

## บทที่ 2

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### อุปกรณ์

1. ดาต้าล็อกเกอร์ (data logger) รุ่น ThermaData<sup>tm</sup> Logger บริษัท Electronic Temperature Instrument ประเทศอังกฤษ สามารถอ่านค่าอุณหภูมิในช่วง  $-40^{\circ}\text{C}$  ถึง  $85^{\circ}\text{C}$  สามารถอ่านอุณหภูมิได้ละเอียด  $0.5^{\circ}\text{C}$  และความถูกต้อง  $1^{\circ}\text{C}$
2. เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง
3. เครื่องวัดความเร็วลม ยี่ห้อ Lutron รุ่น AM – 4201 ประเทศไต้หวัน สามารถอ่านค่าความเร็วลมในช่วง 0.2 – 40 เมตรต่อวินาที
4. เครื่องวัดความเข้มแสง ยี่ห้อ Sampo รุ่น LX 1010B ประเทศจีน
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น PQ 5002 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น AB 204 ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
7. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ MEMMERT ประเทศสหรัฐอเมริกา
8. เครื่อง Hunter Lab
9. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

#### วิธีการทดลอง

##### 1. การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ

1.1 จัดทำเป็นแบบจำลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ

โครงสร้างของแบบจำลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศนั้นเป็นแผ่นพลาสติกใสชนิดแข็ง 6 แผ่นเพื่อประกอบเป็นตัวตู้อบ โดยแผ่นพลาสติกใสที่อยู่ด้านหน้าเว้นส่วนล่างไว้สำหรับเป็นทางเข้าของอากาศ และมีแผ่นพลาสติกที่มีขนาดเล็กกว่าทำเป็นผนังกั้น ติดไว้ภายในกล่องก่อนมาทางด้านหน้า โดยเว้นส่วนบนไว้สำหรับอากาศไหลขึ้นไป ส่วนแผ่นพลาสติกที่อยู่ทางด้านหลังของโครงสร้างเจาะรูเพื่อสอดท่อเป็นช่องทางออกของอากาศ ใช้

ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว สูง 60 เซนติเมตรทำเป็นปล่อง ทำการทดลองโดยแวน data logger ไว้ภายในแบบจำลอง 3 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 17 ตำแหน่งวางตู้ไว้ที่โล่งหันด้านหน้าของแบบจำลองไว้ทางทิศใต้ และวางตู้ไว้สูงจากพื้นประมาณ 50 เซนติเมตร เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ 8:00 น. ถึง 15:00 น. บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที

### 1.2 แบบของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ

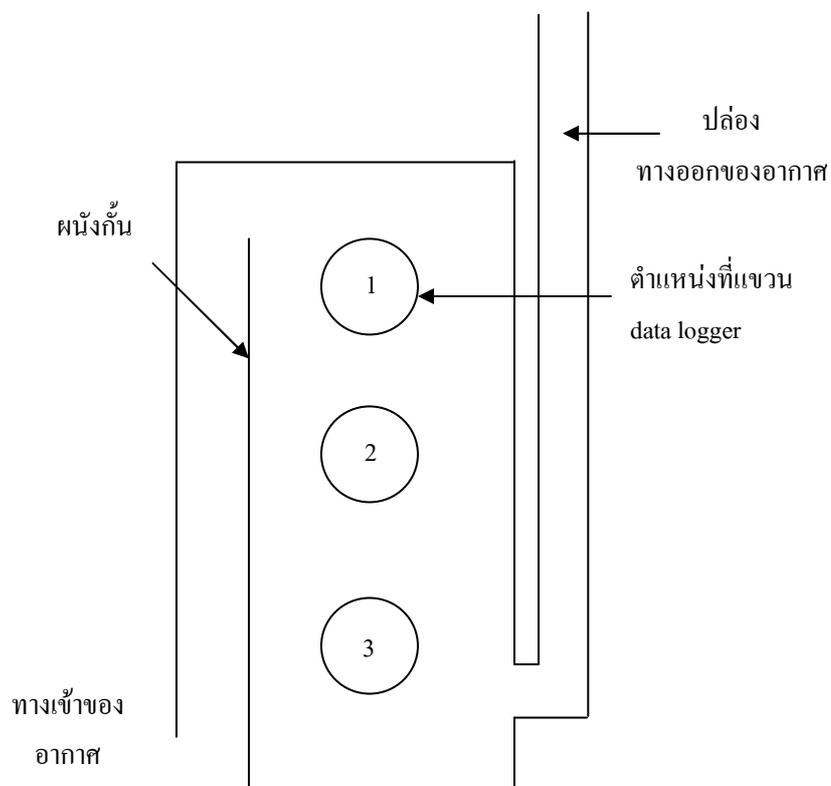
ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งทางคณะอุตสาหกรรมเกษตรได้พัฒนาขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2524 (วันดี แก้วสุวรรณ, 2534) ซึ่งดัดแปลงมาจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียประเทศไทย (สมพงษ์ บุญธรรมจินดา และคณะ, 2522 อ้าง โดย อัญชลี ศิริโชค, 2528) ซึ่งได้ดัดแปลงโดยใช้ในการสร้างวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายและมีในท้องถิ่น ประกอบและติดตั้งได้ง่าย ต่อมาจึงมีการขยายขนาดเพิ่มเป็น 3 เท่าเพื่อใช้ในการตากแห้งปลา (วันดี แก้วสุวรรณ, 2534) และพัฒนามาจนเป็นตู้อบแห้ง 2 in 1 โดยนายพรชัย ศรีไพบุลย์ ภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ส่วนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้ดัดแปลงตู้อบแห้ง 2 in 1 โดยการเพิ่มผนังกันซึ่งอยู่ในส่วนของห้องอบแห้ง ในขณะที่องค์ประกอบหลักโดยทั่วไปของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ยังคงมีอยู่เหมือนเดิม คือ ส่วนของแผงรับรังสี ส่วนของห้องอบแห้ง และปล่อง ดังแสดงในภาพที่ 18

### 1.3 การออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ โดยใช้โปรแกรม AutoCAD

เป็นการร่างภาพตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ โดยใช้โปรแกรม AutoCAD ในอัตราส่วนเท่าของจริง ดังแสดงในภาพที่ 19

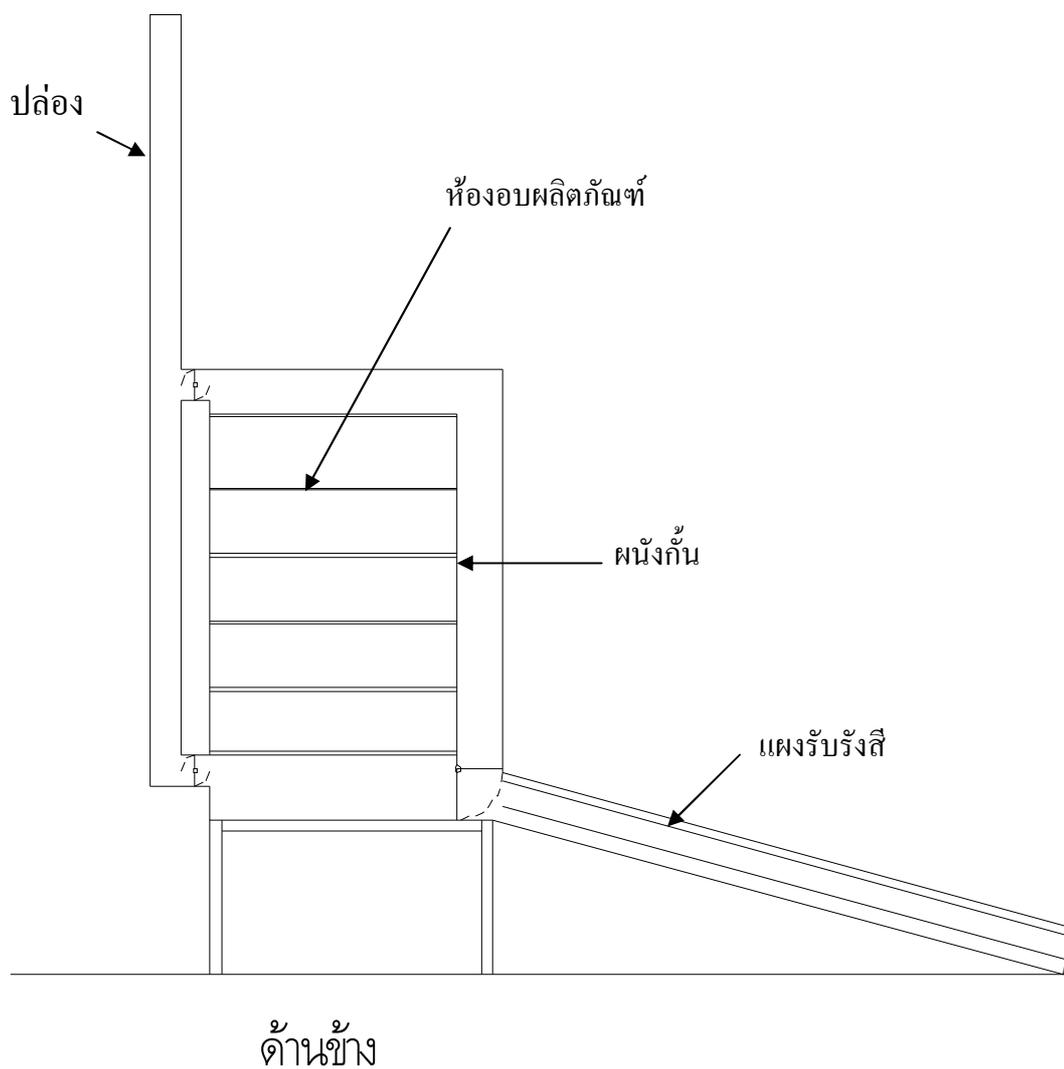
### 1.4 จัดสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นตั้งอยู่บนอาคารเรียนภาควิชาวัสดุภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (Latitude 7°00'15.44"N Longitude 100°30'06.61"E) โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ แผงรับรังสี ห้องอบแห้งและส่วนของปล่อง ซึ่งสามารถปรับตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติให้เป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 20



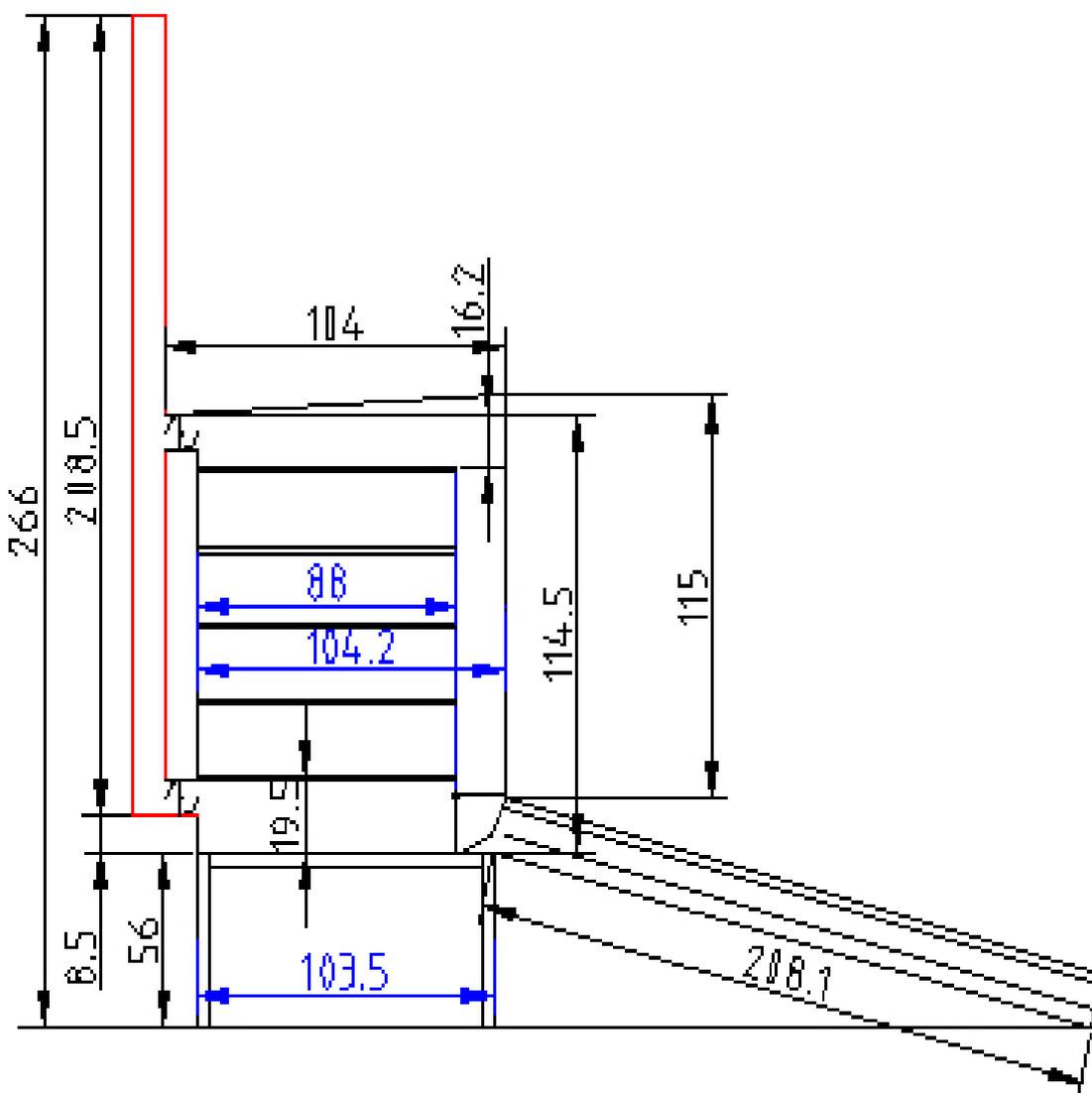
**ภาพที่ 17** แบบจำลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศที่ได้จัดทำขึ้นและไดอะแกรมแสดงตำแหน่ง data logger เพื่อใช้วัดอุณหภูมิภายในแบบจำลอง

Schematic of solar drier model and location of data logger in solar drier model



ภาพที่ 18 ภาพร่างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีผนังกัน

Schematic of solar drier



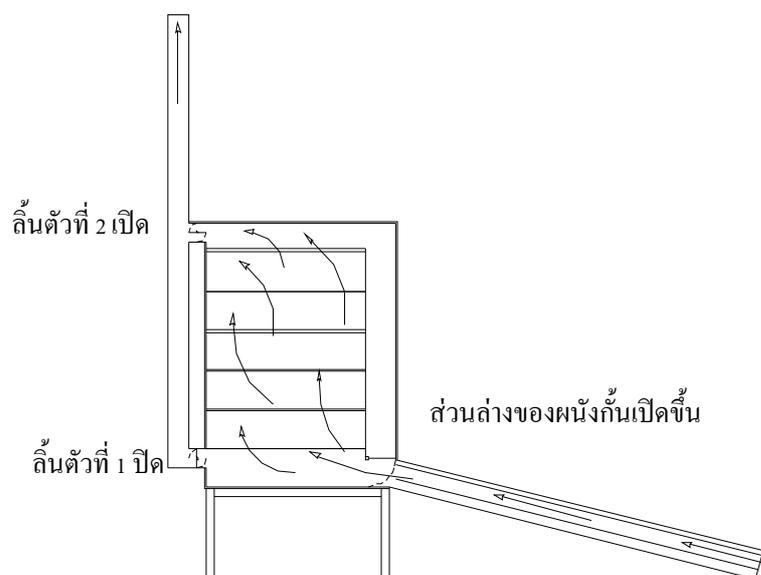
ภาพที่ 19 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศโดยใช้โปรแกรม AutoCAD ในอัตราส่วนเท่าของจริง (หน่วยเป็นเซนติเมตร)  
Schematic of controlled air flow solar drier (Unit: Centimeter)

### องค์ประกอบโดยทั่วไปของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

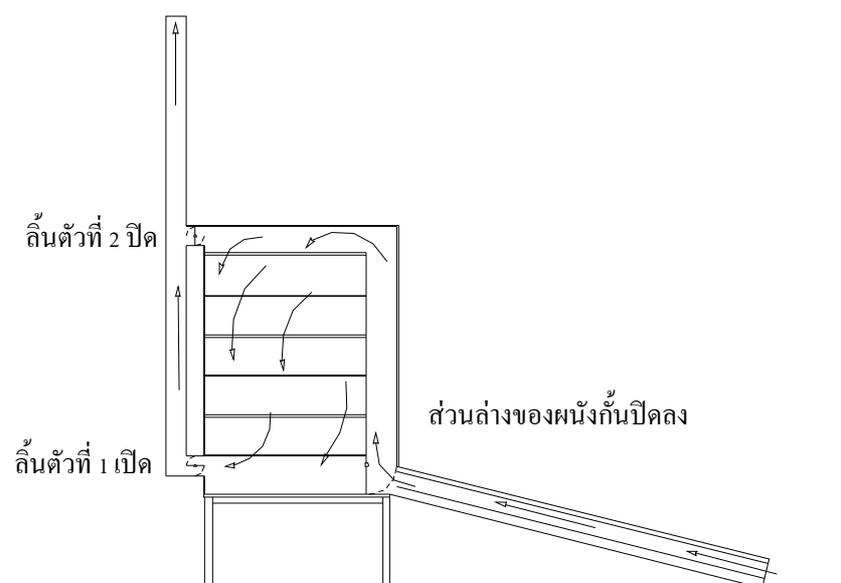
1. แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ มีขนาด  $1.04 \times 2.08 \text{ m}^2$  วางทำมุมเอียง  $14^\circ$  กับแนวระนาบ แผงรับรังสีประกอบด้วย แผ่นสังกะสีลอนลูกฟูก ผนังด้านล่างบุด้วยโฟมหนา 2.5 เซนติเมตร สังกะสีแผ่นเรียบและไม้อัด ระยะห่างระหว่างแผ่นสังกะสีกับโฟมมีค่า 5 เซนติเมตร ทาสีดำด้านเพื่อช่วยในการดูดซับรังสี ด้านบนปิดด้วยแผ่นอะคริลิกใสหนา 2 มิลลิเมตร โดยหันแผงรับรังสีไปทางทิศใต้ (ดังแสดงในภาพที่ 21) ซึ่งจากการทดลองของ Janjai และ Tung (2005) พบว่าแผงรับรังสีที่หันหน้าไปทางทิศใต้ได้รับรังสีแสงอาทิตย์มากกว่าแผงรับรังสีที่หันหน้าไปทางทิศเหนือ นอกจากนี้ยังมีการทดลองของนักวิจัยหลายท่านที่หันหน้าแผงรับรังสีไปทางทิศใต้ เช่น Singh และคณะ (2004)

2. ห้องอบแห้ง ทั้ง 5 ด้านปิดด้วยแผ่นอะคริลิกใสหนา 2 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหน้าและส่วนหลัง แบ่งด้วยแผ่นอะคริลิกใสหนา 2 มิลลิเมตร ที่มีลักษณะเป็นผนังกัน ซึ่งผนังนี้ห่างจากส่วนหน้าสุดของตู้อบเป็นระยะทาง 0.15 เมตร โดยเว้นส่วนบน 0.14 เมตร ส่วนล่างของผนังนี้ซึ่งติดกับแผงรับรังสีสามารถเปิด-ปิดได้ และส่วนหลังเป็นส่วนของห้องอบแห้งมีขนาด  $1.04 \times 0.88 \times 1.20 \text{ m}^3$  ผนังวางตะแกรง 5 ชั้น ชั้นละ 2 ตะแกรง แต่การทดลองใช้เฉพาะ ชั้น 1, 3 และ 5 เพื่อเป็นตัวแทนของปริมาตรทั้งหมดของห้องอบแห้ง ส่วนหลังของตู้อบเจาะเป็นช่องเปิด-ปิดด้วยลิ้นปิด-เปิด 2 อันซึ่งอยู่ด้านบนและด้านล่างของห้องอบแห้ง เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติให้เป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศให้สัมพันธ์กับการปรับเปลี่ยนส่วนล่างของผนังกัน ซึ่งเมื่อเปิดส่วนล่างของผนังกันขึ้น เปิดลิ้นที่อยู่ส่วนบนและปิดลิ้นที่อยู่ด้านล่างของห้องอบแห้ง อากาศไหลขึ้นซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของอากาศร้อน ภายในตู้อบจะกลายเป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ 20a ในทางตรงกันข้ามหากปิดผนังกันลง ปิดลิ้นที่อยู่ด้านบนแล้วเปิดลิ้นที่อยู่ด้านล่างของห้องอบแห้งเพื่อระบายอากาศออกจากตู้อบ ตู้อบจะกลายเป็นตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศดังแสดงในภาพที่ 20b

3. ปล่อง ทำด้วยท่อโลหะทาสีดำด้านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว มีความสูง 2.085 เมตร ซึ่งมีการเจาะปล่องตรงส่วนที่เชื่อมกับลิ้นระบายอากาศที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างซึ่งต่ออยู่กับห้องอบแห้ง ตะแกรงตาข่ายโลหะขนาด 1 นิ้ว



a)



b)

**ภาพที่ 20** ลักษณะการไหลของอากาศภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

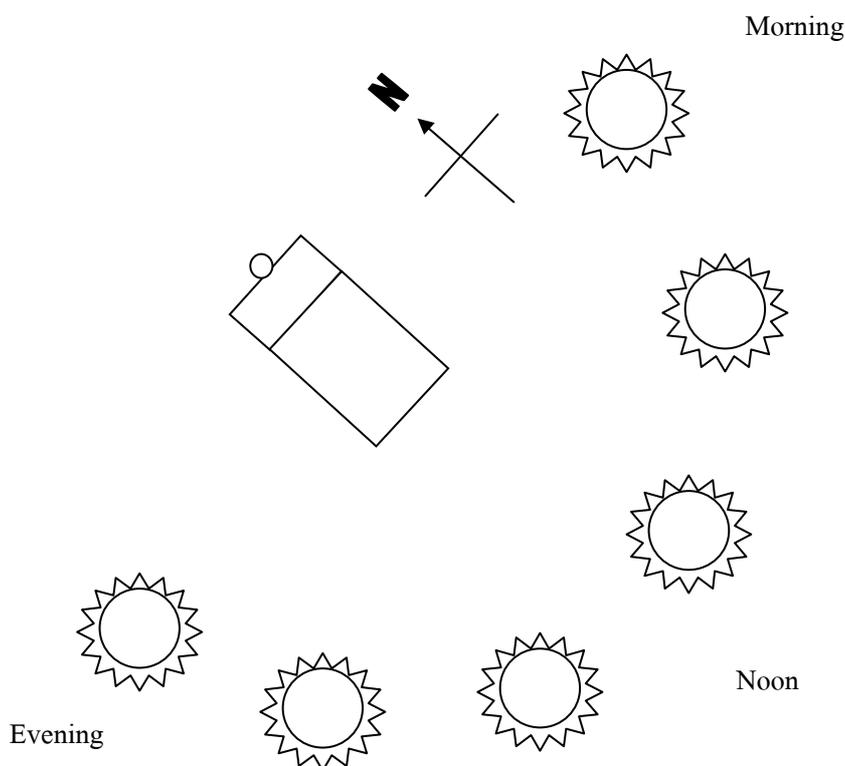
Operation scheme of the air flow inside the solar drier

a) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จากการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ

The natural-convection solar drier

b) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ

The controlled air flow solar drier



ภาพที่ 21 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์บริเวณสถานที่ปฏิบัติงาน

Model of sun movement

## 2. การศึกษาสถานะภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

### 2.1 การศึกษาการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในสถานะตู้เปล่า

ศึกษาการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ยังไม่มีการบรรจุตัวอย่างเพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในชั้นที่ 1 3 และ 5 เพื่อเป็นตัวแทนทั้งตู้อบ โดยในแต่ละชั้นมี 2 ถาด วาง data logger ในตำแหน่งที่แสดงในภาพที่ 20a) และ b) ตามลำดับ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ 9:00 น. ถึง 16:00 น. บันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที

## 2.2 การศึกษาการอบแห้งตัวอย่างอาหารด้วยตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

### 2.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

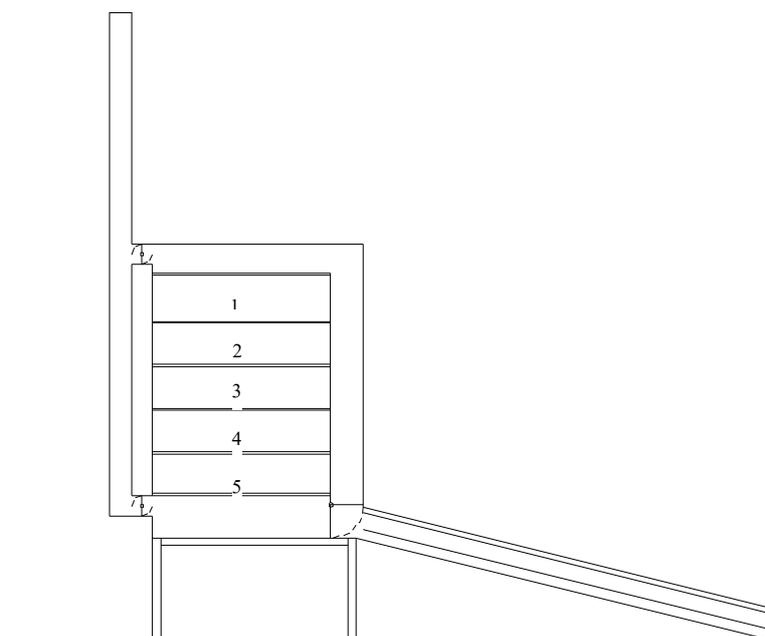
โดยอ่านค่าอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกที่วางอยู่บริเวณทางออกของอากาศทุก ๆ 60 นาที (ตั้งแต่ 9:00 น. ถึง 17:00 น.) แล้วนำค่าที่ได้เทียบกับแผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric chart) จะสามารถทราบค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ โดยเปรียบเทียบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 (ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 (ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ) ภาพที่ 22a) และ b) ตามลำดับ

### 2.2.2. ความเข้มแสง

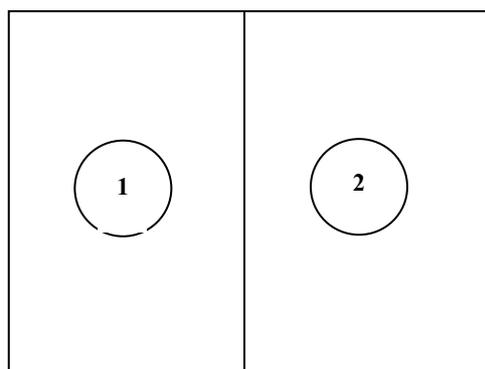
โดยอ่านค่าความเข้มแสงบริเวณแผงรับรังสี ตั้งแต่ 9:00 น. ถึง 17:00 น. ทุก ๆ 60 นาที

### 2.2.3. ความเร็วลม

โดยอ่านค่าความเร็วลม ที่ปากปล่องของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ 9:00 น. ถึง 17:00 น. ทุก ๆ 60 นาทีเปรียบเทียบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 (ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 (ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ)



a)



b)

**ภาพที่ 22** ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในตำแหน่งด้านข้างและตำแหน่งที่วาง data logger

Location data logger in solar drier

a) ตำแหน่งที่วาง data logger บนชั้นที่ 1, 3 และ 5

Location data logger on upper middle and lower tray in solar drier

b) ตำแหน่งที่วาง data logger ในถาด

Location data logger on each tray



ภาพที่ 23 ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Solar drier

#### 2.2.4. การเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างอาหารในระหว่างการอบแห้ง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นของตัวอย่างอาหารในระหว่างการอบแห้งโดยตัวอย่างอาหารที่ใช้ศึกษา คือ พริกแดง (*Capsicum frutescens* L.) เพื่อศึกษาความชื้นที่สูญเสียไปของพริก (weight loss) โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นและขณะอบแห้งทุก ๆ 30 นาทีจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ตั้งแต่ 9:00 น. ถึง 17:00 น.) แล้วคำนวณอัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ของเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการอบแห้งและสิ้นสุดการอบแห้งแล้วแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของผลิตภัณฑ์กับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งโดยเปรียบเทียบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 1 (ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ) ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ 2 (ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยการควบคุมการไหลของอากาศ) ภาพที่ 20a) และ b) ตามลำดับ ในแต่ละชั้นใช้พริกแดงสด 4 กิโลกรัมต่อชั้น นั่นคือทั้งตู้ใช้พริก 12 กิโลกรัมแล้วปริมาณความชื้นของพริกเริ่มต้นและเมื่อสิ้นสุดกระบวนการอบแห้ง (A.O.A.C., 2000)

#### 2.2.5. ค่าสีด้วยระบบ CIE Lab โดยใช้เครื่องวัดค่าสี ดังแสดงในภาคผนวก ข2

### 3. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)