หรือปรับปรุงของเดิมให้ดียิ่งขึ้นทั้งในลักษณะที่มองเห็นหรือสัมผัสได้ เช่น สี กลิ่น ความนุ่ม ความเหนียว เป็นต้น รวมทั้งสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น คุณค่าทางโภชนาการ (บุหลัน พิทักษ์ผล และทัศนีย์ สรรสุชาติ, 2538)

2.1.2 กรรมวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมากในปัจจุบัน

กรรมวิธีการถนอมอาหารที่ใช้กันมากในปัจจุบัน คือ

การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนสูง เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

การถนอมอาหารโดยใช้ความเย็น เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารเยือกแข็ง

การถนอมอาหารโดยการทำให้แห้ง เช่น ปลาหยอง กาแฟผง

การถนอมอาหารโดยการหมักดอง เช่น ซีอิ๊ว น้ำส้มสายชู

การถนอมอาหารโดยใช้รังสี เช่น หอมหัวใหญ่อบรังสี

2.1.2.1 การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง

หลักการในการทำแห้งมีหลายวิธีคือ

- ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)

- พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)

- ให้อาหารชั้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer)

- กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer)

- ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave) หลักในการทำอาหารให้แห้ง คือจะต้องไล่ไอน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไป แต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์มากน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหารการถ่ายเทความร้อน จะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิของเครื่องมือที่ใช้ในการอบ และอาหารที่ต้องการทำให้แห้ง การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ

- 1) การนำความร้อน ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง

- 2) การพาความร้อน ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลว

- 3) การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยัง

อาหาร

2.1.2.2 เครื่องอบแห้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการอบอาหารจำนวนมากในคราวเดียวกันให้แห้งนั้นมีหลายแบบ แต่ละแบบก็มีหลายขนาด (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเล่มที่ ๑๙)

- ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการทำงานคือ ตู้หรือโรงอบประกอบด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งทำด้วยวัสดุใส เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรังสีคลื่นสั้น ตกลงบนแผงรับแสงนี้แล้วจะทะลุผ่านไปยังวัสดุสีดำ ภายในตู้และเปลี่ยนเป็นรังสีความร้อน ซึ่งความร้อนนี้จะไปกระทบกับอาหารทำให้น้ำในอาหารระเหยออกมา และผ่านออกไปทางช่อง

ระบายนภาของตู้อบ หรือโรงอบ มีผลทำให้อาหารแห้ง ในระหว่างการอบควรกลับผลิตภัณฑ์นั้น วันละ 1-2 ครั้ง เพื่อให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ทุกส่วนได้สัมผัสกับความร้อน ทำให้แห้งเร็วและสม่ำเสมอ ส่วนมากตู้อบแสงอาทิตย์นี้จะใช้กับพวกผัก ผลไม้ และธัญพืช ลดลง

▪ เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้า หรือแก๊ส ส่วนมากใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีหลายแบบหลายขนาด โดยใช้หลักการที่แตกต่างกันแล้วแต่ประโยชน์ของการใช้สอย เช่น

- (1) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด
- (2) เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่อง
- (3) เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย
- (4) เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง
- (5) เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง
- (6) ตู้อบแห้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ

การทำให้อาหารแห้งอาจทำได้ 2 วิธี คือ

(1) การทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ หรืออาศัยการฝังลมเช่น ปลา เนื้อสัตว์ เมล็ดธัญพืช ผลไม้ เช่น กล้วย องุ่น มะม่วง ผัก เช่น หน่อไม้ และเครื่องเทศบางชนิด เป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลายในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีแสงแดดเพียงพอ เช่น ประเทศในแถบร้อนศูนย์สูตร เพราะต้นทุนต่ำ ทำได้ง่ายโดยไม่มีเทคนิคและหลักวิชาการเข้าไปเกี่ยวข้อง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราเร็วในการทำแห้งได้ คือจะทำได้ก็ต่อเมื่อมีแสงแดดเท่านั้น ดังนั้นอาจทำให้อาหารแห้งไม่ต่อเนื่อง เป็นผลทำให้อาหารเน่าเสียระหว่างรอการตากแดดครั้งต่อไป การตากแดดยังทำให้อาหารแห้งไม่ต่อเนื่อง เป็นผลให้อาหารเน่าเสียระหว่างรอการตากแดดครั้งต่อไป การตากแดดยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารมาก และได้ผลิตภัณฑ์ไม่ค่อยสะอาดด้วย

(2) การทำให้อาหารแห้งโดยอาศัยวิธีกลเข้าช่วย วิธีนี้เป็นการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์และเครื่องมือ เครื่องใช้ ตลอดจนเทคโนโลยีเข้าช่วย โดยอาศัยการส่งความร้อนเข้าไปในชิ้นอาหารเพื่อทำให้น้ำหรือความชื้นกลายเป็นไอร้อนเหวี่ยงออกจากผิวหน้าของอาหาร ความร้อนที่ส่งเข้าไปในอาหารนั้นอาจโดยการนำความร้อน การพาความร้อนหรือการแผ่รังสีก็ได้ แต่เครื่องทำแห้งส่วนใหญ่จะใช้หลักการส่งผ่านความร้อนด้วยการนำหรือการพาความร้อน การทำให้อาหารแห้งโดยวิธีนี้สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมในการทำแห้งได้เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนของ

อากาศ ใช้พื้นที่และใช้เวลาในการทำแห้งได้น้อยกว่าการทำแห้งโดยวิธีธรรมชาติ ทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

2.2 ตู้อบชนิดต่าง ๆ

2.2.1 ตู้อบชนิดต่างแสงอาทิตย์

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ จะช่วยให้เวลาในการตากแห้งเร็วขึ้นกว่าแบบทั่วไป ป้องกันแมลงที่เป็นพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน มารบกวน ทำให้อาหารที่ได้จากการตากแห้ง มีความสะอาดถูกหลักอนามัย ใช้งานและดูแลรักษาง่าย นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันฝน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้วัตถุดิบไม่แห้ง และเกิดความเสียหายได้

การทำให้แห้งเป็นวิธีหนึ่งของการถนอมอาหาร ซึ่งนิยมทำกันทั้งระดับชาวบ้านและอุตสาหกรรมมาช้านานแล้ว การทำให้แห้งมีหลายวิธี เช่น การตากด้วยแสงอาทิตย์ การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งแบบเย็นเยือกแข็งเป็นต้น วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จะมีความสะดวกและสิ้นค่าใช้จ่ายน้อย โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย การตากแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบดั้งเดิม เช่น การตากเนื้อ ปลา พืช ผักและผลไม้ จะมีปัญหาเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ เมื่อฝนตกหรืออากาศเย็น การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อรา เป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นาน ทำให้ผู้บริโภคอาจเจ็บป่วยได้

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้น โดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานสูง จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (พ.ศ. 2542) โดยกรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พบว่าการกระจายของความเข้ม รังสีดวงอาทิตย์ตามบริเวณต่างๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี 19 ถึง 20 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน พื้นที่ดังกล่าวคิดเป็น 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ นอกจากนี้ยังพบว่า 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปี ในช่วง 18-19 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน จากการคำนวณรังสีรวมของดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศพบว่า มีค่าเท่ากับ 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงาน แสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2542)

2.2.2 ตู้อบลมร้อน (HOT AIR OVEN)

ตู้อบลมร้อนเป็นเครื่องมือพื้นฐานชนิดหนึ่งที่พบในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั่ว ๆ ไป เพราะใช้สำหรับการอบวัสดุและอุปกรณ์ ต่าง ๆ ให้แห้ง ใช้รักษาอุณหภูมิของปฏิกิริยาในการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการบางชนิดให้คงที่ ใช้อบฆ่าทำลายเชื้อโรค ใช้อบเพาะเชื้อจุลชีพ ใช้เผาตัวอย่างให้เป็นเถ้า(ashing) เพื่อการนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม ใช้หาความชื้นในตัวอย่าง ใช้เผากากกัมมันตรังสี ฯลฯ.

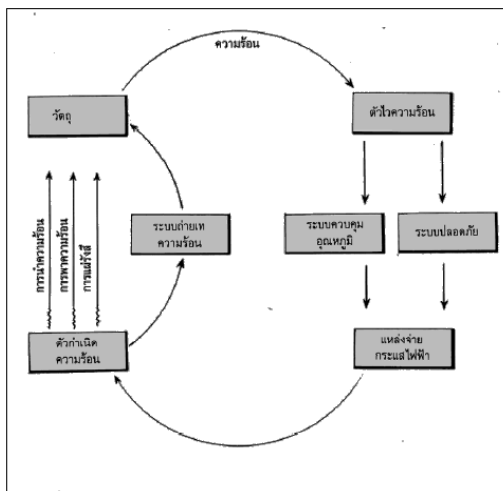
หลักการทำงาน

ความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนถูกถ่ายเทให้วัตถุ โดยกระบวนการนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน(convection) และการแผ่รังสี(radiation) ความร้อนที่ถูกควบคุมอย่างเหมาะสมด้วยตัวไวความร้อนและระบบควบคุมอุณหภูมิ ทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว จากของเหลวเป็นไอ หรือจากของแข็งเป็นไอ

ชนิดและองค์ประกอบ

ตู้อบลมร้อนมีหลายแบบ มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามอุณหภูมิใช้งานของตู้อบลมร้อน โดยเรียกตู้อบที่ให้อุณหภูมิได้สูงถึง 3,000 °ซ. ว่า “ตู้เผา” (furnace) เรียกตู้อบที่ให้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 300 °ซ. ว่า “ตู้อบแห้ง” (drying oven) หรือ “ตู้อบฆ่าเชื้อ” (sterilizing oven) และเรียกตู้อบที่มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 100 °ซ. ว่า “ตู้เพาะเชื้อ” (incubating oven) แต่ตู้อบลมร้อนบางชนิดมีช่วงอุณหภูมิการใช้งานกว้างจึงอาจเป็นทั้งตู้อบแห้งและตู้เพาะเชื้อ ตู้อบลมร้อนมีองค์ประกอบหลักที่คล้ายกันจะแตกต่างกันในส่วนของการออกแบบและวัสดุที่ใช้ทำดังนี้

2.2.2.1 ผนังตู้อบ โดยทั่วไปจะออกแบบให้มีการกระจายความร้อนภายในได้ดี และป้องกันการสูญเสียความร้อนจากภายในสู่ภายนอก วัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นโลหะที่ไม่เป็นสนิม ไม่เปลี่ยนรูปร่างและทำความสะอาดย่าง ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าไร้สนิม หรือเหล็กพ่นสีกันสนิม ผนังตู้อบอาจมี 2-3 ชั้น และมีฉนวนหนา 1-2.5 นิ้ว อยู่ระหว่างกลาง ฉนวนกันความร้อนที่ใช้ควรมีความคงทนต่อความร้อน ไม่ดูดความชื้น และนำความร้อนไม่ดี ตัวอย่างเช่น โยแก้ว (glass wool) และอิฐทนไฟ(fire brick)



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบพื้นฐานของตู้อบลมร้อน

ที่มา : รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์ <https://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562

2.2.2.2 ตัวกำเนิดความร้อน การสร้างความร้อนไม่เกิน 1,000 °ซ. นิยมใช้แท่ง ความร้อนหรือลวดความต้านทาน(resistance wire) ที่ทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิลกับโครเมียม(นิกโครม) เนื่องจากมีความทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีหลาย ๆ ชนิด ตัวอย่างเช่น คลอรีน (chlorine) โบรมีน(bromine) ไอโอดีน(iodine) และฟลูออรีน (fluorine) ฯลฯ. แต่ถ้าต้องการอุณหภูมิสูงกว่านี้ต้องใช้ตัวกำเนิดความร้อนที่ทำจาก silicon carbide, molybdenum disilicate หรือ Iron-chromium-aluminum การติดตั้งตัวกำเนิดความร้อนอาจพบได้ 2 แบบคือแบบฝังในผนัง(embeded type)(ภาพที่ 2.2 ก, ข) แบบไม่ฝังในผนัง(opened type)(ภาพที่ 2.2 ค, ง) ซึ่งแบบไม่ฝังในผนังมีข้อดีในด้านการลดการสูญเสียความร้อนให้กับผนังตู้อบ ทำให้สามารถใช้ตัวกำเนิดความร้อนกำลัง(วัตต์)ต่ำ ซึ่งช่วยประหยัดกระแสไฟฟ้าและยืดอายุการใช้งานของตัวกำเนิดความร้อนได้มาก

ตู้อบลมร้อน



ภาพที่ 2.2 ตู้อบลมร้อน แบบอบแห้งขนาดใหญ่(ก) ขนาดกลาง(ข) ตู้เฝาค, ง) แบบอบแห้งร่วมกับระบบสุญญากาศ(จ) และตู้เพาะเชื้อ(ฉ)

ที่มา : รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์ <https://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562

2.2.2.3 ช่องระบายอากาศ(air damper) ส่วนใหญ่ติดตั้งที่ด้านบนของตู้อบ มีส่วนน้อยติดตั้งไว้ที่ด้านหลังตู้อบ มีหน้าที่ระบายควัน ไอน้ำ หรือไอสารเคมีออกจากตู้อบ ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียความร้อน อันเนื่องมาจากการมีความชื้นในตู้อบมาก ช่องระบายอากาศส่วนใหญ่ปรับขนาดของรูระบายได้เพื่อให้ไอน้ำระบายออกได้อย่างเหมาะสม โดยที่สูญเสียความร้อนออกทางช่องระบายอากาศน้อยที่สุด

2.3 ระบบถ่ายเทความร้อน

ระบบถ่ายเทความร้อนที่นิยมใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ

2.3.1 การพาความร้อนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง(Gravity convection)

การพาความร้อนโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง(Gravity convection) ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักของอากาศที่ร้อนและเย็น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างช้า ๆ ช่องให้อากาศเย็นไหลเข้า(intake port) มักจะอยู่ส่วนล่างของตู้อบ อากาศร้อนบางส่วนไหลออกทางช่องระบายอากาศ ทำให้ระบบนี้มีผลเสียอยู่หลายประการคือ

2.3.1.1 หลังจากจ่ายกระแสไฟฟ้ากับตัวกำเนิดความร้อน ต้องใช้เวลานานในการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการ เนื่องจากการสูญเสียความร้อนให้กับผนังตู้อบ

2.3.1.2 อุณหภูมิภายในพื้นที่ใช้งานเปลี่ยนแปลง(Temperature fluctuation) ได้ง่ายเมื่อ เปิดประตูตู้อบ(พื้นที่ใช้งาน หมายถึง พื้นที่ภายในตู้อบเหนือชั้นล่างสุดรวมกับพื้นที่ที่ห่างจากผนังทุก ด้านไม่น้อยกว่า 3 ซม.)

2.3.1.3 อุณหภูมิภายในพื้นที่ใช้งาน ณ ที่จุดต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางของพื้นที่ใช้งานแตกต่างกันมาก เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนไม่ดี

2.3.1.4 ถ้าใส่วัตถุในตู้อบมากจะทำให้วัตถุได้รับความร้อนไม่เท่ากัน กล่าวคือวัตถุที่อยู่ใกล้ตัวกำเนิดความร้อน จะร้อนกว่าวัตถุที่อยู่ไกลกว่า ซึ่งจากการทดลองพบว่าวิธีนี้ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกันในช่วง $3-5^{\circ}\text{C}$. ในขณะที่การถ่ายเทความร้อนด้วยพัดลมมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยกว่า (0.1°C .)

2.3.2 การพาความร้อนโดยใช้พัดลม(Mechanical convection)

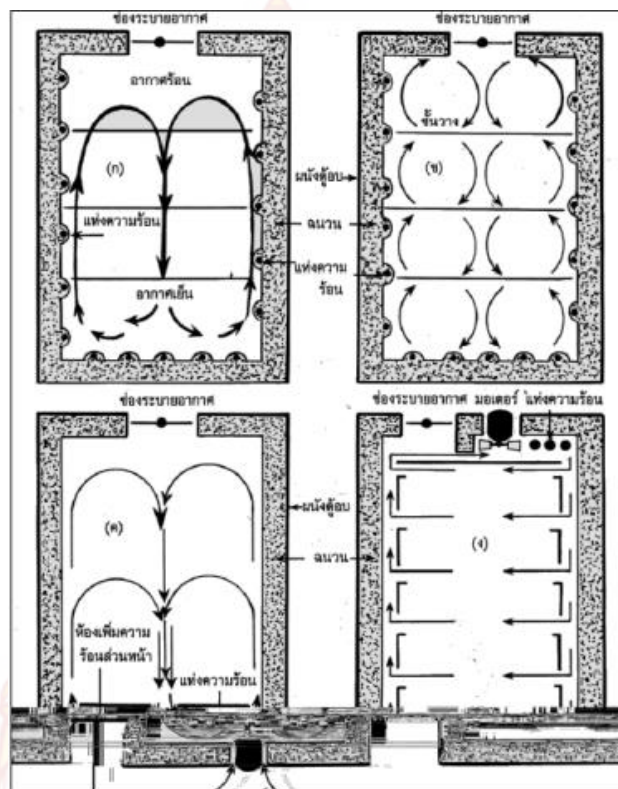
การพาความร้อนโดยใช้พัดลม(Mechanical convection) นิยมใช้มอเตอร์หมุนพัดลมชนิดเหนี่ยวนำ(induction motor) ซึ่งไม่ต้องการการดูแลมากเพราะไม่ได้ใช้แปรงถ่าน มอเตอร์ดังกล่าวจะทำหน้าที่หมุนพัดลม ซึ่งอาจถูกติดตั้งไว้ที่ส่วนล่างของตู้อบเพื่อเสริมการพาความร้อนในแนวตั้ง(vertical convection) หรือติดตั้งไว้ที่ส่วนบนของตู้อบ เพื่อเสริมการพาความร้อนในแนวระดับ(horizontal convection) การใช้พัดลมทำให้เกิดผลดีอยู่ 4 ประการคือ

2.3.2.1 ใช้เวลาในการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นสั้นกว่า เนื่องจากอากาศภายนอกที่ถูกดูดเข้ามาภายในตู้อบจะผ่านตัวกำเนิดความร้อนโดยตรง

2.3.2.2 อุณหภูมิภายในตู้อบเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเปิดประตูตู้อบ เพราะอากาศที่ถูกดูดเข้ามาด้วยพัดลมถูกทำให้อุ่นขึ้นก่อน เมื่อผ่านห้องเพิ่มความร้อนล่วงหน้า(preheating chamber)ตลอดเวลา

2.3.2.3 อุณหภูมิทุก ๆ จุดภายในตู้อบค่อนข้างสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าจะใส่วัตถุอบเต็มทีเนื่องจากพัดลมช่วยให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่า

2.3.2.4 มีเวลาสำหรับเพิ่มอุณหภูมิ 1°C . หลังจากเปิดประตูตู้อบกว้างที่สุดนาน 1 นาที(recovery time) น้อย



ภาพที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนในตู้อบลมร้อนแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง (ก,ข) และแบบใช้พัดลม (ค,ง) ที่มา : รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์ <https://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf> เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562

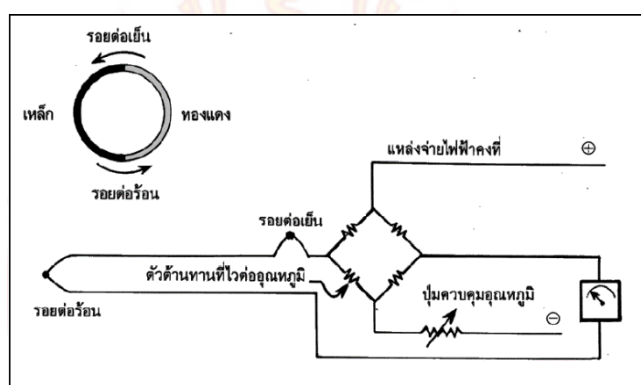
2.4 อปรกรณ์ชุดควบคุมความร้อน

2.4.1 ตัววัดความร้อน(temperature sensor)

ตัววัดความร้อน(temperature sensor) มีหน้าที่ป้อนสัญญาณให้วงจร หรือระบบควบคุมอุณหภูมิ หรือป้อนสัญญาณให้ระบบอ่านค่าอุณหภูมิ ตัววัดความร้อนที่นิยมใช้มีหลายชนิด คือ

2.4.2 เทอร์มอคัปเปิล (thermocouple)

เทอร์มอคัปเปิล (thermocouple ประกอบด้วยโลหะ 2 ชนิด เชื่อมต่อกัน รอยต่ออันหนึ่งอยู่ที่อุณหภูมิต่ำเรียกว่า “รอยต่อเย็น” หรือ “cold junction” หรือ “reference junction” รอยต่ออีกอันหนึ่งอยู่ที่อุณหภูมิสูงกว่าเรียกว่า “รอยต่อร้อน” หรือ “hot junction” หรือ “thermocouple” ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างรอยต่อทั้งสองทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร แต่จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเมื่ออุณหภูมิที่รอยต่อทั้งสองเท่ากัน ในทางทฤษฎีต้องรักษาอุณหภูมิของรอยต่อเย็นให้คงที่เพื่อเป็นตัวอ้างอิง แต่ในทางปฏิบัติกระทำได้ยาก จึงต้องใช้ตัวต้านทานที่ไวต่ออุณหภูมิต่อชดเชยความไม่คงที่ของรอยต่อเย็น(รูปที่ 1.4) หรืออาจชดเชยความผิดพลาดโดยใช้โลหะผสมที่มีความต้านทานต่ำกว่าโลหะที่ใช้ทำเทอร์มอคัปเปิลทำสายต่อในวงจร



ภาพที่ 2.4 การต่อวงจรบริดจ์ชดเชยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของรอยต่อเย็น

ที่มา : รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์ <https://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf> เข้าถึง

เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562

การวัดอุณหภูมิและการควบคุมความร้อนนิยมใช้เทอร์โมคัปเปิล เพราะมีช่วงอุณหภูมิใช้งานกว้าง มีราคาถูก และมีรูปร่างหลายแบบสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเครื่องมือประเภทต่างๆ ได้เป็นอย่างดี คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแตกต่างกันตามชนิดของโลหะที่นำมาเชื่อมต่อกัน (ตารางที่ 2.1) ชนิด B มีอายุการใช้งานนานและใช้วัดอุณหภูมิที่สูง ชนิด J มีราคาถูกจึงเหมาะสำหรับใช้งานทั่ว ๆ ไป สามารถใช้ในสุญญากาศได้ แต่แก๊สไฮโดรเจนจะทำให้เกิดการเปราะ ชนิด R และชนิด S ใช้งานได้ดีในอุณหภูมิสูง และทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ชนิด E ทนต่อการกัดกร่อนจากความชื้นและดื้อต่อมลพิษร้อน

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลชนิดต่าง ๆ

ชนิด	องค์ประกอบ	อุณหภูมิใช้งาน (^o ซ.)	ความผิดพลาด (^o ซ.)	สัญญาณไฟฟ้า (รอยต่อเย็น 0 ^o ซ.)
B	Pt : 30% Rh Pt : 6% Rh	0-1,500	±3 - ±4	1.241 mV ที่ 50 ^o ซ.
E	Ni-Cr : Constantan (chromel)	-200-850	±3	6.317 mV ที่ 100 ^o ซ.
J	Iron : Constantan	-200-850	±1 - ±3	5.268 mV ที่ 100 ^o ซ.
K	NiCr : NiAl (chromel:alumel)	-200-1,100	±0.7 - ±3	4.095 mV ที่ 100 ^o ซ.
R	Pt:13% Rh-Pt	0 - 1,500	±1 - ±2	4.47 mV ที่ 500 ^o ซ.
S	Pt : 10% Rh-Pt	0-1,500	± 3	4.234 mV ที่ 500 ^o ซ.
T	Cu : Constantan	-250-400	± 1	4.277 mV ที่ 500 ^o ซ.

ที่มา : รศ.ชูชาติ อาริจิตรานุสรณ์ <https://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf> เข้าถึง
เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562

ใช้ในสุญญากาศได้ และยังให้สัญญาณการตอบสนองต่ออุณหภูมิดีมาก (6.317 mV ที่ 100^o ซ.) ชนิด K ใช้งานได้ดีทั่ว ๆ ไป แต่ถ้าใช้ในสุญญากาศหรือมีออกซิเจนต่ำอายุการใช้งานจะลดลง ชนิด T เหมาะสำหรับการใช้ในสุญญากาศและทนต่อการกัดกร่อนจากความชื้น

2.4.2 เทอร์มิสเตอร์(thermistor)

เทอร์มิสเตอร์มาจากคำว่า “Thermal” ซึ่งหมายถึงความร้อนผสมกับคำว่า “resistor” ซึ่งหมายถึงตัวต้านทาน ดังนั้นเทอร์มิสเตอร์จึงหมายถึง สารที่เปลี่ยนแปลงความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสารเหล่านี้อาจเป็นสารกึ่งตัวนำหรือโลหะผสม

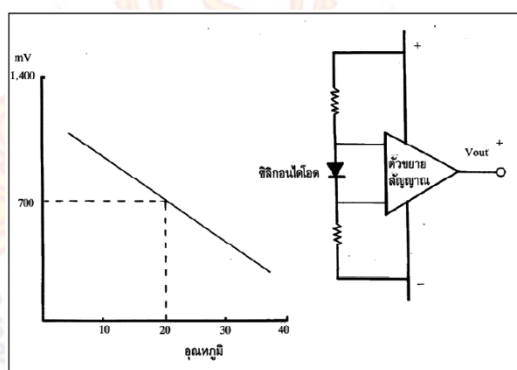
เทอร์มิสเตอร์ มีอยู่ 2 ชนิดคือ ชนิดที่ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น(negative coefficient thermistor) ชนิดที่ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น(positive coefficient thermistor) สำหรับประเภทหลังมักเป็นสารผสมของ Ba, Pb และ strontium titanate แต่ไม่นิยมใช้เทอร์มิสเตอร์แบบแรกเป็นออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส ซิลิเคท โคบอลท์ ทองแดง ไททาเนียม ฯลฯ. ออกไซด์เหล่านี้ถูกห่อหุ้มไว้ด้วย อีพอกซี(epoxy) เซรามิก(ceramic) หรือแก้ว เพื่อป้องกันการ

เสียหายจากการกระแทกหรือถูกกัดกร่อน มีขนาดเล็กตั้งแต่ 1-2.5 มม. จน ถึงขนาด 5-25 มม. มีความต้านทานประมาณ 10 กิโลโอห์มที่ 0°C . และ 200 โอห์มที่ 100°C .

เทอร์มิสเตอร์สามารถใช้งานได้ในช่วง -100 ถึง 300°C . โดยไม่จำเป็นต้องใช้เทอร์มิสเตอร์หลายอัน เนื่องจากมีความต้านทานภายในตัวเองสูง ถึงแม้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และความต้านทานที่ลดลงจะมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นโค้งเอกซ์โพเนนเชียล(exponential curve) ก็ตาม แต่ในช่วงอุณหภูมิที่แคบ ($0-100^{\circ}\text{C}$.) สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์มิสเตอร์มีความถูกต้องสูงมาก (ผิดพลาดไม่เกิน 0.001°C .) เทอร์มิสเตอร์จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงอุณหภูมิไม่สูงมากนัก

2.4.3 สารกึ่งตัวนำ(semiconductor)

สารกึ่งตัวนำ(semiconductor) ซิลิกอนไดโอด(silicon diode) มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิเป็นเส้นตรงในช่วง -50°C . ถึง 150°C . ให้สัญญาณไฟฟ้าประมาณ 700 mV ที่อุณหภูมิ 20°C . หรือ $-2\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. (รูปที่ 1.5) แต่ถูกทำลายที่อุณหภูมิ 200°C . ในระยะหลังได้มีการพัฒนาไอซี ซึ่งรวมเอาทั้งไดโอดและวงจรขยายสัญญาณไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถใช้งานได้ในช่วง -50°C . หรือสูงกว่า และให้สัญญาณไฟฟ้าที่สูงขึ้นเป็น $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. และมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ที่ -273°C .



ภาพที่ 2.5 การตอบสนองและการต่อวงจรเพื่อใช้งานของซิลิกอนไดโอด

ที่มา : รศ.ชชาติ อารีจิตรานุสรณ์ <https://home.kku.ac.th/chuare/12/hotairoven.pdf> เข้าถึง

เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562

2.5 ชนิดของตัววัดอุณหภูมิ

ตัววัดอุณหภูมิมีหลายรูปแบบโดยแบ่งตามชนิดที่ใช้ดังนี้

2.5.1 โลหะบริสุทธิ์

โลหะบริสุทธิ์ มีโลหะบริสุทธิ์หรือเกือบบริสุทธิ์หลายชนิดที่สัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิ (temperature coefficient of resistivity) มีค่าคงที่และมีค่าสูง ตัวอย่างเช่น พลาตินัม (0.03927%/K) นิเกิล (0.0066%/K) ทองแดง (0.00393%/K) เงิน (0.0038%/K) และ ทังสแตน (0.0045%/K) ฯลฯ. แต่ชนิดที่นิยมเอามาใช้ควบคุมความร้อนได้แก่ พลาตินัมและนิเกิล เนื่องจากความต้านทานของโลหะแปรผันโดยตรงกับความยาวและอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่แปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของโลหะ ดังนั้นเมื่อความยาวและพื้นที่หน้าตัดคงที่ ความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงจึงสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทางอ้อม

2.5.2 พลาตินัม

ชนิดพลาตินัม (platinum resistance temperature detector, RTD) สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ -200 ถึง 800 °ซ. ความต้านทานเพิ่มขึ้นประมาณ 38.5 โอห์มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มจาก 0 °ซ. เป็น 100 °ซ. ตัววัดความร้อนชนิดนี้มีความแม่นยำในการตรวจวัดอุณหภูมิมาก กล่าวคือมีค่าเปลี่ยนไม่เกิน 0.1 °ซ. /ปี หลังจากการปรับให้ถูกต้องแล้ว มีเสถียรภาพดีที่อุณหภูมิสูง และสามารถลดความยาวของเส้นลวดได้ โดยการเพิ่มจำนวนเส้นลวดพลาตินัมในส่วนที่ใช้วัดความร้อน แต่มีข้อเสียอยู่บ้างตรงที่มีราคาสูงและการตอบสนองต่อความร้อนค่อนข้างช้า

2.5.3 นิเกิล

ชนิดนิเกิล มีราคาต่ำกว่าชนิดพลาตินัมมาก มีช่วงการใช้งาน -200 °ซ. ถึง 350 °ซ. นิยมใช้งานในเครื่องมือทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการความถูกต้องของอุณหภูมิมากนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน

2.6 รูปแบบการขยายตัว

การขยายตัวของวัตถุมีการแบ่งการขยายตัวตามรูปแบบดังนี้

2.6.1 การขยายตัวของของแข็ง (solid expansion)

การขยายตัวของของแข็ง (solid expansion) ควบคุมความร้อนโดยอาศัยการขยายตัวของของแข็งซึ่งส่วนใหญ่เป็นโลหะ ถูกนำมาใช้ควบคุมอุณหภูมิมาก เพราะมีราคาถูกมากและมีความผิดพลาดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับงานทั่ว ๆ ไป ในการประยุกต์ใช้งานอาจพบในรูปแบบโลหะ (rod sensing probe) (รูปที่ 7.6 ก) ซึ่งประกอบด้วยแท่งโลหะที่ขยายตัวน้อย (ตัวอย่าง เช่น Invar) อยู่ด้านในเพื่อให้เป็นความยาวอ้างอิง ส่วนด้านนอกเป็นโลหะทองเหลืองซึ่งจะหดตัวหรือขยายตัว

ตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ความยาวของแท่งทองเหลืองจะควบคุมสวิตช์ ซึ่งต่อไปยังภาคจ่ายกระแสไฟฟ้า ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นแบบแผ่นโลหะ 2 ชนิด(bimetal strip) ที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวไม่เท่ากันประกบติดกัน เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโลหะจะงอตัวไปทางโลหะด้านที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำกว่า การโค้งตัวของแผ่นโลหะ ทำให้เกิดการตัดหรือต่อสวิตช์ควบคุมไฟฟ้าเพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่อยู่เสมอ

2.6.2 การขยายตัวของเหลว(liquid expansion)

การขยายตัวของเหลว(liquid expansion) ของเหลวที่นิยมใช้ได้แก่ปรอท เพราะมีสัมประ-สิทธิ์ ของการขยายตัวสูงมาก อาจพบในรูปของการบรรจุปรอทในท่อโลหะ (ทองแดง เหล็กกล้าไร้สนิม) ที่มีรูขนาดเล็กและสม่ำเสมอ ปลายด้านหนึ่งเป็นกระเปาะใหญ่กว่า อาจทำเป็นรูปตัวยูเป็นแท่งตรง หรือขดแบบสปริง ปลายอีกด้านหนึ่งต่อกับกลไกซึ่งจะตัดต่อสวิตช์ไฟฟ้าเมื่อปรอทขยายตัวหรือหดตัว

2.7 ตัวควบคุมอุณหภูมิ(temperature controller)

ตัวควบคุมอุณหภูมิ(temperature controller) แบ่งเป็น2 แบบคือ แบบกล (mechanical type)ที่อาศัยการเคลื่อนที่ของกลไก และแบบอิเล็กทรอนิกส์ (solid state type)

2.7.1 แบบกล

แบบกล ทำงานโดยการตัด(OFF) หรือต่อ(ON) กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวกำเนิดความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัสของสวิตช์ไฟฟ้าซึ่งถูกควบคุมโดยตัวไวความร้อน แบบกลส่วนใหญ่มีความไวในการควบคุมอุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิในเครื่องมือที่ไม่ต้องการความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิมานัก

2.7.2 แบบอิเล็กทรอนิกส์

แบบอิเล็กทรอนิกส์ มีอยู่หลายชนิด แบบเปิดปิด(ON/OFF) ทำงานโดยการรับสัญญาณจากตัวไวความร้อน แล้วตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าของตัวกำเนิดความร้อนด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิด ตัวอย่างเช่นเอสซีอาร์(SCR) ไตรแอก หรือทรานซิสเตอร์ ฯลฯ ในขณะที่เปิดวงจรไฟฟ้าตัวกำเนิดความร้อนจะดึงกระแสไฟฟ้าอย่างเต็มที่และต่อเนื่องตามวัตต์ของตัวกำเนิดความร้อน ดังนั้นจึงเกิดการกระชากกระแสไฟฟ้ามาก และอุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงเหมาะสมสำหรับการใช้งานในตู้อบแห้งแบบสัดส่วน(proportional control) เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิที่นิยมใช้อย่าง

2.8 ข้อควรปฏิบัติในการใช้ตู้อบลมร้อน

เพื่อยืดอายุการใช้งานตู้อบลมร้อน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของงาน ผู้ใช้ควรปฏิบัติดังนี้

- เลือกขนาดตู้อบให้เหมาะสมกับปริมาณวัตถุที่จะนำมาอบ ตั้งตู้อบให้ได้ระดับในที่ที่อากาศถ่ายเทได้ดี ปราศจากฝุ่นละออง และควรห่างจากตู้ทำความเย็น
- ควรคว่ำภาชนะแก้วหรือพลาสติกให้แห้งจนเหลือน้ำน้อยที่สุดก่อนนำไปอบเพื่อประหยัดประหยัดพลังงานความร้อน ที่ต้องสูญเสียเพิ่มขึ้นในการทำให้ น้ำระเหย
- หลีกเลี่ยงการอบสารเคมีที่ระเบิดหรือติดไฟได้ง่าย
- ใช้อุณหภูมิให้เหมาะสมกับวัตถุที่นำมาอบ ตัวอย่างเช่น การอบภาชนะพลาสติกธรรมดาไม่ควรใช้อุณหภูมิเกิน 60 °ซ. และภาชนะแก้ววัดปริมาตรไม่ควรอบในที่อุณหภูมิเกิน 120 °ซ. เป็นต้น
- ไม่ควรใส่วัตถุตู้อบมากเกินไป ในตู้อบลมร้อนที่ใช้ระบบถ่ายเทความร้อนด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เพราะความร้อนจะกระจายไม่ทั่วถึง
- ปิดประตูตู้อบให้สนิททุกครั้งก่อนอบวัตถุ
- ไม่ควรเปิดตู้อบโดยไม่จำเป็น ควรวางแผนล่วงหน้าว่าจะหยิบอะไรหรือใส่อะไรในตู้อบก่อนเปิดประตูตู้อบ
- สวมถุงมือกันร้อนทุกครั้งที่ยกวัตถุที่ร้อนออกจากตู้อบ
- ควรฆ่าเชื้อตามพื้น และผนังตู้เพาะเชื้อเสมอ ๆ

2.9 การบำรุงรักษา

ตู้อบลมร้อนเป็นเครื่องมือที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก แต่ควรทำการบำรุงรักษา ดังนี้

- ตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิ ทุก ๆ 6 เดือน
- ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบปลอดภัย ทุก ๆ 6 เดือน
- ตรวจสอบการรั่วไหลของความร้อนที่ยางขอบประตู และผนังตู้อบลมร้อนทุก ๆ ครั้งที่ใช้งาน
- ตรวจสอบการขาดหรือการลัดวงจรของแท่งกำเนิดความร้อน หรือลวดกำเนิดความร้อนทุก ๆ เดือน
- ตรวจสอบความถูกต้องของนาฬิกาตั้งเวลา ทุก ๆ 6 เดือน
- ตรวจสอบความเร็ว และหล่อลื่นมอเตอร์กระจายความร้อนทุก ๆ 6 เดือน
- ทำความสะอาดภายนอกและภายในตู้อบด้วยผงซักฟอกอย่างอ่อนเมื่อตู้อบสกปรก
- หล่อลื่นบานพับและสลักปิดประตูทุก ๆ 6 เดือน
- ทำความสะอาดแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทุก ๆ ปี
- ทำความสะอาดตัวให้ความร้อนและตัวกำเนิดความร้อนทุก ๆ ปี

2.10 การเลือกตู้อบลมร้อน

การเลือกใช้ตู้อบลมร้อนควรพิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้

- มีช่วงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดอยู่ในช่วงที่ต้องการใช้งาน ไม่ควรเลือกตู้อบลมร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วงสูงมาใช้งานในช่วงอุณหภูมิต่ำ เพราะการควบคุมอุณหภูมิมักจะคลาดเคลื่อน และยังสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติ

- พัฒนาระบายความร้อนในตู้อบควรมีขนาดใหญ่ หรือมีขนาดเล็กแต่มีความเร็วรอบสูง

- มีความถูกต้องและความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิเพียงพอ สำหรับงานทางห้องปฏิบัติการแต่ละประเภท

- มีช่องระบายอากาศที่ปรับขนาดได้ เพื่อช่วยควบคุมการสูญเสียความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

- ระบบควบคุมความร้อนควรเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือมีระบบไมโครโพรเซสเซอร์ช่วยควบคุม เพราะมีความละเอียดและความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิดีมาก

- มีระบบตัดกระแสไฟฟ้าเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้มาก

- มีการสูญเสียความร้อนที่ขอบประตู ผนังตู้อบน้อย

- ภายในตู้อบควรทำด้วยโลหะไร้สนิมที่ทนความร้อน และทำความสะอาดได้ง่าย

- ตู้อบขนาดใหญ่ควรมีประตูแยกเป็นหลาย ๆ บาน เพื่อลดการสูญเสียความร้อนขณะเปิด

ประตูตู้อบ

- พัฒนาระบายความร้อนควรมีเสียดังรบกวนน้อยที่สุด

2.11 ปัญหาและสาเหตุอาจพบในตู้อบลมร้อน

ปัญหาที่อาจพบได้เมื่อใช้งานตู้อบลมร้อนมีดังตารางที่ 2.2 ตัวอย่างสาเหตุที่กล่าวไว้ เป็นเพียงสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ ส่วนการหาสาเหตุที่แท้จริงควรคำนึงถึงสาเหตุอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงด้วย

ตารางที่ 2.2 ปัญหาและสาเหตุที่อาจพบในตู้อบลมร้อน

ปัญหา	สาเหตุ
อุณหภูมิไม่คงที่	<ul style="list-style-type: none"> - ตัวไวนความร้อนสกปรกหรือเสื่อมสภาพ - วงจรควบคุมอุณหภูมิเสีย - พัฒลมกระจายความร้อนเสียหรือทำงานผิดปกติ - ใส่วัตถุในตู้อบมากเกินไป - เปิด ปิดประตูตู้อบบ่อย - กระแสไฟฟ้าไม่คงที่
ภายในตู้อบไม่ร้อน	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่ได้เสียบปลั๊กไฟฟ้า - ฟิวส์ขาด - นาฬิกาตั้งเวลาทำงานเสีย - ตัวกำเนิดความร้อนขาด - สวิตช์ปิดเปิดกระแสไฟฟ้าเสีย - รีเลย์ป้องกันความร้อนเกินเสีย
ภายในตู้อบมีความร้อนน้อยกว่าปกติ	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งปุ่มควบคุมอุณหภูมิต่ำเกินไป - ตั้งปุ่มป้องกันอุณหภูมิสูงเกินต่ำกว่าอุณหภูมิของปุ่มควบคุมอุณหภูมิ - ตัวไวนความร้อนเสีย - วงจรควบคุมความร้อนเสีย - มีความร้อนรั่วมากที่ขอบประตูหรือผนังตู้อบ - ตัวกำเนิดความร้อนบางอันขาด - ตัวกำเนิดความร้อนสกปรกมาก
ปัญหา	สาเหตุ
ความร้อนเกิดช้า	<ul style="list-style-type: none"> - ความร้อนรั่วออกนอกตู้อบมาก - ตัวกำเนิดความร้อนมีวัตต์ต่ำ - โวลต์ของกระแสไฟฟ้านตก - มีน้ำในวัตถุที่นำไปอบมาก - การถ่ายเทความร้อนไม่มี - วงจรควบคุมความร้อนเสีย

ปัญหา	สาเหตุ
ภายในตู้อบมีความร้อนมากกว่าปกติ	- ตัวไวนความร้อนเสีย - วงจรควบคุมความร้อนเสีย - ตัวไวนความร้อนสกปรกมาก
ตัวกำเนิดความร้อนมีความร้อนตลอดเวลา	- ตัวกำเนิดความร้อนต่อกราวด์ - สวิตช์ไฟฟ้าเสีย - นาฬิกาตั้งเวลาทำงานเสีย - รีเลย์เสีย
ที่มา : รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์ http://home.kku.ac.th/chuare/ เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2559	

2.12 อุณหพลศาสตร์

อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับพลังงาน (energy) และเอนทัลปี (enthalpy) ของระบบ กล่าวถึงระบบ คุณสมบัติของระบบ และอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมในรูปของพลังงานความร้อน สำหรับพลังงานที่กล่าวในวิชาอุณหพลศาสตร์นั้น อาจอยู่ในรูปต่างๆ เช่น พลังงานภายใน (internal energy) พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ งานและความร้อน พลังงานสามารถเปลี่ยนจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งโดยพลังงานทั้งหมดจะคงที่เสมอ นั่นคือ พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือทำลายให้หมดไปได้ ซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์พลังงาน (principle of energy conservation)

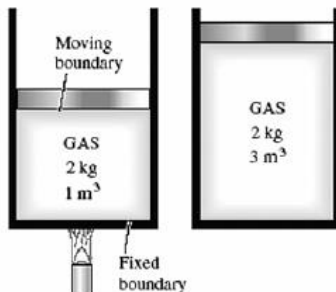
2.12.1 มวลควบคุม (Control mass) หรือระบบปิด (close system)

เมื่อกล่าวถึงระบบหนึ่งๆ ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ภายนอกระบบจะเรียกว่าสิ่งแวดล้อม (surrounding) มวลควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยมีขอบเขตของระบบ (bound) เป็นเครื่องแบ่งพรมแดน

2.12.1.1 มวลควบคุมระบบปิด หมายถึง ปริมาณที่แน่นอนของสสารหนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ โดยมีลักษณะดังนี้

- มวลของสารภายในระบบไม่เปลี่ยนแปลง และไม่มีมวลสารไหลข้ามเขตของระบบ
- มวลควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยขอบเขตของระบบ
- มวลควบคุมมีเพียงความร้อนและงานที่สามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบ

- ขอบเขตของระบบสามารถเคลื่อนที่ได้ (หดหรือขยายตัวได้)



ภาพที่ 2.6 ระบบปิดแสดงขอบเขตของระบบที่เคลื่อนที่ได้

ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย

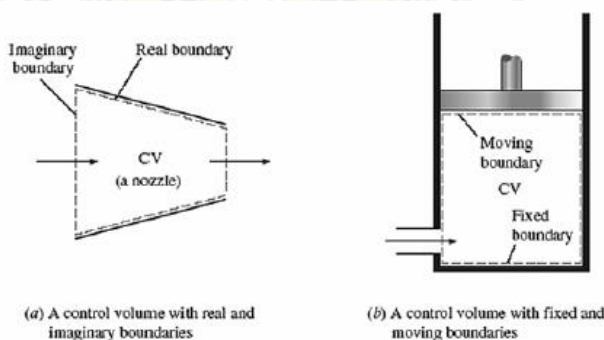
<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>

2.12.2 ปริมาณควบคุม (control volume) หรือระบบเปิด (open System)

หมายถึงปริมาณของสสารหนึ่ง ที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ พื้นผิวของปริมาตรควบคุมที่เลือกขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพรมแดนระหว่างปริมาตรควบคุมกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่าผิวควบคุม (control surface) หรือขอบเขต (boundary) มีลักษณะดังนี้

- มวลสารในปริมาณควบคุมอาจเปลี่ยนแปลงหรือไม่ก็ได้
- ปริมาตรควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยผิวควบคุม
- ปริมาตรควบคุมจะมีความร้อน งาน และมวลสารที่ถ่ายเทข้ามผิวควบคุม
- ผิวควบคุมของปริมาตรควบคุมนั้นอาจคงที่ ขยาย หรือหดได้

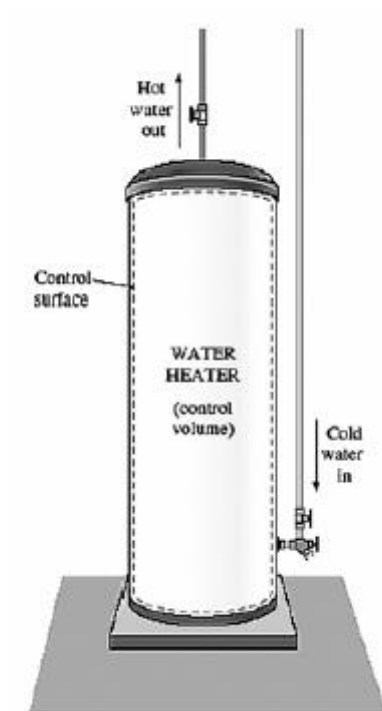
ได้



ภาพที่ 2.7 ปริมาณควบคุม (control volume : CV) และขอบเขตของระบบ

ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย

<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>



ภาพที่ 2.8 ปริมาณควบคุมที่มีสสารไหลเข้าไหลออก

ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย

<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>

2.12.3สถานะ (phase)

หมายถึงปริมาณของสารที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด ปกติจะมี 3 สถานะ ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ การเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่งของสารพิจารณาได้ดังนี้

-การหลอมตัว (melting) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว

-การแข็งตัว (Freezing) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง

-การระเหย(vaporization)หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นไอหรือก๊าซ

-การควบแน่น (condensation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นไอหรือก๊าซ

2.12.4 พลังงาน (energy)

หมายถึงความสามารถในการทำงานได้ หรือสามารถเปลี่ยนแปลงจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ ถ้าหากกล่าวถึงระบบ พลังงานนั้นหมายถึงคุณสมบัติของระบบซึ่งเปลี่ยนแปลงไป เมื่อระบบมีงานและความร้อน หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง ซ้ำมขอบเขตของระบบ หน่วยที่เป็น N.m หรือ Joule แยกเป็น 2 ประเภท

- พลังงานสะสม ได้แก่ พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ พลังงานเคมี พลังงานการเคลื่อนไหวของโมเลกุล

- พลังงานถ่ายเท ความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง และงาน

2.12.5 พลังงานศักย์ (potential energy)

คือ พลังงานของมวลใดมวลหนึ่ง ที่เป็นผลมาจากแรงดึงดูดของโลก เมื่อมวลนั้นอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งมีความสูงเหนือระดับอ้างอิง

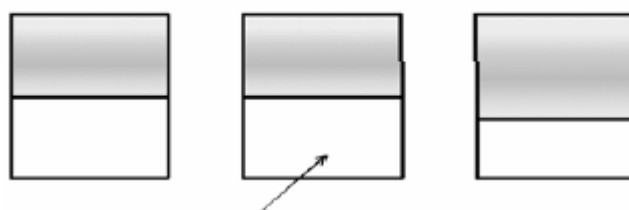
2.12.6 พลังงานจลน์ (kinetic energy)

คือ พลังงานของระบบที่เป็นผลมาจากระบบ (หรือมวล) นั้นมีการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดความเร็วและมวลของระบบนั้น

2.12.7 พลังงานภายใน

พิจารณากระบวนการให้ความร้อนแก่ระบบปิด (มวลควบคุม) ภายใต้ปริมาตรคงที่ ภายในภาชนะปิดสนิทและหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีโดยรอบ จึงไม่มีความร้อนสูญเสียออกสู่ภายนอก

สภาวะเริ่มต้น ให้ความร้อน สภาวะสุดท้าย



$Q =$ พลังงานความร้อน

ภาพที่ 2.9 พลังงานภายใน พิจารณากระบวนการให้ความร้อนแก่ระบบปิด

ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย

<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>

2.12.8 เอนทัลปี (H)

เป็นคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์อีกตัวหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของพลังงานภายใน (U) กับงานเนื่องจากการไหล (PV) ดังนั้นเอนทัลปีของระบบหนึ่งจึงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$H = U + PV$$

เมื่อ H = เอนทัลปีของระบบที่สภาวะใดสภาวะหนึ่ง หน่วยเป็น kJ

U = พลังงานภายในของระบบที่สภาวะเดียวกัน หน่วยเป็น kJ

PV = งานเนื่องจากการไหลของระบบที่สภาวะเดียวกัน หน่วยเป็น kJ

2.12.9 กฎอนุรักษ์พลังงาน (principle of energy conservation)

กฎอนุรักษ์พลังงานเป็นกฎพื้นฐานแห่งธรรมชาติ ซึ่งมีใจความดังนี้ พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายให้หมดไปได้ แต่พลังงานนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งได้โดยพลังงานทั้งหมดยังคงเดิมเสมอ ซึ่งถ้าหากปราศจากการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทาน พลังงานทั้งหมดของวัตถุหรือระบบที่ตำแหน่งใดๆ (หรือสภาวะใดๆ) มีค่าคงที่เสมอ

2.13 ความร้อน

สำหรับระบบหนึ่งๆ ความร้อนจะเกิดการถ่ายเทเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 2 บริเวณ โดยความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ การถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกจากระบบจะกำกับด้วยเครื่องหมาย บวกหรือลบ

- ความร้อนมี เครื่องหมายลบ เมื่อระบบสูญเสียความร้อนหรือมีความร้อนถ่ายเทออกจากระบบ

- ความร้อนมี เครื่องหมายบวก เมื่อระบบได้รับความร้อนหรือมีความร้อนถ่ายเทเข้าระบบรูปแบบของความร้อนแยกเป็นสามประเภทคือความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี

- ความร้อนสัมผัส (sensible heat) คือ ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆ มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้สถานะของสารนั้นเปลี่ยนแปลง

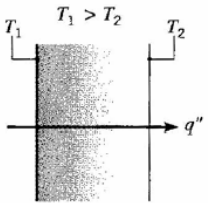
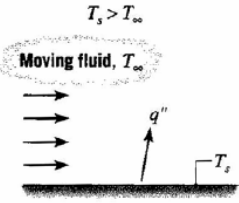
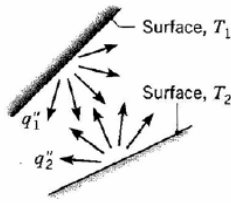
- ความร้อนแฝง (latent heat) คือ ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆ (หรือดึงออกจากสาร) แล้วทำให้สารนั้นเปลี่ยนแปลงสถานะภายใต้อุณหภูมิกคงที่

- ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี คือ พลังงานความร้อนของสารเชื้อเพลิง ขณะสารเชื้อเพลิงเผาไหม้จะปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา

2.13.1 การถ่ายเทความร้อน

คือการทำงานได้มีการส่งผ่านเนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิ นั่นคือเมื่อใดก็ตามที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตัวกลาง หรือระหว่างตัวกลางจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น การถ่ายเทความร้อนมี 3 รูปแบบคือ

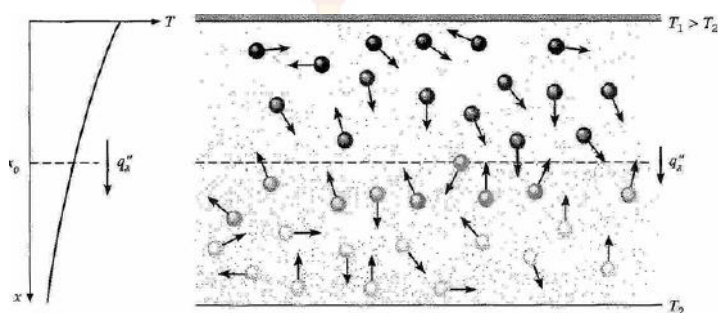
- การนำความร้อน (conduction) หมายถึงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นตกระหว่างตัวสื่อกลาง
- การพาความร้อน (convection) หมายถึงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นตกระหว่างพื้นผิวและของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ผิว และมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
- การแผ่รังสีความร้อน (radiation) ทุกๆ พื้นผิวมีอุณหภูมิอยู่ค่าๆ หนึ่งจะมีการส่งพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และโดยที่ไม่ต้องมีสื่อกลางใดๆ จะมีการส่งผ่านความร้อนระหว่างสองพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

Conduction through a solid or a stationary fluid	Convection from a surface to a moving fluid	Net radiation heat exchange between two surfaces
		

ภาพที่ 2.10 การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน
ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย
<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>

■ การนำความร้อน (conduction)

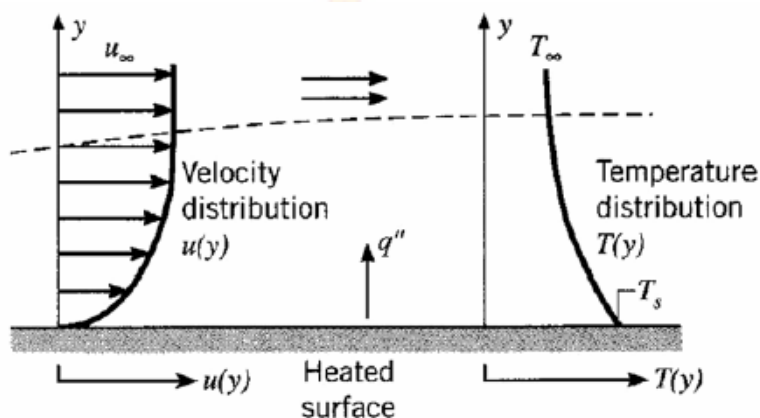
เกิดขึ้นจากการส่งผ่านพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานมากไปยังอนุภาคที่มีพลังงานน้อยกว่า กลไกของการนำความร้อนอาจพิจารณาตัวอย่างได้จากก๊าซที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ ขณะที่ก๊าซอยู่ในช่องว่างระหว่างสองระนาบที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน อนุภาคที่มีอุณหภูมิสูงย่อมมีพลังงานที่สูงกว่า และมีการเคลื่อนที่ ๆ มากกว่า เกิดการชนกันของอนุภาค และเกิดการส่งถ่ายพลังงานจากโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าไปยังโมเลกุลที่พลังงานต่ำกว่า ในสภาพที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การส่งผ่านพลังงานจะต้องเกิดขึ้นในทิศทางจากอุณหภูมิสูงไปยังที่อุณหภูมิต่ำกว่า



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างเช่น การนำความร้อนของซ็อนกาแพโลหะที่จุ่มลงในถ้วยกาแฟร้อน เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง ปลายที่จับของซ็อนกาแพที่อยู่ด้านบนก็จะเกิดความร้อนขึ้นมา
ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย
<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>

■ การพาความร้อน (convection)

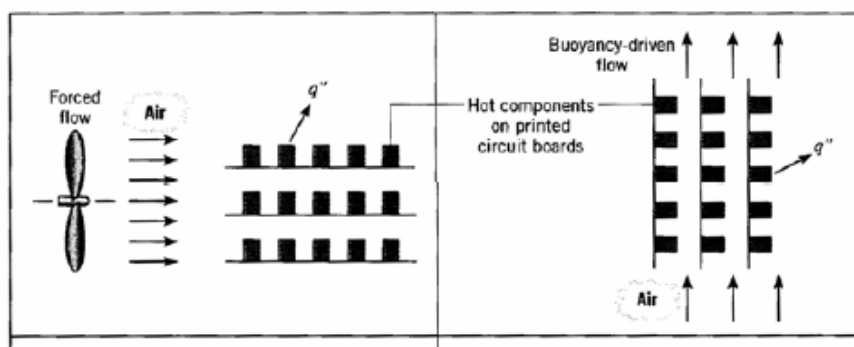
การพาความร้อนประกอบด้วยกลไกการทำงาน 2 กลไกคือ การส่งผ่านพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่กลับไปมาของโมเลกุล และการส่งผ่านพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของๆไหลเอง การเคลื่อนที่ของของไหลนี้เกี่ยวข้องกับความจริงที่ว่า โมเลกุลจำนวนมากเคลื่อนที่และไหลไปสะสมกัน การไหลดังกล่าวยังคงมีการเคลื่อนที่กลับไปมา การส่งผ่านความร้อนทั้งหมด เกิดขึ้นเนื่องจากการซ้อนทับกันของการส่งผ่านพลังงานโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลและของๆไหล



ภาพที่ 2.12 การพาความร้อนสามารถแบ่งแยกตามการไหลของๆไหลได้เป็น การพาความร้อนแบบ บังคับ (forced convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (free or natural convection)

ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย

<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>



ภาพที่ 2.13 การพาความร้อนแบบบังคับ การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

ที่มา : Manasu 2552 วิศวกรรมพื้นฐานสำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย

<http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>

- การแผ่รังสี (radiation)

พิจารณาวัตถุของแข็ง เริ่มต้นมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม เมื่อปล่อยวัตถุทิ้งไว้ระยะหนึ่งของแข็งชิ้นนี้จะเย็นตัวลง และท้ายสุดจะมีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งแวดล้อม การเย็นตัวลงเกี่ยวข้องกับ การลดลงของพลังงานภายในที่เก็บไว้ในของแข็งและเป็นผลโดยตรงจากการแผ่รังสี (emission) ของ การแผ่รังสีจากพื้นผิวของแข็ง ซึ่งในขณะเดียวกันพื้นผิวของแข็ง ก็มีการรับและดูดซับรังสีที่ออกมา จากสิ่งแวดล้อมด้วย (Manasu 2552 อุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน วิศวกรรมพื้นฐาน สำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย หน่วยที่ 6 อุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน <http://www.thaiblogonline.com/manasu.blog?PostID=3516>)

2.15 หลักการอบแห้งผักและผลไม้

มนุษย์รู้จักการถนอมอาหารโดยการทำให้แห้งด้วยการตากแดดเป็นเวลานาน มาแล้ว และยังคงใช้วิธีนี้กันอย่างกว้างขวาง แต่บางครั้งภูมิอากาศไม่อำนวย มนุษย์ เราจึงพยายามค้นหาวิธีการที่จะใช้ความร้อนจากแหล่งอื่นมาทำให้แห้ง เช่น การตาก โดยอาศัยความร้อนจากการเผาฟืน ต่อมา จึงมีการสร้างห้อง สำหรับการอบอาหาร โดยเฉพาะ มีลมร้อน เป่าลงไปบนอาหาร และคิดพัฒนาวิธีการและเครื่องมืออื่น ๆ อีก มากมาย

2.15.1 การตากแห้ง และการอบแห้ง

การตากแห้ง อาศัยแสงแดดเป็นแหล่งให้ความร้อนแก่อาหาร เพื่อให้ไอน้ำระเหย ออกจากอาหาร และอาศัยลมช่วยพัดพาไอน้ำออกไป วิธีนี้ต้องพึ่งพาธรรมชาติ ต้องการ เนื้อที่ในการตากมากกว่าการอบแห้ง คุณภาพไม่แน่นอน ควบคุมคุณภาพได้ยาก คุณภาพของผักผลไม้ตากแห้ง ขึ้นอยู่กับลักษณะอากาศในระยะที่ตาก ผักผลไม้ตากแห้งมักเปรอะเปื้อนฝุ่นละอองและอาจมีแมลงและเชื้อ จุลินทรีย์ ปนเปื้อน ถ้า ฝนตกอาจ ทำให้ผักผลไม้แห้งไม่ทันที่มีการเน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพ การอบแห้งอาศัยเครื่องจักรกลไม่ ต้องพึ่งธรรมชาติให้ความร้อนจากแหล่ง พลังงานอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า หรือ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น ก๊าซหุงต้ม, น้ำมันเชื้อเพลิง, วัสดุการเกษตรและฟืน โรงงานอุตสาหกรรมใช้ไอน้ำเป็นแหล่งให้ความร้อนและมี เครื่องจักรสำหรับทำแห้งหลายแบบ สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของอาหารที่ จะทำให้แห้งการอบแห้งใช้พื้นที่น้อยกว่าการตากแห้งสามารถ ควบคุมคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ในคงที่ และมีคุณภาพดีกว่าและสามารถควบคุมความสะอาดได้ดีกว่าแต่มี ข้อเสียคือ ต้องการค่าใช้จ่ายในการลงทุนซื้อตู้อบและค่าพลังงานในการดำเนินการอบ มากกว่า การตากแห้ง อย่างไรก็ตามราคาของผลิตภัณฑ์อาจจะสูงกว่าการตากแดด และระยะเวลาในการอบแห้งจะสั้นกว่า และการอบแห้งได้เปรียบในช่วงที่มีฝนตกหรือ อากาศชื้นไม่คอยมีแดด

2.15.2 การถนอมอาหาร

โดยวิธีการทำแห้งมีข้อได้เปรียบวิธีการถนอมอาหารวิธีอื่น คือ ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา กวาอาหารสดหรือแช่แข็งหรือบรรจุกระป๋อง, ต้นทุนการผลิตถูก กวา, ใช้แรงงาน, ภาชนะ บรรจุ และเครื่องจักรน้อยกว่า สามารถเก็บรักษาและขนส่งได้ สะดวกไม่เปลืองพื้นที่ การถนอมอาหารโดยการอบแห้ง อาศัยหลักการหลายวิธีรวมกันได้แก่ การลด ปริมาณน้ำในอาหาร, การใช้สารเคมีป้องกัน การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์, การใช้ความร้อนหรือสารเคมีในการทำลายเอนไซม์ในอาหารเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และการ ใช้ภาชนะบรรจุในการป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และป้องกันการเพิ่มความชื้น ในผลิตภัณฑ์อาหาร นอกจากนี้การเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมยังช่วยคุ้มครอง ผลิตภัณฑ์และส่งเสริมการขายอีกด้วย

2.16 หลักการอบแห้งอาหารโดยไหลมรอน

อากาศโดยปกติจะมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-75 % เมื่อทำให้อากาศร้อนขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ของลมรอนจะลดลงขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของลมรอน เช่น 60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ของลมรอนจะเป็น 15-25% ซึ่งจะสามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ และลม จะพัดพาไอน้ำออกจากอาหาร ความชื้นในอาหารจะลดลงอย่างรวดเร็วใน ช่วงแรกต่อนั้นจะลดลงช้าๆจนกระทั่งถึงจุดความชื้นสมดุลเนื่องจากผักและผลไม้มีความชื้นสูง 70-95 % ระยะเวลาในการอบแห้งจึงใช้เวลานาน การอบแห้งที่ถูกต้องจะต้องลด ความชื้นอาหารมาให้ถึงระดับความชื้นที่ปลอดภัย ระดับความชื้นสูงสุดสำหรับอาหาร อบแห้งที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระดับความชื้นที่ปลอดภัยสูงสุดสำหรับอาหารอบแห้งบางชนิด

ชนิดอาหารที่อบแห้ง	ระดับความชื้น
ผลไม้แห้ง	18%
ดอกเก๊กฮวยแห้ง	14%
เก๊กฮวยผงสำเร็จรูป	1.50%
ข้าวเกรียบกึ่งสำเร็จรูป	12%
ข้าวเกรียบสำเร็จรูป	3%
พริกแห้ง	13%
พริกป่น	11%
ชาใบ (ชาจีน)	7%
ชาผง (ชาฝรั่ง)	7%
ขิงแห้ง	12%
ขิงผงสำเร็จรูป	2.50%
กลวยอบ	21%
กาแฟ	14%
กาแฟสำเร็จรูป	4.50%
กาแฟแก้ว	5%
เนือมะพร้าวอบแห้ง	3%
นมผง	5%
เมล็ดพริกไทย ชั้น1	12%
เมล็ดพริกไทย ชั้น2	14%
พริกไทยป่น	12%
เนือมะพร้าวแห้ง ชั้น1	5%
เนือมะพร้าวแห้ง ชั้น2	6%
เนือมะพร้าวแห้ง ชั้น3	7%
ลูกกวาด	3%
ปลาหยองปรุงรส	12%
ปลาหยองไม่ปรุงรส	10%
ปลาหมึกแห้งปรุงรส	28%

ที่มา : บริษัท เค.เอ็น.เอส.แมชชีน จำกัด.หลักการอบแห้ง-แปรรูป ผักและผลไม้
fruit_driermanual.pdf หน้า5-10 <http://www.ToolMartAsia.com>

2.16.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการอบแห้งอาหาร

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการอบแห้งอาหาร ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาอบแห้งอาหารได้แก่ การปฏิบัติก่อนอบแห้ง อุณหภูมิ และปริมาณลมที่ไซ

การปฏิบัติก่อนอบแห้ง ผลไม้ส่วนใหญ่ ยกเว้นกล้วยและลำไย จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำประมาณ 10-20 องศาบริกซ์ เมื่อนำไปอบแห้งจะมีความแข็งเหนียวไม่เหมาะต่อการบริโภค วิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ผลไม้อบแห้งมีคุณภาพดีขึ้น คือการแช่อิ่มผลไม้ แล้วจึง นำไปอบแห้ง จะทำให้ผลไม้มีความนุ่ม หวานพอเหมาะ เนื้อสัมผัสไม่เหนียว ทำให้ ผู้บริโภคยอมรับ การแช่อิ่มเป็นการนอมอาหารโดยใช้น้ำตาล ทำให้ผลไม้ มีความชื้นลดลงก่อนอบแห้ง ทำให้ลดระยะเวลาการอบแห้ง วิธีทำคือ ต้มผลไม้ นาน 10 นาที แล้ว แช่ผลไม้ลงในน้ำเชื่อมที่มีความหวาน 30 องศาบริกซ์ เป็นเวลา

1 คีน แล้วเพิ่มความ เข้มข้น ของน้ำเชื่อมเป็น 40, 50, 60, องศาบริกซ์ ตามลำดับ จากนั้นจึงอบแห้ง ผลไม้แช่อิ่ม ผักสีเขียวสวนใหญ่ควรลวกในน้ำเกลือเดือดเข้มข้น 1 % ฟริกควรแซใน สารละลาย คลอรีนเพื่อฆ่า เชื้อโรคและแซในสารละลายโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์หรือ นึ่งด้วยไอน้ำ เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล การลวกหรือนึ่งจะช่วยลดระยะเวลาอบแห้ง ขนาดชิ้นอาหารรูปร่างของอาหารและ ปริมาณที่บรรจุใส่ถาดมีผลต่อเวลาในการอบแห้งเช่นเดียวกัน

2.16.2 อุณหภูมิลม

อุณหภูมิลมของอากาศมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศยิ่งอุณหภูมิสูงอากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง ทำให้อัตราการอบแห้งอาหารสูงขึ้น แต่การให้อุณหภูมิสูงมีขีดจำกัด เนื่องจาก อุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้ผลไม้มีสีดำ หรือสูญเสียกลิ่น และรสชาติเปลี่ยนไป อุณหภูมิที่ความชื้นอบแห้งคือ 60 องศาเซลเซียส อาจให้อุณหภูมิ เช่น 80 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มอบแห้งแล้วค่อย ลดอุณหภูมิ ลงมาในช่วงต่อมา

2.16.3 ปริมาณลม

ลมที่พัดผ่านอาหารจะรับความชื้นจากอาหารทำให้อาหารแห้ง ถ้าปริมาณลมที่ พัดผ่านมี มากขึ้น การรับความชื้นจะมากตามไปด้วย มีผลทำให้อัตราการลดความชื้น สูงขึ้น การใช้ปริมาณลมสูง มากและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำอาจทำให้เกิดการแข็งตัวที่ผิวหน้าของอาหาร ทำให้การถ่ายเทความชื้น ออก จากภายในขึ้นอาหารเกิดขึ้นได้ยากเพราะผิวหน้าแห้ง เป็นเสมือนกำแพงกันความชื้นออกจาก อาหารการใช้ปริมาณลมมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องอบแห้ง และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ไฟฟ้าจะ เพิ่มขึ้นตามปริมาณลมด้วย

2.16.4 การคำนวณหาน้ำหนักอาหารหลังลดความชื้น

การคำนวณหาน้ำหนักอาหารหลังลดความชื้น ตัวอย่างฟริกแดงเมล็ดเล็กความชื้น 69% จำนวน 1 กิโลกรัม นำมาอบแห้งให้เหลือ ความชื้น 12% จะมีน้ำหนักเท่าไร น้ำหนักหลังอบ = น้ำหนักก่อนอบ * (100-ความชื้นก่อนอบ/100 - ความชื้นหลังอบ) = 1 * (100-69/100-12) = 0.35 กิโลกรัม (บริษัท เค.เอ็น.เอส.แมชชีน จำกัด.หลักการอบแห้ง-แปรรูป ผักและผลไม้ fruit_drier_manual.pdf หน้า5-10 <http://www.ToolMartAsia.com>)

2.17 ความชื้น

ความชื้นคือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร การบอกค่าความชื้นจะบอกเป็น เปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนน้ำหนักน้ำที่มีในอาหาร กับน้ำหนักอาหาร วิธีหาความชื้นตาม มาตรฐานของ AOAC ทำได้โดยชั่งน้ำหนักอาหาร แลวนำไปอบ 100 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง น้ำที่ออกจากอาหารจนน้ำหนักคงที่ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \left(\frac{\text{น้ำหนักน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักอาหาร}} \right) * 100$$

วิธีวิเคราะห์ความชื้นในผลไม้ ใช้วิธีอบในตู้สุญญากาศ ที่ความดันน้อยกว่า 100 มม.ปรอทอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

2.17.1 ความชื้นสมดุล

ความชื้นสมดุล อาหารที่มีคุณสมบัติในการดูดและคายความชื้นให้กับบรรยากาศเมื่อนำอาหาร วางสัมผัสกับอากาศ ถ้าความชื้นในอาหารมีแรงดันไอน้ำสูงกว่าอากาศ อาหารจะ คายเท ความชื้นภายในตัวมันให้กับอากาศ ในทางตรงข้าม ถ้าอากาศมีแรงดันไอน้ำจะ สูงกว่าอาหาร ความชื้น จากอากาศก็จะคายเทให้กับอาหาร การคายเทความชื้นจะ ดำเนินไปเรื่อยๆกระทั่งความดันไอน้ำทั้งสองมีค่าเท่ากัน ความชื้นที่อาหารมีอยู่ ขณะนี้เรียกว่า ความชื้นสมดุล สวนอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ สมดุล

2.17.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนความดันไอน้ำในบรรยากาศกับ ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่ อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเดียวกัน อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะ สามารถรับ ความชื้นจากอาหารได้มาก จึงนิยมใช้หลักการนี้ในการอบแห้งอาหาร โดยการอุ่นอากาศใหร ोन หรือติดตั้งระบบดูดความชื้นจากอากาศ ทำให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ ต่ำหรืออากาศแห้ง

2.18 การอบแห้ง (Drying)

การอบแห้งและเครื่องอบแห้งมีความสำคัญในการลดความชื้นของวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นใน อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่มชนิดผง ยา อุตสาหกรรมสีย้อม อุตสาหกรรมไม้ เป็นต้น การรู้จักชนิด ของเครื่องอบแห้ง และการเลือกใช้ชนิดของเครื่องอบแห้งให้ตรงกับคุณสมบัติจำเพาะของวัตถุดิบ และ ผลผลิตสุดท้ายเป็นเรื่องจำเป็น ขนาดของเครื่องอบและเวลาที่ใช้ในการอบ จะส่งผลต่อ ปริมาณไฟฟ้า หรือปริมาณไอน้ำที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการ เมื่อโรงงานนำมาตรการอนุรักษ์ พลังงานมาใช้ ผู้ปฏิบัติงานจึงจำเป็นต้องรู้พื้นฐานของการอบแห้งและตู้อบแห้งเสียก่อน จึงจะ สามารถ นำมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด

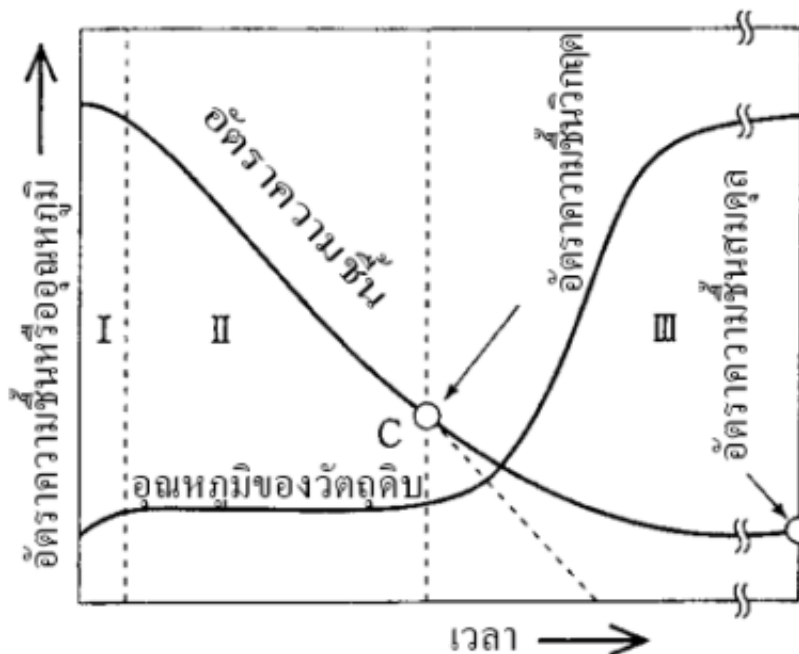
ความหมายของการอบแห้ง การอบแห้ง (Drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มาก-น้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบ เมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้ว ยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น (slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย เครื่องอบโดยมากมักจะเป็นส่วนสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแล้วจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จทันที ดังนั้น การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป และรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เช่น วัตถุดิบเป็นก้อน รวมทั้งปริมาณผลได้ (yield) จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ

อัตราความชื้น ในการแสดงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัตถุดิบ จะสามารถแสดงได้ด้วยปริมาณน้ำต่อปริมาณมวลรวมเปียก (ค่า wet base) หรือปริมาณน้ำต่อปริมาณวัตถุดิบแห้ง (ค่า dry base) ในขณะที่อบมวลรวมจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อคำนวณความชื้นแบบ wet basis จะทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการคำนวณทางอุตสาหกรรม จะใช้ค่าความชื้น ที่คำนวณแบบ dry basis ซึ่งมวลแห้งเป็นฐานในการคำนวณ เนื่องจากมวลแห้งนี้มีค่าคงที่ตลอดการอบ จึงมีความสะดวกมากกว่า ถ้าให้ความชื้นที่ wet basis เท่ากับ ω_w และให้ความชื้นที่ dry basis เท่ากับ ω_d แล้ว ค่าทั้งสองจะมีความสัมพันธ์กันดังต่อไปนี้ (<https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>)

$$\omega_w = [\text{kg-น้ำ/kg-วัตถุดิบเปียก}]$$

$$\omega_d = [\text{kg-น้ำ/kg-วัตถุดิบแห้ง}]$$

อัตราเร็วในการอบกับเส้นกราฟแสดงสมบัติการอบ เมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสมร้อน แล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น โดยทั่วไปจะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 2.14 ซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ (I) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ (II) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (III) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง



ภาพที่ 2.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัสดุคืบ

ที่มา : <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>

2.18.1 ช่วงอุ่นวัสดุคืบ(I)

ช่วง I เป็นช่วงที่อุณหภูมิของวัสดุคืบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้น (อุณหภูมิห้อง) จนถึงอุณหภูมิสมดุลที่ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการอบ เรียกว่า ช่วงอุ่นวัสดุคืบ ในกรณีนี้ที่วัสดุคืบได้รับความร้อนด้วยการพาความร้อนโดยลมร้อน อุณหภูมิสมดุลนี้จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมร้อนนั้น

2.18.2 ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ (II)

ในช่วง II วัสดุคืบจะมีอุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ได้รับจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นเท่านั้น ชั้นของการระเหยจะเกิดที่ผิวหน้าของวัสดุคืบโดยอัตราเร็วในการอบจะมีค่าคงที่ ช่วงนี้เรียกว่า ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งจะดำเนินไปตราบเท่าที่มีความชื้นอิสระให้ระเหยอยู่ที่ผิวหน้าของวัสดุคืบ โดยอัตราความชื้นของวัสดุคืบจะลดลงด้วยอัตราเร็วคงที่

2.18.3 ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง (III)

เมื่ออบไปเรื่อยๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัสดุคืบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัสดุคืบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัสดุคืบจะเข้มข้นมาทดแทน ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ III ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ชั้นของการระเหยจะค่อยๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัสดุคืบ อุณหภูมิของวัสดุคืบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณ

พื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัสดุเปียก นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัสดุเปียกอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป ความสามารถในการดูดซับความชื้นของวัสดุขึ้น กับกลไกการเคลื่อนที่ สภาพของความชื้นที่มีอยู่ภายในวัสดุเปียกขึ้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น ในวัสดุเปียก นอกจากจะมีความชื้นในรูปน้ำอิสระแล้ว ยังมีน้ำ adsorption water ที่เกาะติดกับพื้นผิวของแข็ง ความชื้น bonding water และไอน้ำในช่องว่างอีกด้วย ตารางที่ 2.4 จะแบ่งความชื้นในวัสดุเปียกออกตามสภาพของความชื้น โดยอธิบายความสามารถในการอุ้มน้ำภายในวัสดุเปียก กลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น และความดันไอของน้ำของวัสดุเปียกต่างๆ ต่อไปนี้โดยละเอียด

ตารางที่ 2.4 สภาพการอุ้มน้ำความชื้นภายในวัสดุเปียก

		ประเภทของน้ำที่มีอยู่	การอุ้มน้ำ	กลไกการเคลื่อนที่ของความชื้น	ความดันไอ p	ตัวอย่างวัสดุเปียก	
วัสดุเปียก	เนื้อผสม	non-hydrophilic capillary water	น้ำเกาะติดผิวหน้า	แรงดึงผิว	การแพร่ของไอน้ำ	$p = p_w^{*1}$	พื้นผิวอนุภาคหยาบ
			funicular water	capillary suction force	การเคลื่อนที่ในสถานะของเหลว	$p = p_w^{*2}$	ชั้นอนุภาคอิฐของแข็งมีรูพรุน
			suspended water	แรงดึงผิว	การแพร่ของไอน้ำ	$p = p_w^{*2}$	
		osmotic water (ในสภาพแขวนลอย)	osmotic suction force	การเคลื่อนที่ในสถานะของเหลว	$p = p_w$	ชั้นอนุภาคละเอียด slag ดินเหนียวที่ชื้นมากๆ	
		hydrophilic ³	adsorption water	adsorption power	การแพร่ของไอน้ำ	$p < p_w$	activated alumina
	bonding water		affinity ระหว่างพื้นผิวของอนุภาคกับน้ำ	การเคลื่อนที่ในสถานะของเหลว การแพร่ของไอน้ำ	$p < p_w$	ดินเหนียว (ใกล้จะแห้ง)	
	เนื้อเดี่ยว	bonding water (ที่ผ่านสภาพเป็นเจลแล้ว)	affinity ระหว่างโมเลกุลกับน้ำ	การแพร่ของความชื้น	$p < p_w$	สารละลายไฮโพลีเมอร์	
		การละลาย		การแพร่ของความชื้น	$p < p_w$	สารละลายในน้ำของสารอินทรีย์ สารละลายในน้ำของเกลือต่างๆ	
	วัสดุเปียกแห้งแข็ง	น้ำแข็ง		การแพร่ของไอน้ำ (การไหลของไอน้ำ)	$p = p_{ice}^{*4}$		

*1 p_w : ความดันไออิ่มตัวของน้ำอิสระ
 *2 ในหลอด capillary ที่มีขนาดเล็กมากๆ (รัศมี $r < 10^{-6} \text{ m} = 100 \text{ \AA}$) แล้ว $p < p_w$
 *3 ในช่วงที่มีความชื้นสูงโดยมากจะแสดงพฤติกรรมเหมือนกับความชื้น (น้ำอิสระ) ในวัสดุ non-hydrophilic
 *4 p_{ice} : ความดันไออิ่มตัวของน้ำแข็ง

ที่มา : <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>

2.18.4 อัตราเร็วในการอบ (drying rate)

2.18.4.1 อัตราเร็วในการอบคงที่ ในช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ ปริมาณความร้อนที่ได้รับทั้งหมดจะถูกใช้ไปในการระเหยความชื้น เกิดเป็นสภาพสมดุลจลน์ขึ้น โดยวัตถุดิบจะมีอุณหภูมิคงที่ที่ T_m และอัตราเร็วในการอบจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายนอกเป็นส่วนใหญ่ คืออุณหภูมิ T และความชื้น H ของลมร้อน อัตราเร็วในการอบคงที่ R_A จะสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$R_A = -\frac{W}{A} \frac{d\omega}{d\theta} = k_H (H_m - H) \cong \frac{\alpha}{\lambda} (T - T_m)$$

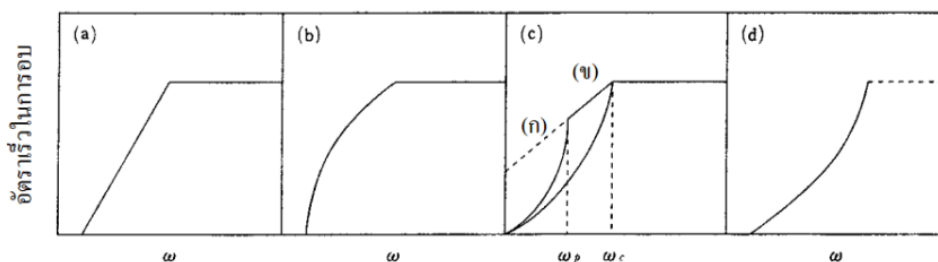
ในที่นี้สัญลักษณ์ θ แทนเวลา [s] สัญลักษณ์ α แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน [$W/(m^2 \cdot K)$] สัญลักษณ์ k_H แทน mass transfer coefficient [$kg/(s \cdot m^2 \cdot (kg\text{-น้ำ}/kg\text{-อากาศแห้ง}))$] สัญลักษณ์ λ แทนความร้อนแฝงของการระเหย [$J/kg\text{-น้ำ}$] กรณีที่ได้รับความร้อนจากลมร้อนเท่านั้น T_m จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียก T_w ของลมร้อน

$$R_A = \frac{\alpha (T - T_w)}{\lambda}$$

อัตราเร็วในการอบจะคำนวณได้จากสูตรข้างต้น ในที่นี้ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ λ [$J/kg\text{-น้ำ}$] จะใช้ค่าที่อุณหภูมิกะเปาะเปียก T_w (อุณหภูมิกะเปาะเปียก)

(2) อัตราเร็วในการอบด้วยอัตราเร็วลดลง

2.18.4.2 อัตราเร็วในการอบวัตถุดิบของแข็ง จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ แต่รูปร่างของเส้นกราฟคุณลักษณะการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายใน ได้แก่ ลักษณะของวัตถุดิบ สมบัติของความชื้นภายในวัตถุที่มีอยู่ ฯลฯ มากกว่าเงื่อนไขการอบภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลมร้อน ฯลฯ เมื่อทำการวัดเส้นกราฟอัตราเร็วในช่วงอัตราเร็วลดลงของวัสดุต่างๆ จะแบ่งได้เป็น 4 ประเภทดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 เส้นกราฟอัตราเร็วในการอบในช่วงอัตราเร็วลดลง

ที่มา : <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>

ในจำนวนประเภทต่างๆ ข้างต้น รูป (a) จะพบได้ในกรณีที่มีอนุภาคของวัตถุดิบ มีน้ำอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นอิสระ กล่าวคือ การอบหดยของเหลว เยื่อบาง อนุภาคขนาดเล็กที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5 mm เป็นต้น รูป (b) พบได้ในอนุภาคขนาดจืดที่มีสมบัติ non-hydrophilic หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้นๆ เป็นต้น ทั้งรูป (a) และ (b) เป็นวัสดุที่น้ำจะเคลื่อนที่สู่ผิวหน้าด้วยแรง capillary ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 รูป (d) โดยมากจะพบในการอบสารเนื้อเดียว เช่น สบู่ กาว เจลาติน ฯลฯ ซึ่งไม่มีช่วงอบด้วยอัตราคงที่ โดยอัตราความชื้นที่ผิวจะลดลงอย่างรวดเร็วจนเท่ากับอัตราความชื้นสมดุลกับลมร้อน หลังจากนั้น การแพร่ของน้ำภายในวัตถุดิบจะมีอิทธิพลเด่นชัดที่สุด การอบรูป (c) วัตถุดิบมีสมบัติระหว่าง (a), (b) กับ (d) โดยช่วงอัตราการอบแห้งลดลง จะมี 2 ช่วง คือหลังจากเกิดช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 1 แล้วจะเข้าสู่ช่วงอัตราเร็วลดลงขั้นที่ 2 โดยกรณี (ก) จะพบในวัสดุที่มี osmotic water เช่น ดินเหนียว และกรณี (ข) เป็นรูปที่ทั่วไปที่สุด พบได้ในวัสดุหล่อ ชั้นตะกอน เป็นต้น ระยะเวลาที่ต้องใช้ในการอบโดยคร่าวๆ สำหรับรูป (a), (b) จะแปรผันตามความหนาของวัสดุ ขณะที่รูป (d) จะแปรผันตามความหนาของวัตถุดิบกำลังสอง ส่วนรูป (c) จะอยู่ระหว่างทั้งสองแบบข้างต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 3.1.1. ออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 3.2.2. สร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
- 3.3.3. ใช้ชุดเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายไฟฟ้าให้ระบบ

3.2 วิธีการวิจัย

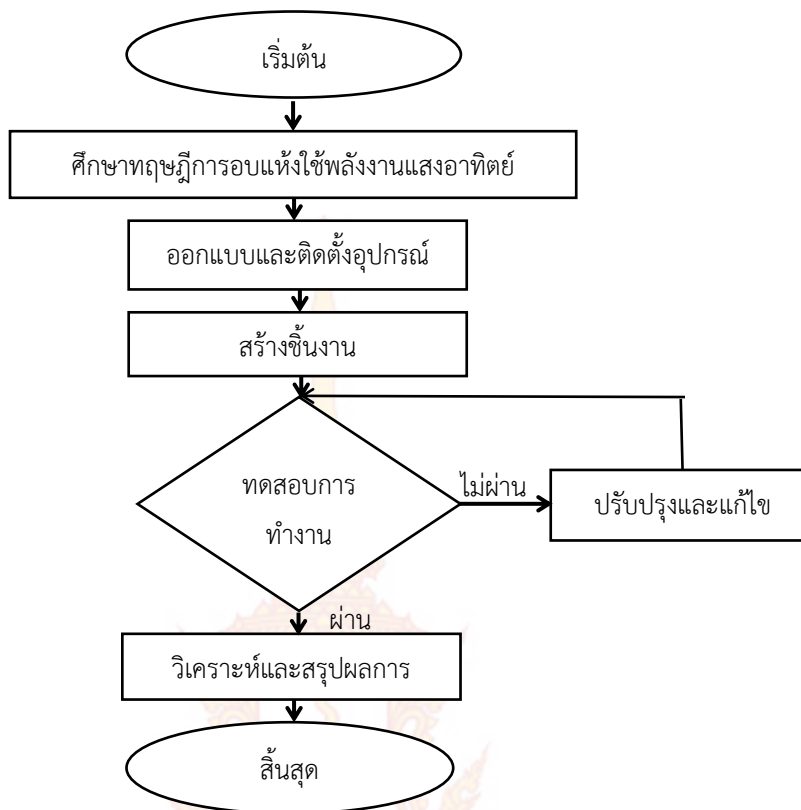
- 3.2.1 ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยอื่นๆ ที่มีการทำไปแล้วในปัจจุบัน
- 3.2.2 ออกแบบและเลือกวัสดุที่มีคุณภาพ ราคาถูก เพื่อนำมาสร้างตู้อบแห้ง
- 3.2.3 ประกอบโครงสร้างเครื่องติดตั้งส่วนประกอบ ต่อวงจรควบคุมการทำงาน
- 3.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพพร้อมทั้งแก้ไขจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นกับตู้อบแห้ง
- 3.2.5 นำเครื่องไปใช้งานในพื้นที่เปรียบเทียบกับการตากกลางแจ้ง
- 3.2.6 นำเสนอผลงานต่อแหล่งเงินทุนวิจัยตามระยะเวลาที่กำหนด

3.3 สถานที่ทำการทดลองและ/หรือเก็บข้อมูล

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขต
ตรัง 179 ม.3 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ข้อมูลในการออกแบบ และศึกษาหลักการทำงานของระบบ รวมถึงการออกแบบการศึกษา และดำเนินการจัดซื้อวัสดุ/อุปกรณ์ ประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค และแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้มีความสมบูรณ์ สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อนำไปสู่การพัฒนาระบบตู้อบแห้ง โดยสรุปการทำงานดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินงาน

จากภาพที่ 3.1 แสดงแผนผังการทำงานขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการซึ่งประกอบด้วย 1.ศึกษาและหาข้อมูล 2.จัดหาอุปกรณ์ 3.ประกอบชุดทำความร้อนน้ำเย็น 4.ทดสอบประสิทธิภาพ 5.สรุปผลและวิเคราะห์ข้อมูล 6.เก็บข้อมูล 7.สิ้นสุด

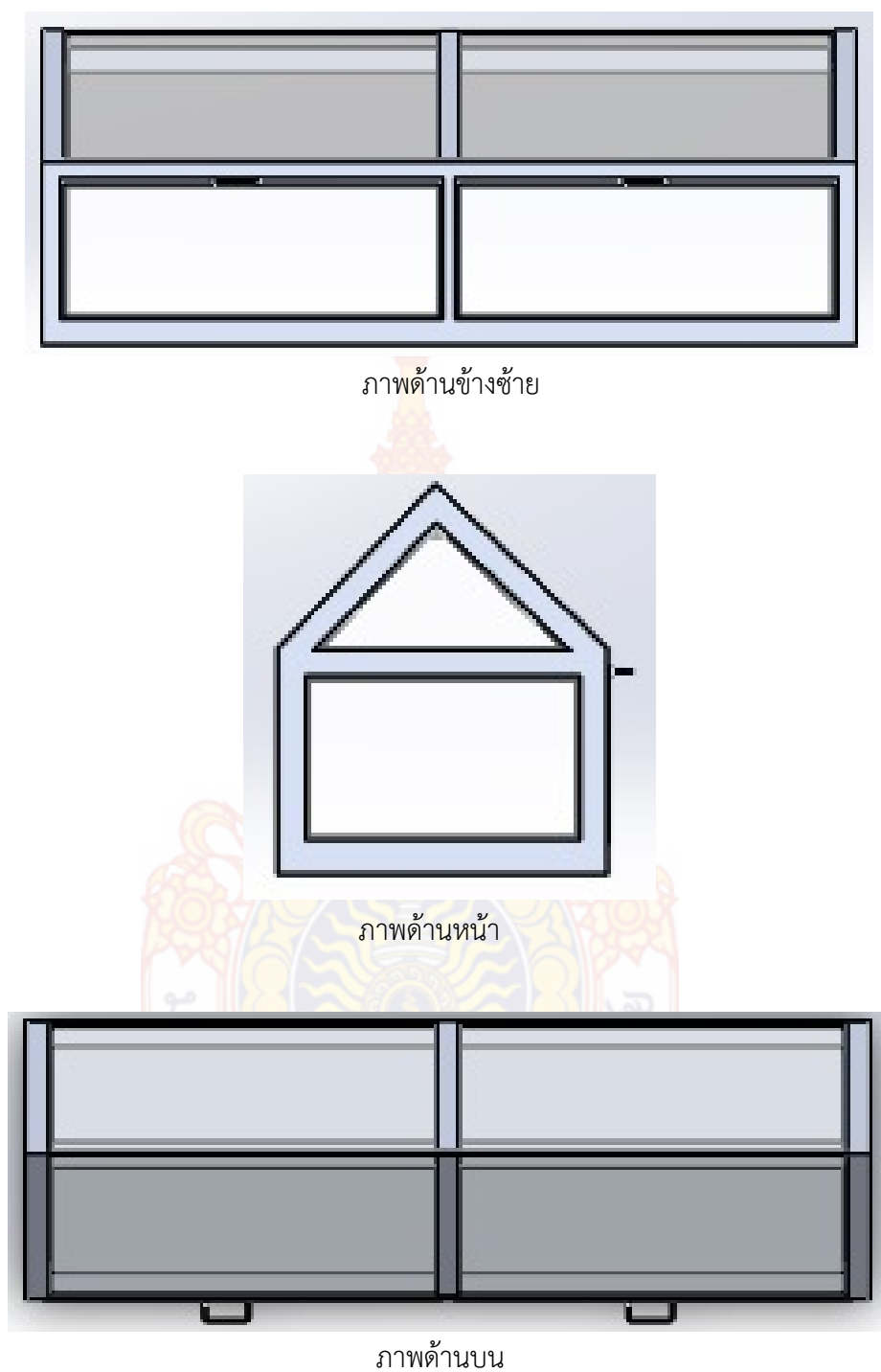
3.5 รูปแบบวิธีการดำเนินการวิจัย

ออกแบบโครงสร้างและออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็นสองชุดการทดลอง แต่ละชุดจะออกแบบระบบให้ความร้อนที่แตกต่างกันรูปทรงของตู้เป็นรูปแบบเดียวกัน

3.5.1 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc)

ประกอบด้วย พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากชุดให้ความร้อนเพิ่มเติม

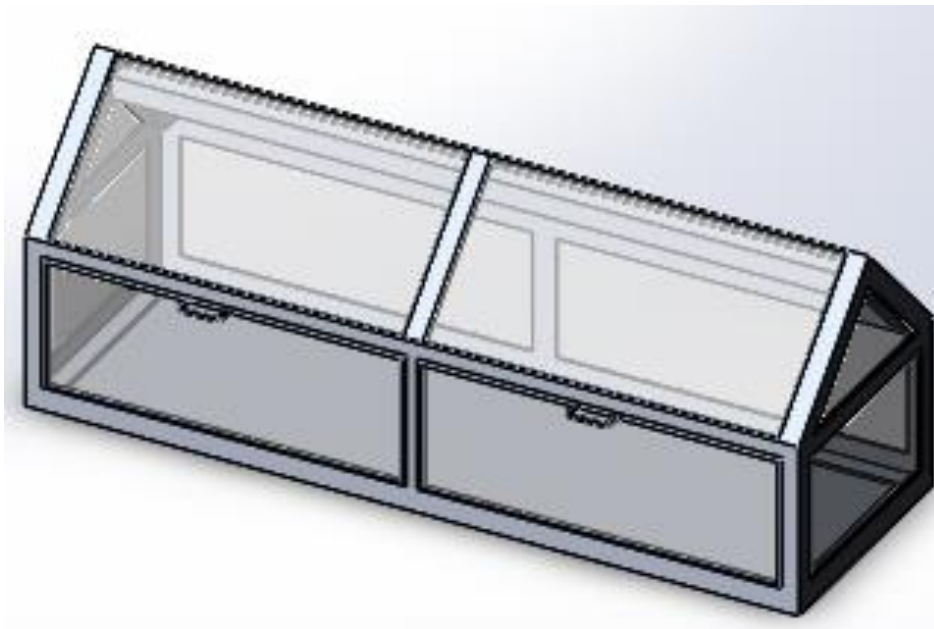
3.5.1.1 รูปแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ภาพด้านหน้า ภาพด้านบน และภาพด้านข้าง



ภาพที่ 3.2 แสดงภาพฉายการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc)

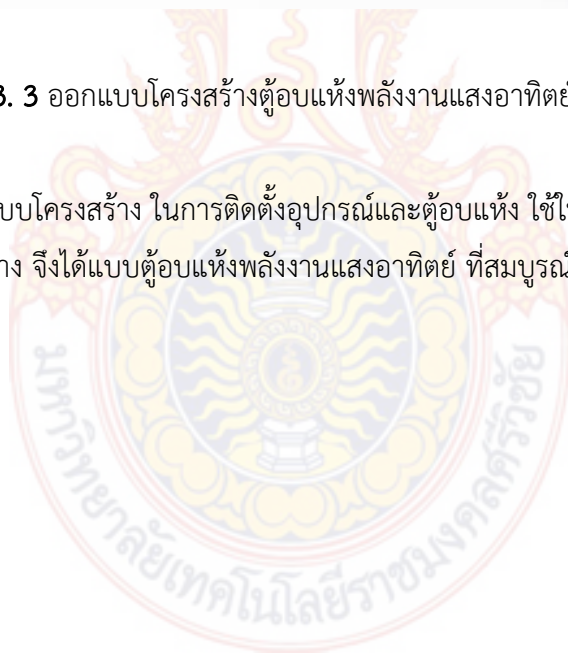
จากภาพที่ 3.2 แสดงการฉายภาพการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc)

3.5.1.2 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc) ภาพรวม

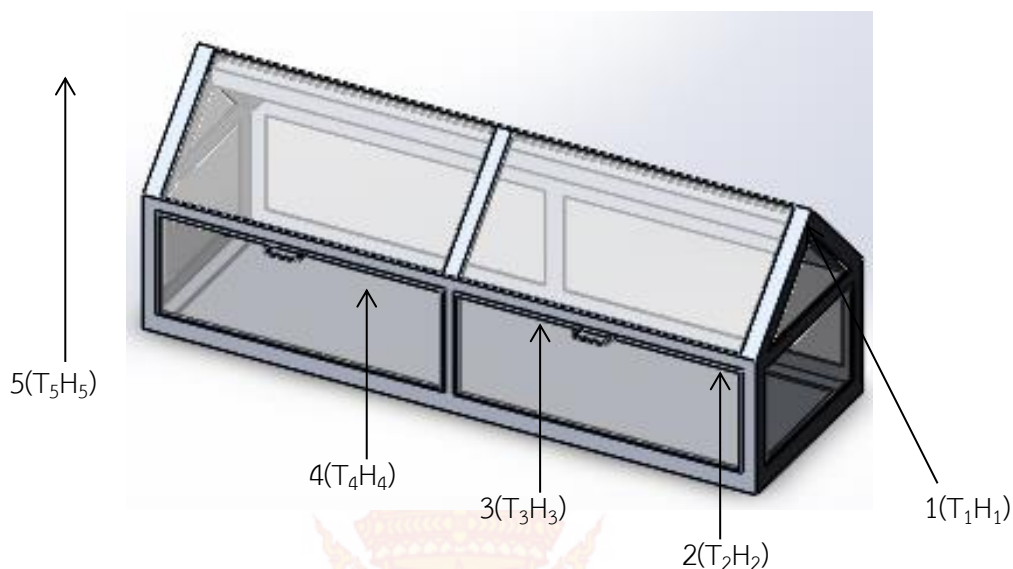


ภาพที่ 3. 3 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vdc) ภาพรวม

ในการออกแบบโครงสร้าง ในการติดตั้งอุปกรณ์และตู้อบแห้ง ใช้ในการทำงานเพื่อสะดวกในการรับแสงทั้งสองข้าง จึงได้แบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สมบูรณ์



3.5.1.3 ออกแบบและกำหนดตำแหน่งการวัดและการเก็บข้อมูลทั้งอุณหภูมิและความชื้น



ภาพที่ 3.4 ตำแหน่งการเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
 หมายเหตุ ค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ตำแหน่งที่ 1 2 3 และ 4 ค่าอุณหภูมิและความชื้นภายนอกตู้ตำแหน่งที่ 5

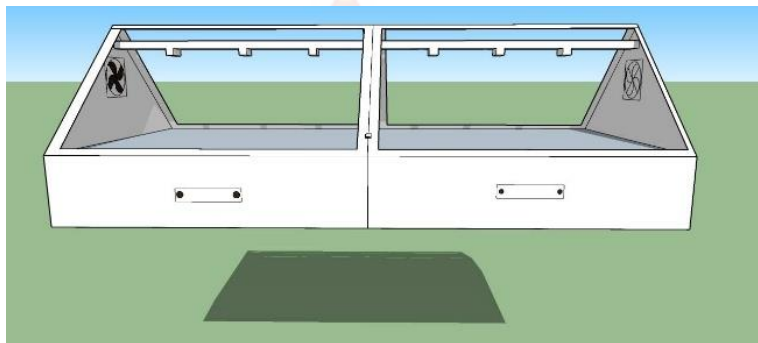
จากภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิ (temperature , T) และความชื้น (humidity , H) ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ หมายเลข 1 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 1 (T_1) และความชื้นตำแหน่ง 1 (H_1) หมายเลข 2 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 2 (T_2) และความชื้นตำแหน่ง 2 (H_2) หมายเลข 3 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 3 (T_3) และความชื้นตำแหน่ง 3 (H_3) หมายเลข 4 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 4 (T_4) และความชื้นตำแหน่ง 4 (H_4) ภายนอกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ หมายเลข 5 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 5 (T_5) และความชื้นตำแหน่ง 5 (H_5)

2.5.1.4 เก็บค่าอุณหภูมิและความชื้น ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และภายนอกตู้อบแห้ง

3.5.2 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)

ประกอบด้วย พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากชุดให้ความร้อนเพิ่มเติม

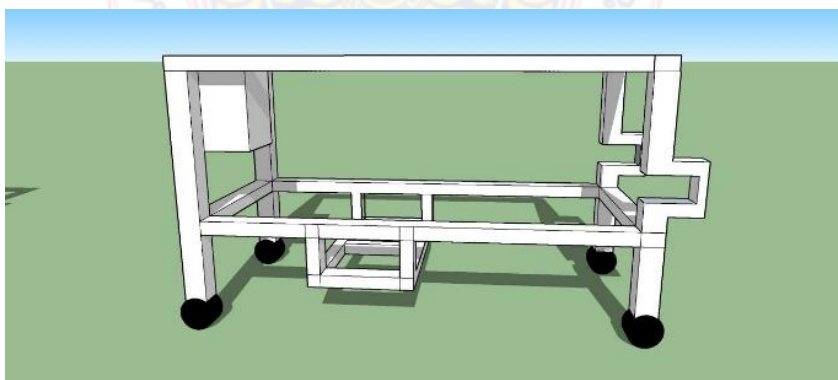
3.5.2.1 รูปแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3.5 แสดงภาพการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)

เนื่องด้วยความจำกัดของพื้นที่ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) จึงทำให้การออกแบบเพื่อติดตั้งหลอดไส้ จะต้องมีการแบ่งพื้นที่ในตู้อบแห้ง เพื่อให้หลอดไส้กระจายความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้ ได้มีการติดตั้งหลอดไส้ ดังภาพที่ 3.5

3.5.2.2 ออกแบบโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)

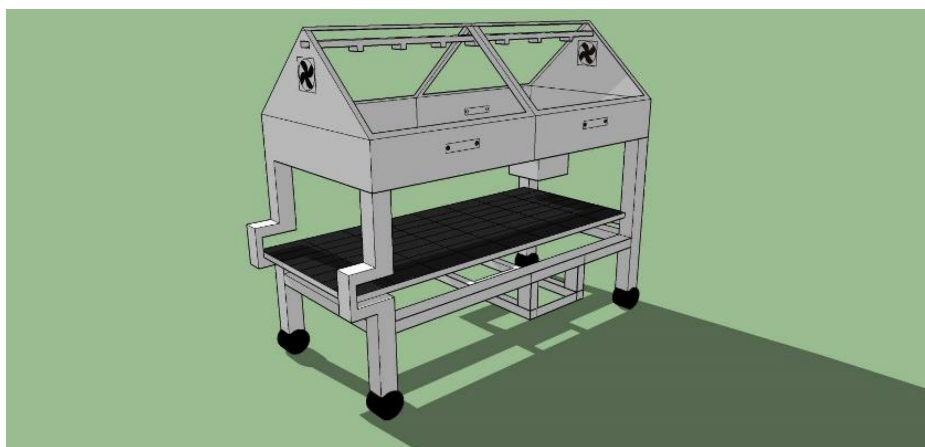


ภาพที่ 3.6 ออกแบบโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)

ในการออกแบบโครงสร้าง ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ และตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) อุปกรณ์ต่าง ๆ นี้ ใช้ในการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ด้วยแผงโซล

ล่าเซลล์ ออกแบบให้แผงโซลล่าเซลล์อยู่ด้านล่างของตู้ตากทำเป็นลิ้นชักเพื่อสะดวกในการรับแสง สามารถดึงออกมารับแสงได้ทั้งสองข้าง

3.5.2.3 ออกแบบโครงสร้างโดยรวมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)



ภาพที่ 3.7 รวมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)

จากการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) และออกแบบโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) พอนำภาพทั้งสองมาวางด้วยกันให้เป็นชิ้นงานเดียวกัน จึงได้แบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) ที่สมบูรณ์

3.5.2.4 วิธีการเก็บข้อมูล

ศึกษาค่าความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) แบบไม่มีวัตถุติด โดยไม่มีโหลด (No Load) เก็บค่าพลังงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) แบบมีวัตถุติด (No Load) ศึกษาค่าความร้อนของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) แบบมีวัตถุติด (Load) 4 เก็บค่าพลังงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac) แบบมีวัตถุติด (Load)

3.6 เครื่องมือวัด



ภาพที่ 3.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น

จากภาพที่ 3.8 เป็นการกำหนดชุดเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น

เครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 3.9 เครื่องมือวัดค่าพลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 3.9 เป็นการกำหนดชุดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 3.10 ชุดวัดอุณหภูมิ

จากภาพที่ 3.10 เป็นการกำหนดชุดวัดอุณหภูมิ

3.7 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง



ภาพที่ 3.11 ชุดปากกาจับชิ้นงาน



ภาพที่ 3.12 ชุดเลื่อยไฟฟ้า



ภาพที่ 3.13 ชุดหินเจียไฟฟ้า



ภาพที่ 3.14 ชุดสว่านไฟฟ้า



ภาพที่ 3.15 ชุดไฟเบอร์ตัดชิ้นงาน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการออกแบบโครงสร้างและออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็นสองชุดการทดลอง แต่ละชุดจะออกแบบระบบให้ความร้อนที่แตกต่างกันรูปทรงของตู้เป็นรูปแบบเดียวกันผลการดำเนินงานพบว่า

4.1 ผลออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเก็บข้อมูล (Vdc)

จากการศึกษาและออกแบบของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลักในการออกแบบใช้ไฟฟ้า dc ที่ได้จากโซลาร์เซลล์และระบบไฟฟ้า 220 Vac จากระบบการไฟฟ้าโดยการออกแบบชุดนี้จะหาโหลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนไฟฟ้า Vdc ซึ่งแตกต่างจากระบบที่ออกแบบมา ในช่วงที่อุณหภูมิไม่ถึงตามที่ต้องการชุดควบคุมอุณหภูมิก็เริ่มทำงานโหลดไฟติด พออุณหภูมิถึงตามกำหนดระบบควบคุมอุณหภูมิความร้อนก็จะตัดการทำงาน

4.1.1 ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.1.1.1 ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc



ภาพที่ 4.1 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc

จากภาพที่ 4.1 แสดงตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc โดยใช้หลอดไฟ dc 12 Vdc

4.1.1.2 ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc (ทดสอบตู้)

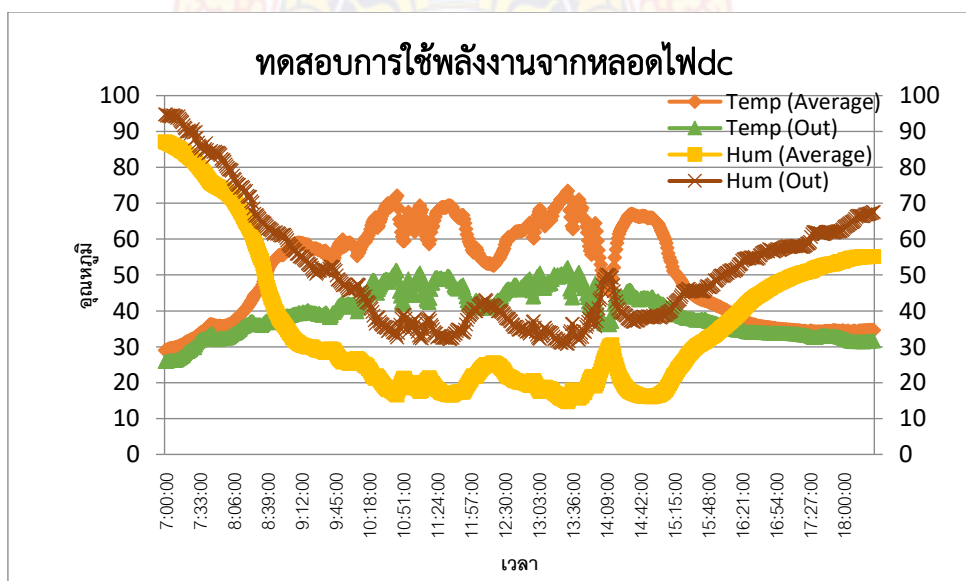


ภาพที่ 4.2 แสดงตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc (ทดสอบตู้)

จากภาพที่ 4.2 แสดงการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc โดยใช้หลอดไฟ dc 12 Vdc

4.1.2 ผลจากการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

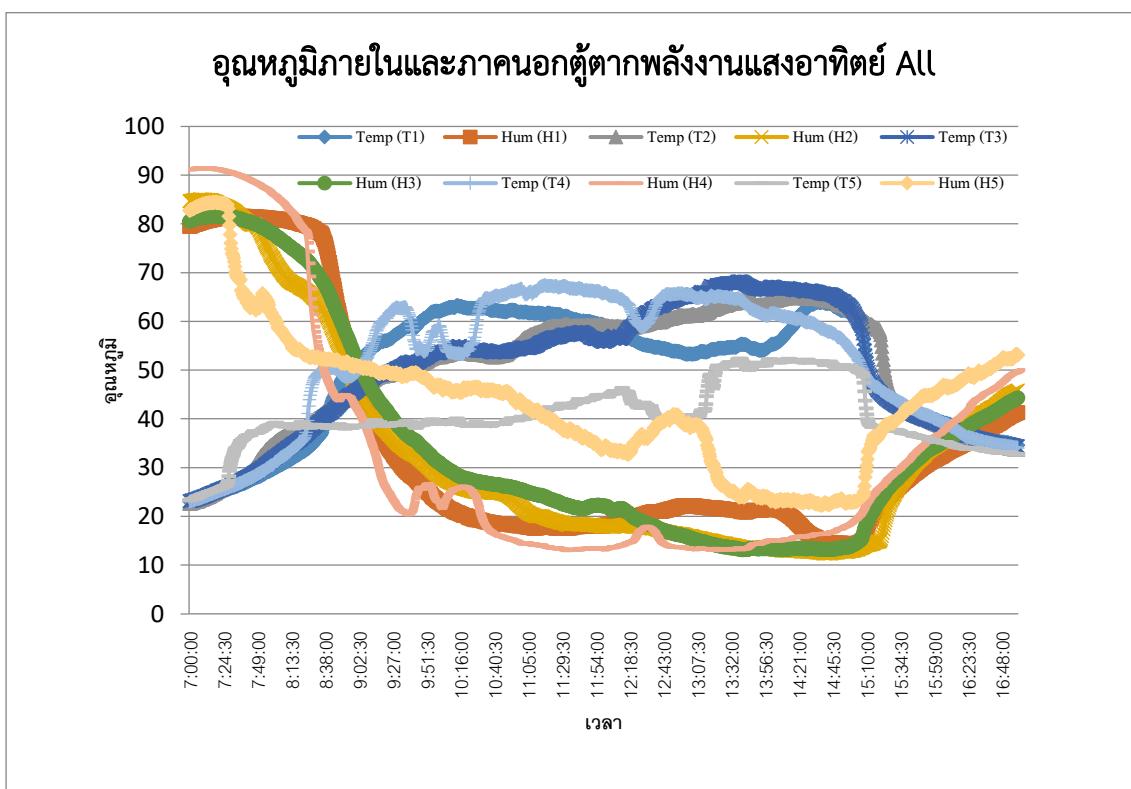
4.1.2.1 ผลจากการทดสอบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ชนิดหลอดไฟฟ้า Vdc



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 -18.00 น.

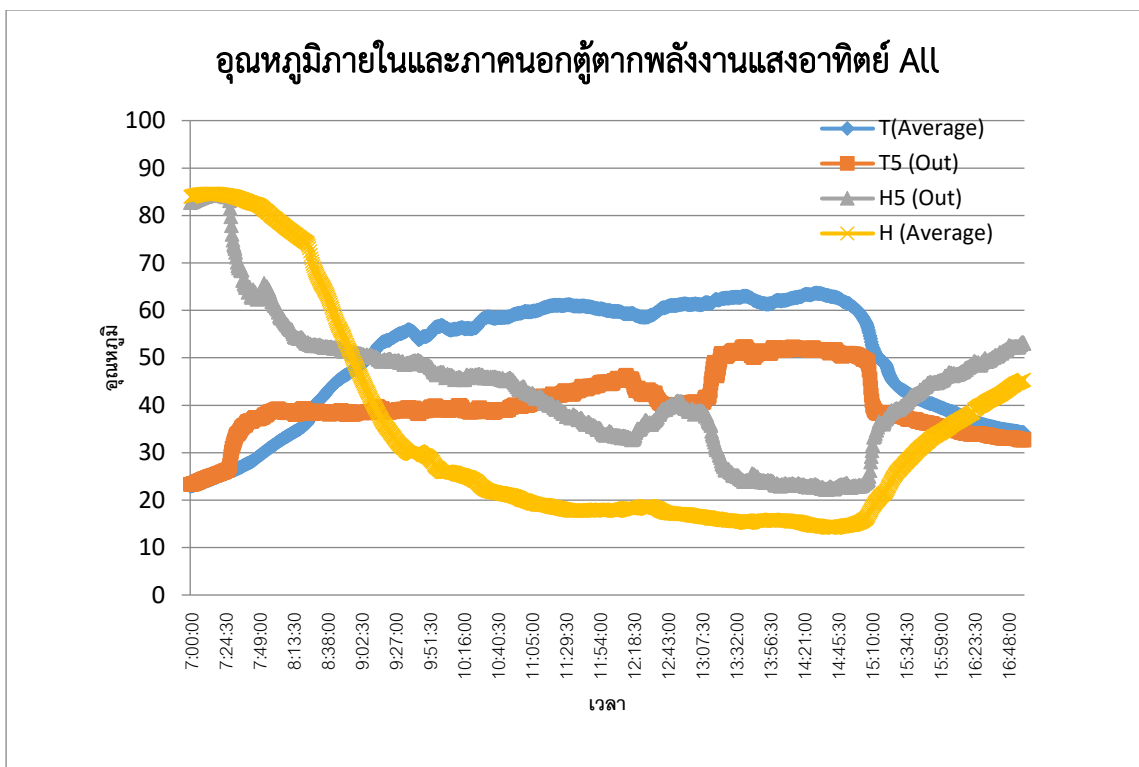
จากภาพที่ 4.3 เป็นการทดลองหาค่าอุณหภูมิ และความชื้น ทั้งภายในและภายนอกตู้ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึง ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00น.

4.1.2.2 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –17.00 น.

จากภาพที่ 4.4 เป็นการทดลองหาค่าอุณหภูมิ และความชื้น ทั้งภายในและภายนอกตู้ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึง ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00น. แสดงตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิ (temperature , T) และความชื้น (humidity , H) ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ หมายเลข 1 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 1 (T₁) และความชื้นตำแหน่ง 1 (H₁) หมายเลข 2 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 2 (T₂) และความชื้นตำแหน่ง 2 (H₂) หมายเลข 3 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 3 (T₃) และความชื้นตำแหน่ง 3 (H₃) หมายเลข 4 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 4 (T₄) และความชื้นตำแหน่ง 4 (H₄) ภายนอกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ หมายเลข 5 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง 5 (T₅) และความชื้นตำแหน่ง 5 (H₅)



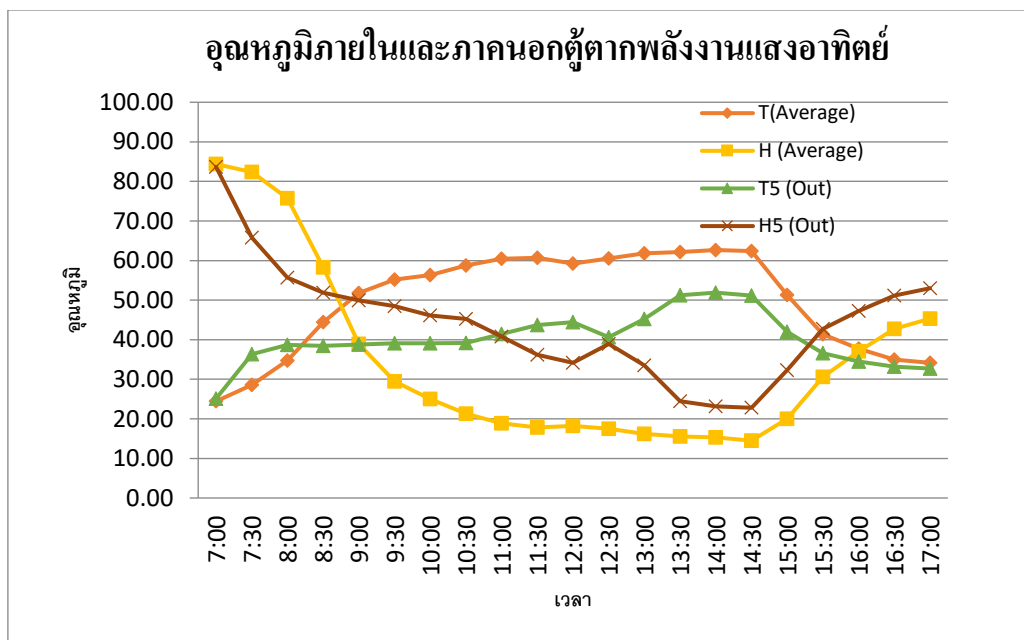
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –17.00 น.

จากภาพที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยภายในตู้ เป็นการทดลองหาค่าอุณหภูมิและความชื้น ทั้งภายในและภายนอกตู้ ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึง ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00น. แสดงตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิ (temperature , T) และความชื้น (humidity , H) ภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง T(Average) และความชื้นตำแหน่ง H(Average) ภายนอกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์คือ หมายเลข 5 วัดค่าอุณหภูมิตำแหน่ง T₅(Out) และความชื้นตำแหน่ง H₅(Out)

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นเป็นข้อมูลทุก 1 นาที เมื่อดำเนินการใหม่สรุปทุก 30 นาที ดังในตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00 น.

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00 น.

เวลา	อุณหภูมิภายใน	ความชื้นภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายนอก
7:00	24.43	84.37	25.11	83.68
7:30	28.54	82.34	36.33	65.75
8:00	34.73	75.74	38.68	55.68
8:30	44.45	58.23	38.43	51.89
9:00	51.78	38.96	38.78	49.94
9:30	55.23	29.44	39.10	48.47
10:00	56.35	25.05	39.11	46.11
10:30	58.72	21.30	39.20	45.24
11:00	60.45	18.91	41.41	40.82
11:30	60.70	17.86	43.67	36.21
12:00	59.27	18.19	44.45	34.15
12:30	60.54	17.52	40.63	38.93
13:00	61.84	16.19	45.23	33.49
13:30	62.18	15.55	51.23	24.44
14:00	62.66	15.34	51.90	23.17
14:30	62.36	14.49	51.16	22.80
15:00	51.33	20.02	42.00	32.30
15:30	41.40	30.64	36.61	42.75
16:00	37.73	37.07	34.51	47.26
16:30	34.99	42.74	33.22	51.18
17:00	34.15	45.35	32.70	53.00



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลา 07.00 –17.00 น. ทุก30นาที

จากภาพที่4.6 แสดงอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยภายในตู้ และภายนอกตู้ ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 07.00-17.00น. ทุก30นาที

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 10 เป็นการสรุปผลทดลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิทั้งภายในตู้ และภายนอกตู้ รวมถึงความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00 –17.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในตู้เฉลี่ยอยู่ที่ 49.71องศาเซลเซียส และความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 34.54เปอร์เซ็นต์ส่วนอุณหภูมิภายในภายนอกอยู่ที่40.16องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 44.16 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการดำเนินงานวิจัยของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ได้มีความสามารถในการตากแห้งมากกว่า การตากแห้งโดยทั่วไปที่พึ่งพาแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว เพราะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการตากได้ และผลผลิตในการตากระหว่างตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการตากแห้งโดยทั่วไปอย่างมีนัยยะสำคัญ จากการสรุปผลการทดลอง พบว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีระบบเพิ่มความร้อนด้วยหลอดไฟฟ้า Vdc จ่ายพลังงานเข้าระบบ โดยมีตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ และผลการเก็บอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในตู้สูงสุดอยู่ที่62.66 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส

4.2 ผลออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และเก็บข้อมูล (Vac)

จากการศึกษาค้นคว้าหลักการการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบควบคุมทั้งหมดมาจากโซล่าเซลล์เข้าแบตเตอรี่ โดยใช้อินเวอร์เตอร์แปลงแรงดันให้เป็น 220 Vac เพื่อนำไปจ่ายให้กับชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ จากนั้นก็เริ่มทำงานและชาร์จไฟเข้าระบบไปพร้อมกัน ในช่วงที่อุณหภูมิไม่ถึงตามที่ต้องการชุดควบคุมอุณหภูมิความร้อนก็เริ่มทำงานหลอดไฟติดพออุณหภูมิถึงตามกำหนดระบบควบคุมอุณหภูมิความร้อนก็จะตัดการทำงาน

4.2.1 ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.2.1.1 ผลจากการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.7 โครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Vac)

4.2.1.2 ผลจากการโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 4.8 โครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.2.1.3 ผลจากการออกแบบโครงสร้างโดยรวม



ภาพที่ 4.9 โครงสร้างรวมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

4.2.2 ผลจากการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

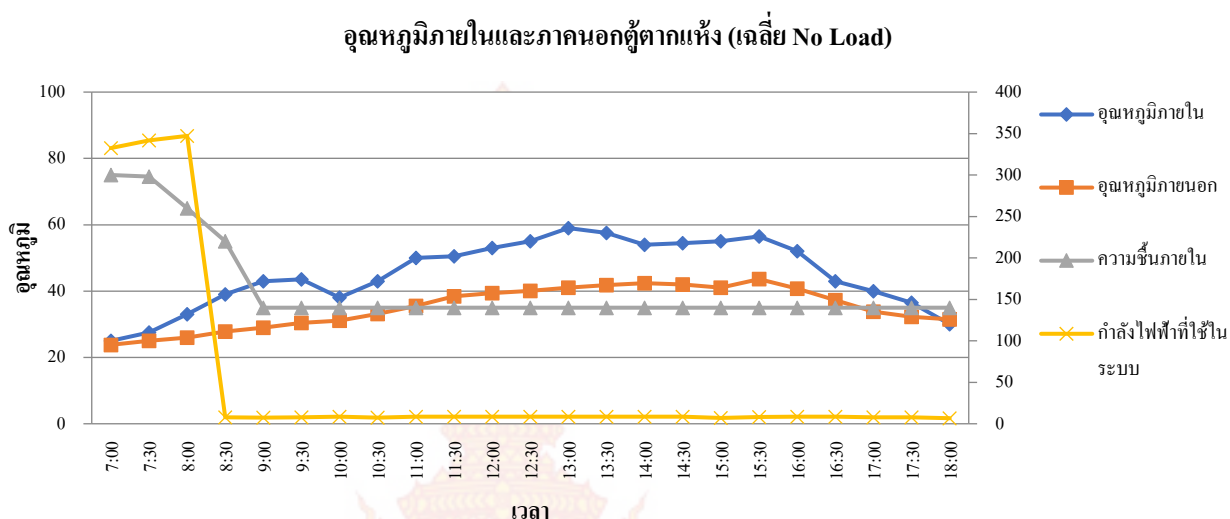
เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ ความชื้น และการใช้พลังงาน ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00น. เป็นค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ชำรงต้นโดยการออกแบบเป็นชุดการทดลอง 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน

4.2.2.1 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (ไม่มีวัดอุณหภูมิติบ)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (ไม่มีวัดจุดดับ)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.0	23.8	75.0	332.6
7:30	27.5	25.0	74.5	341.8
8:00	33.0	26.0	65.0	347.2
8:30	39.0	27.8	55.0	7.8
9:00	43.0	29.0	35.0	7.3
9:30	43.5	30.4	35.0	7.9
10:00	38.0	31.1	35.0	8.6
10:30	43.0	33.1	35.0	7.4
11:00	50.0	35.5	35.0	8.6
11:30	50.5	38.4	35.0	8.6
12:00	53.0	39.4	35.0	8.6
12:30	55.0	40.1	35.0	8.6
13:00	59.0	41.0	35.0	8.6
13:30	57.5	41.8	35.0	8.6
14:00	54.0	42.4	35.0	8.5
14:30	54.5	42.0	35.0	8.6
15:00	55.0	41.0	35.0	7.1
15:30	56.5	43.6	35.0	8.2
16:00	52.0	40.7	35.0	8.6
16:30	43.0	37.3	35.0	8.6
17:00	40.0	33.8	35.0	7.8
17:30	36.5	32.3	35.0	7.9
18:00	30.0	31.5	35.0	6.7

4.2.2.2 กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (ไม่มีวัตถุติด)



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (ไม่มีวัตถุติด)

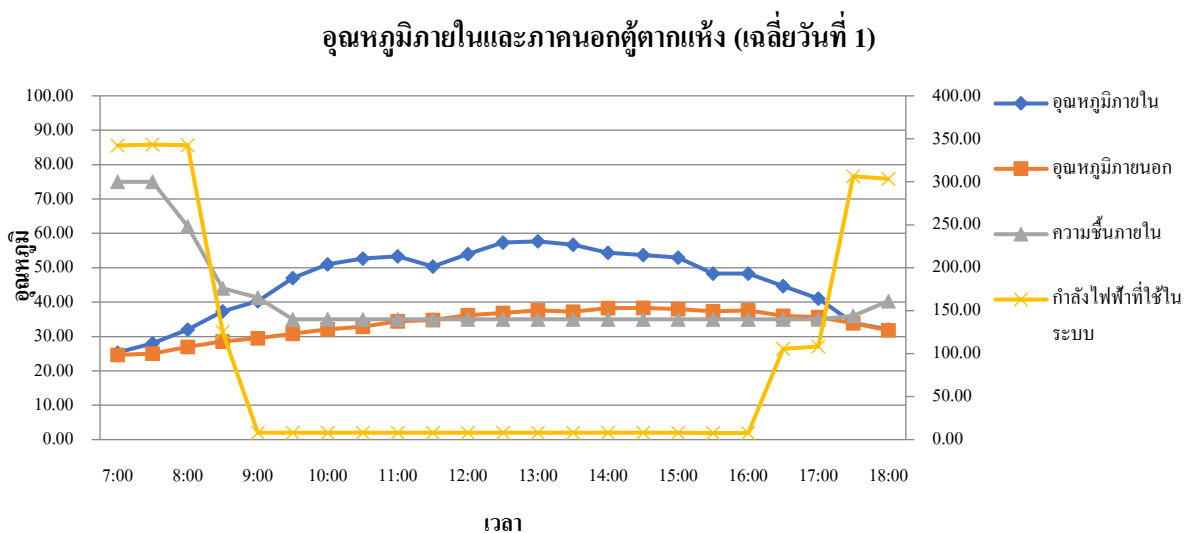
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 ภาพที่ 4.10 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ตากแห้งและความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 59 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 41 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.3 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 1)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 1)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.33	24.63	75.00	342.14
7:30	28.00	25.03	75.00	343.30
8:00	32.00	26.93	62.00	342.52
8:30	37.33	28.60	44.00	125.57
9:00	40.33	29.53	41.33	8.23
9:30	47.00	30.80	35.00	8.19
10:00	51.00	32.07	35.00	8.03
10:30	52.67	32.87	35.00	7.99
11:00	53.33	34.43	35.00	8.06
11:30	50.33	34.77	35.00	8.01
12:00	54.00	36.20	35.00	7.97
12:30	57.33	36.83	35.00	7.97
13:00	57.67	37.60	35.00	7.97
13:30	56.67	37.23	35.00	7.94
14:00	54.33	38.23	35.00	8.22
14:30	53.67	38.33	35.00	8.17
15:00	53.00	37.93	35.00	8.18
15:30	48.33	37.30	35.00	7.66
16:00	48.33	37.57	35.00	7.86
16:30	44.67	36.00	35.00	105.52
17:00	41.00	35.67	35.00	108.44
17:30	34.00	33.83	36.00	306.54
18:00	32.00	31.83	40.33	303.45

4.2.2.4 กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 1)



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 1)

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 ภาพที่ 4.11 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 57.67 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 37.60 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

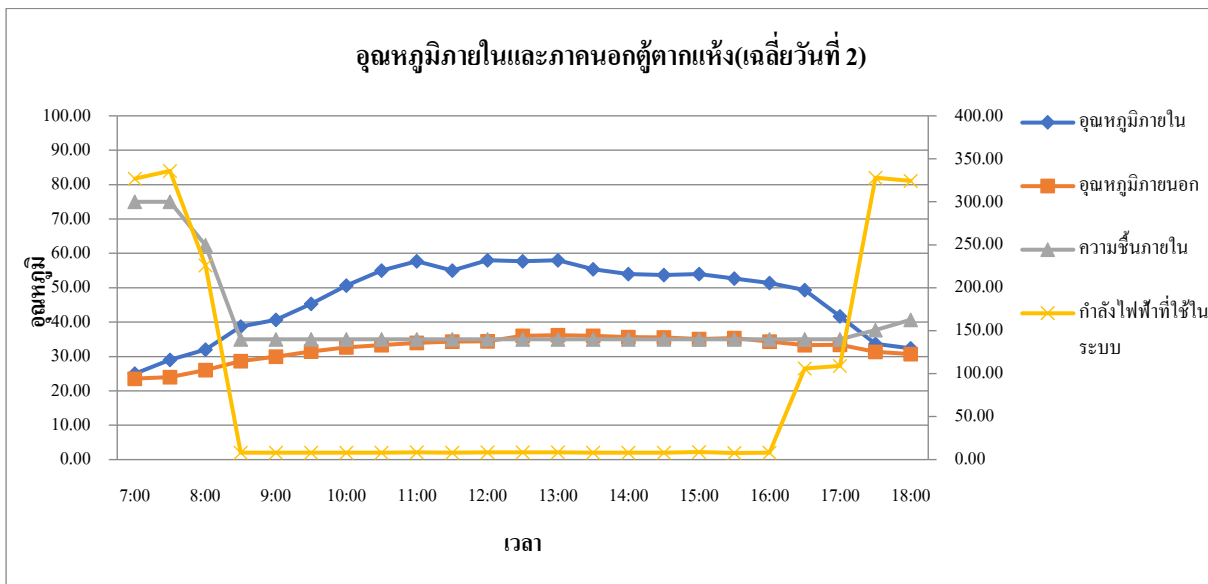
4.2.2.5 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 2)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า

ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 2)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.00	23.57	75.00	326.99
7:30	29.00	24.00	75.00	335.97
8:00	32.00	26.00	62.33	226.02
8:30	38.67	28.67	35.00	8.03
9:00	40.67	30.00	35.00	7.98
9:30	45.33	31.43	35.00	7.96
10:00	50.67	32.70	35.00	8.05
10:30	55.00	33.30	35.00	8.06
11:00	57.67	33.93	35.00	8.35
11:30	55.00	34.33	35.00	8.24
12:00	58.00	34.40	35.00	8.37
12:30	57.67	36.00	35.00	8.34
13:00	58.00	36.20	35.00	8.39
13:30	55.33	35.97	35.00	8.25
14:00	54.00	35.67	35.00	8.07
14:30	53.67	35.53	35.00	8.10
15:00	54.00	35.07	35.00	8.66
15:30	52.67	35.33	35.00	7.66
16:00	51.33	34.33	35.00	8.13
16:30	49.33	33.33	35.00	105.89
17:00	41.67	33.40	35.00	108.87
17:30	33.67	31.37	37.67	328.10
18:00	32.33	30.67	40.67	324.25

4.2.2.6 กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 2)



ภาพที่ 4.12กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 2)

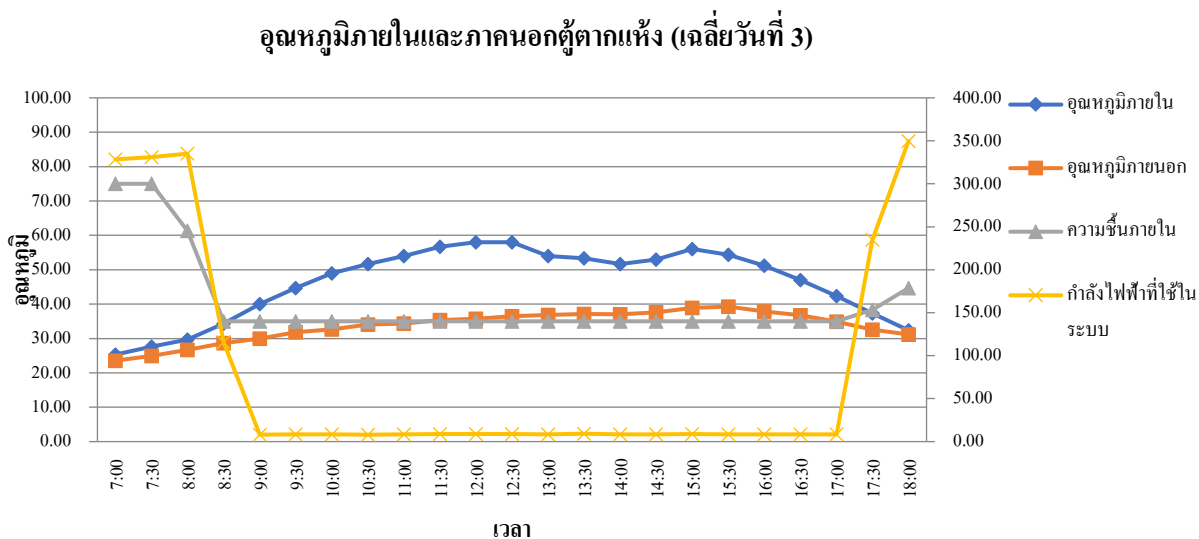
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 ภาพที่ 12 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 58 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 36.2 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

4.2.2.7 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 3)

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 3)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.33	23.57	75.00	328.37
7:30	27.67	24.97	75.00	330.90
8:00	29.67	26.67	61.33	335.21
8:30	34.33	28.67	35.00	115.59
9:00	40.00	30.00	35.00	8.16
9:30	44.67	31.83	35.00	8.33
10:00	49.00	32.67	35.00	8.44
10:30	51.67	34.07	35.00	8.07
11:00	54.00	34.30	35.00	8.56
11:30	56.67	35.33	35.00	8.64
12:00	58.00	35.70	35.00	8.66
12:30	58.00	36.50	35.00	8.72
13:00	54.00	36.83	35.00	8.46
13:30	53.33	37.17	35.00	9.03
14:00	51.67	37.07	35.00	8.34
14:30	53.00	37.60	35.00	8.37
15:00	56.00	38.93	35.00	8.65
15:30	54.33	39.27	35.00	8.49
16:00	51.17	37.85	35.00	8.40
16:30	47.00	36.77	35.00	8.53
17:00	42.33	34.87	35.00	8.48
17:30	37.33	32.53	38.33	234.77
18:00	32.33	31.13	44.67	349.74

4.2.2.8 กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 3)



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 3)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 ภาพที่ 4.13 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และ ความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 58 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 36.50 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการดำเนินโครงการตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลที่ได้จากการตากแห้งของโครงการดังกล่าวพบว่า การตากแห้งโดยทั่วไปที่พึ่งพาแสงแดดเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการตากได้ และผลผลิตในการตากระหว่างตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการตากแห้งโดยทั่วไปอย่างมีนัยยะสำคัญ ผลการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นชนิดแรงดัน ผ่านตัวแปลงแรงดันให้เป็น 220 Vac เพื่อจ่ายแรงดันไฟให้กับตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติและชุดให้ความร้อน และผลการเก็บอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการทดลองเฉลี่ย 3 ครั้งของ (วันที่ 1) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ อยู่ที่ 45.75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้ อยู่ที่ 33.66 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 91.21 วัตต์ ผลการทดลองเฉลี่ย 3 ครั้งของ (วันที่ 2) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ อยู่ที่ 46.98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้ อยู่ที่ 32.4 องศา

เซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 82.03วัตต์ และผลการทดลองเฉลี่ย3ครั้งของ(วันที่3) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่46.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่32.66 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 79.95วัตต์ จากการทดลองพบว่า ณ ช่วงเวลาเริ่มต้นระหว่างเวลา 07.00-09.00น.และช่วงเวลาเย็นตั้งแต่ 18.00น. ปรากฏว่า ณ ช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิความร้อนต่ำ เนื่องจากไม่มีแสงแดดส่งผลให้ชุดควบคุมอุณหภูมิทำงานอัตโนมัติ และผลจากการทดลองการตากวัตถุดิบชนิดพริกทำการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน ผลปรากฏ ว่าวัตถุดิบทั้งต้นมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หลังจากการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน น้ำหนักที่เหลือของวัตถุดิบประมาณ 235 กรัม คิดเป็น 23.5 เปอร์เซ็นต์



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการดำเนินงานวิจัยของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ได้มีความสามารถในการตากแห้งมากกว่า การตากแห้งโดยทั่วไปที่พึ่งพาแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว เพราะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการตากได้ และผลผลิตในการตากระหว่างตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการตากแห้งโดยทั่วไปอย่างมีนัยยะสำคัญ จากการสรุปผลการทดลองชุดที่ 1(Vdc)พบว่าตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มีระบบเพิ่มความร้อนด้วยหลอดไฟฟ้า Vdc จ่ายพลังงานเข้าระบบ โดยมีตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ และผลการเก็บอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในตู้สูงสุดอยู่ที่ 62.66 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส

และผลการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชุดที่ 2(Vac) พบว่าระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นชนิดแรงดัน ผ่านตัวแปลงแรงดันให้เป็น 220 Vac เพื่อจ่ายแรงดันไฟให้กับตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติและชุดให้ความร้อน และผลการเก็บอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการทดลองเฉลี่ย 3 ครั้งของ (วันที่ 1) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่ 45.75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่ 33.66 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 91.21 วัตต์ ผลการทดลองเฉลี่ย 3 ครั้งของ (วันที่ 2) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่ 46.98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่ 32.4 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 82.03 วัตต์ และผลการทดลองเฉลี่ย 3 ครั้งของ (วันที่ 3) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่ 46.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่ 32.66 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 79.95 วัตต์

อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองพบว่า ทั้งสองรูปแบบมีประสิทธิภาพดีกว่าตากแบบกลางแจ้ง แต่ ณ ช่วงเวลาเริ่มต้นระหว่างเวลา 07.00-09.00น. และช่วงเวลาเย็นตั้งแต่ 18.00น. ปรากฏว่า ณ ช่วงเวลาดังกล่าว มีอุณหภูมิความร้อนต่ำเนื่องจากไม่มีแสงแดดส่งผล อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งสองรูปแบบ มีค่าใกล้เคียงกัน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีระบบของชุดควบคุมอุณหภูมิทำงานอัตโนมัติ และตัวให้ความร้อนที่ดีกว่านี้ และผลจากการทดลองการตากวัตถุดิบ สีของวัตถุดิบมีคุณภาพดีเทียบจากวัตถุดิบตั้งต้น

บรรณานุกรม

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2542. คู่มือแห่งพลังงานแสงอาทิตย์. กองพัฒนาพลังลมและแสงอาทิตย์ ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน อ.บางกรวย จ.นนทบุรี. 3 น.
- จงจิตร หิรัญธาก. 2542. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. คณะพลังงานและวัสดุ สายสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพมหานคร.
- สมชาติ-โสภณ รณฤทธิ์. 2535. การอบแห้งเมล็ดธัญพืช. กรุงเทพมหานคร. คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 123-137
- กิตติวัฒน์ วงศ์พิศาล. 2527. การอบแห้งเนื้อในมะม่วงหิมพานต์เคเครื่องอบแบบถาด. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 275 น.
- ชูชาติ อารีจิตราอนุสรณ์. (ม.ป.ป.) บทที่ 7: คู่มือลมร้อน ตำราเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น <http://home.kku.ac.th/chuare> (เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2562
- บุหลัน พิทักษ์ผล และทัศนีย์ สรสุชาติ, 2538 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2542
- ienergyguru. (ม.ป.ป.). การอบแห้ง. 20 มิถุนายน 2562: <https://ienergyguru.com/2015/09/drying/>
- Manasu. (ม.ป.ป.). อุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน. เข้าถึงได้จาก วิศวกรรมพื้นฐาน สำหรับงานอาชีพอนามัยและความปลอดภัย หน่วยที่ 6 อุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน: <http://www.thaiblogonline.com/manasu.b log?Pos tid= 3516>

ภาคผนวก



ภาพวัตถุดิบก่อนทดสอบเครื่องตุ๋นตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพผนวกที่ 1 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนทดสอบก่อนตาก

ภาพวัตถุดิบหลังสอบเครื่องตุ๋นตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพผนวกที่ 2 ภาพแสดงวัตถุดิบก่อนทดสอบก่อนตากภาพ