

บทที่ 3

วิธีดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ผู้ดำเนินโครงการจะดำเนินการออกแบบ สร้าง และทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านบนซึ่งสามารถอบผลิตผลได้ครั้งละมากกว่า 100 กิโลกรัมขึ้นไป โดยมีขั้นตอนการดำเนินโครงการวิจัยดังนี้

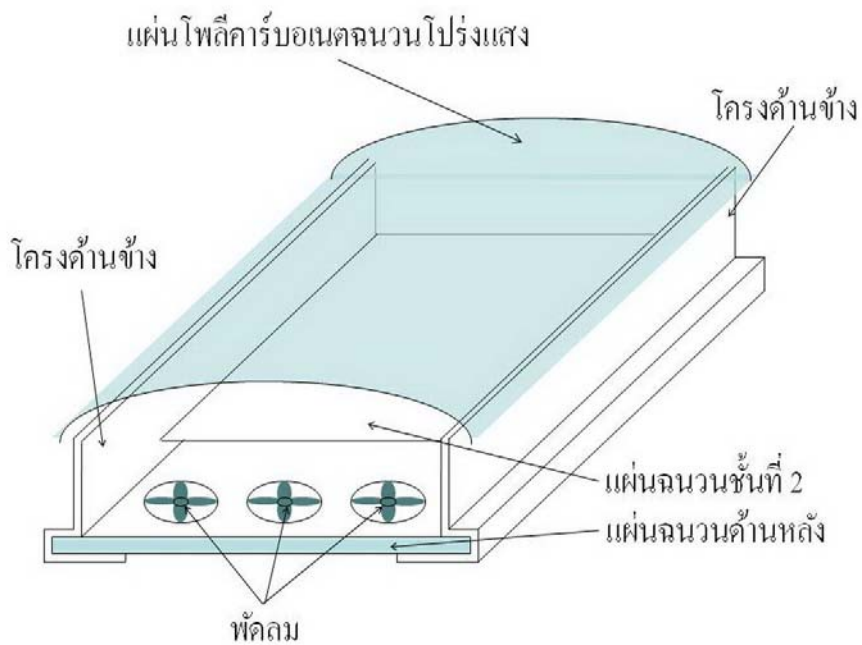
3.1 การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านบน

จากการศึกษาทบทวนรายงานการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาพบประเด็นปัญหาที่สำคัญ คือ เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่ยังคงมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบในแต่ละครั้ง ซึ่งหากเกษตรกรรายย่อยมีความต้องการที่จะอบแห้งผลิตภัณฑ์ในปริมาณมากๆ อาจจะต้องลงทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรืออาจจะต้องสร้างจำนวนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มสูงมากขึ้นด้วย

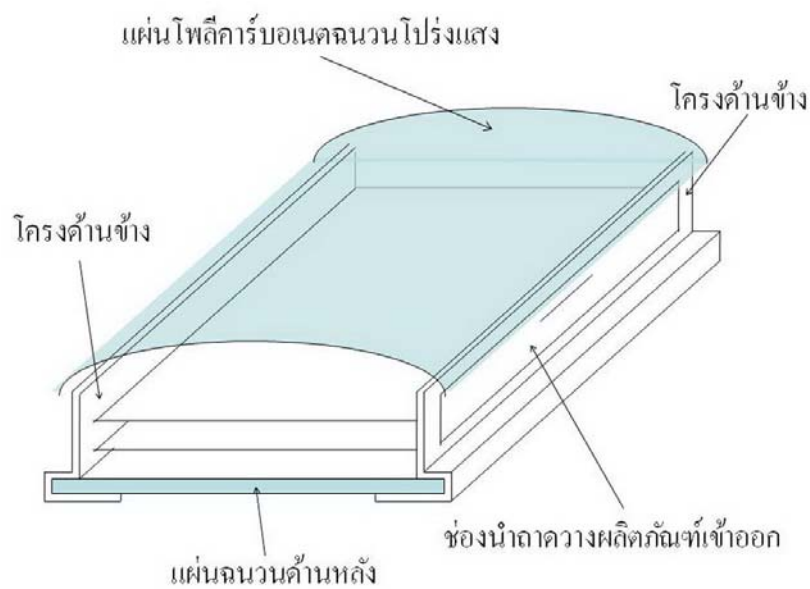
ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ผู้ดำเนินโครงการจึงเสนอที่จะทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านบนให้อบผลิตภัณฑ์ได้ครั้งละมากกว่า 100 กิโลกรัมขึ้นไปจำนวน 1 เครื่อง โดยในการออกแบบเชิงแนวคิด (conceptual design) ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของเครื่องและการคำนวณขนาดขององค์ประกอบต่างๆ ในด้านของโครงสร้าง ผู้วิจัยจะยังคงใช้ลักษณะโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นแบบเดิม (Janjai et al., 2005) กล่าวคือ ตัวเครื่องอบแห้งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยทั้งสองส่วนมีโครงสร้างเหมือนกันและวางเรียงต่อกันโดยตรงโดยไม่ต้องมีท่ออากาศต่อเชื่อม ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกต่อการสร้างและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของท่ออากาศ อีกทั้งยังลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสียความดัน (pressure drop) ในท่ออากาศ ฉนวนด้านหลังมีลักษณะเป็นแผ่นนำมาเชื่อมต่อกัน สำหรับโครงด้านข้างมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะคดให้มีลักษณะเป็นรูปตัว S เพื่อให้ส่วนล่างเป็นที่จับยึดของแผ่นฉนวนด้านล่าง ส่วนด้านบนจะเป็นที่รองรับวัสดุโปร่งใสที่จะนำมาคลุมด้านบน

ทั้งนี้ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการเพิ่มส่วนที่ใช้ในการอบผลิตผลให้สามารถอบได้มากกว่าแบบเดิม ดังนั้นจึงออกแบบให้มีส่วนอบผลิตผลสองชั้น รวมถึงทำการเพิ่มพื้นที่ส่วนที่ใช้รับพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีสองชั้นเช่นเดียวกับส่วนอบผลิตผล ในส่วนแผ่นปิดด้านบนทางผู้วิจัยจะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) คัดโค้งเป็นรูปพาราโบลา เพื่อไม่ให้เกิดการขังของน้ำในช่วง

ฤดูฝน ในด้านของช่องที่นำผลิตผลเข้า – ออก จากเครื่องอบจะอยู่บริเวณด้านข้างของส่วนอบผลิตผล ลักษณะขององค์ประกอบดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 3.1



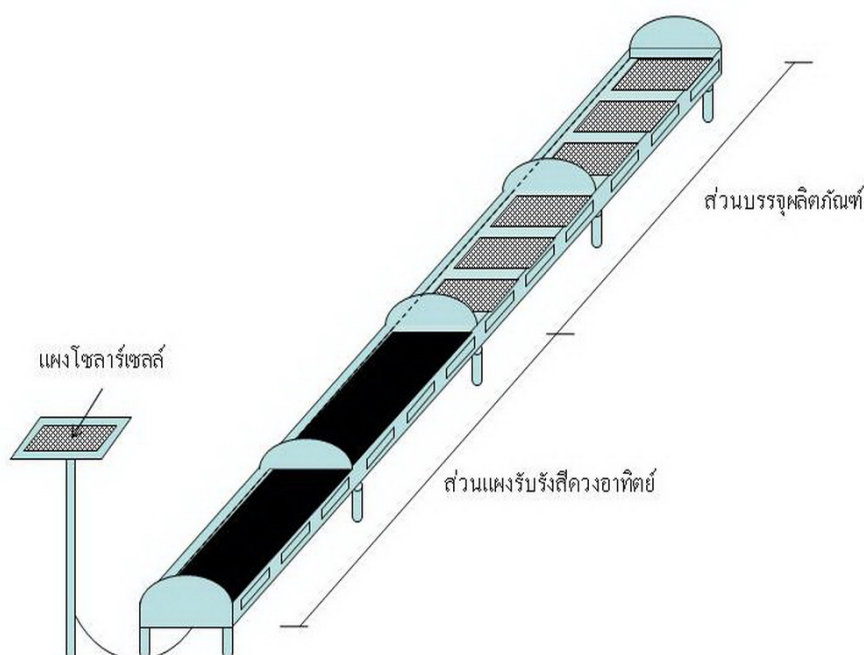
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้ง (ก) ส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และ (ข) ส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์

เครื่องอบแห้งดังกล่าวนี้ยังใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนพัดลมดูดอากาศโดยติดตั้งไว้ที่ส่วนหัวของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับลักษณะของเครื่องอบแห้งที่ออกแบบขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ออกแบบขึ้นใหม่ในงานวิจัยนี้

การคำนวณขนาดของเครื่องอบแห้ง ผู้ดำเนินโครงการตั้งสมมติฐานว่าจะนำเครื่องอบแห้งนี้ไปใช้ในการอบแห้งผลไม้ ซึ่งในที่นี้จะเน้นที่การอบกล้วยน้ำว้าสุกซึ่งเป็นผลไม้ที่มีการผลิตค่อนข้างมากและมีการแปรรูปด้วยการอบแห้ง ผู้วิจัยจะกำหนดให้เครื่องอบแห้งนี้สามารถอบแห้งกล้วยน้ำว้าสุกที่ความชื้น 70 % (wb) ได้ครั้งละประมาณ 150 กิโลกรัม ซึ่งเหมาะสมกับผู้ประกอบการขนาดเล็ก โดยใช้เวลาอบไม่ควรเกิน 3 วัน ทั้งนี้เพราะการอบแห้งที่ใช้เวลานานมากมักมีปัญหาการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างอบ และอาจเกิดการขึ้นราด้วย โดยอบให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 20 % (wb) ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้แข็งหรือเหนียวจนเกินไป อีกทั้งยังสามารถเก็บรักษาได้ประมาณ 1 เดือน เช่นเดียวกับผลไม้อบแห้งอื่นๆ

จากข้อกำหนดดังกล่าว ผู้วิจัยจะคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องการจากปริมาณน้ำที่ต้องระเหยโดยเริ่มต้นจากการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยจากผลิตภัณฑ์โดยอาศัยสมการ

$$m_w = m_i \left(\frac{M_i - M_f}{100 - M_f} \right) \quad (3.1)$$

เมื่อ	m_w	= มวลของน้ำที่ต้องการระเหย, [kg]
	m_i	= มวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบ, [kg]
	M_i	= ความชื้นของผลิตภัณฑ์, [%, wb]
	M_f	= ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ, [%, wb]

เมื่อแทนค่าตัวแปรต่างๆในสมการที่ 3.1 จะได้

$$\begin{aligned} m_w &= 150 \left(\frac{70 - 20}{100 - 20} \right) \\ &= 93.75 \text{ kg} \end{aligned}$$

จากนั้นจะคำนวณปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้จากสมการ

$$Q_{\text{drying}} = m_w L \quad (3.2)$$

เมื่อ	Q_{drying}	= ปริมาณความร้อนที่จำเป็นต้องใช้, [MJ]
	m_w	= มวลของน้ำที่ต้องการระเหย, [kg]
	L	= ความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำ 1 kg, [MJ/kg]
ค่า L ในที่นี้จะรวมความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำกับความร้อนที่สูญเสียจากเครื่องอบแห้ง โดยจะอาศัยการประมาณค่าซึ่งจะใช้ค่าเท่ากับ 2.4 MJ/kg ดังนั้นเมื่อแทนค่าตัวแปรต่างๆลงในสมการ 3.2 จะได้		

$$\begin{aligned} Q_{\text{drying}} &= 93.75 \times 2.4 \\ &= 225 \text{ MJ} \end{aligned}$$

ในขั้นตอนสุดท้าย ผู้ดำเนินโครงการจะคำนวณพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง ในที่นี้จะหมายถึงพื้นที่รวมของส่วนที่ตากผลิตภัณฑ์และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้เพราะเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมรับรังสีดวงอาทิตย์ทั้งสองส่วน โดยในการคำนวณจะอาศัยสมการ

$$A_{\text{total}} = \frac{Q_{\text{drying}}}{\eta H_T N_D} \quad (3.3)$$

เมื่อ	A_{total}	= พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์, [m ²]
	H_T	= ความเข้มรังสีรวมของดวงอาทิตย์บนพื้นราบ, [MJ / m ² -day]
	N_D	= จำนวนวันที่ต้องการใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง, [day]
	η	= ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในฐานะที่เป็นแผงรับรังสี, [decimal]

ในที่นี้จะกำหนดให้ช่วงเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (N_D) เป็น 3 วัน ทั้งนี้เพราะการอบแห้งเร็วเกินไปอาจทำให้ผิวผลิตภัณฑ์แห้งแข็งและเก็บกักน้ำภายในเนื้อผลิตภัณฑ์หรือเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า case hardening และถ้าอบช้าเกินไปอาจเกิดราขึ้น สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง ในฐานะที่เป็นแผงรับรังสีจะตั้งสมมติฐานว่ามีประสิทธิภาพ (η) เป็น 40 % และค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยของประเทศไทยซึ่งมีค่า $18.2 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ (เสริม จันทรฉาย และ จรุงแสง ลักษณะบุญส่ง, 2542) จากนั้นจะแทนค่าตัวแปรต่างๆลงในสมการ 3.3

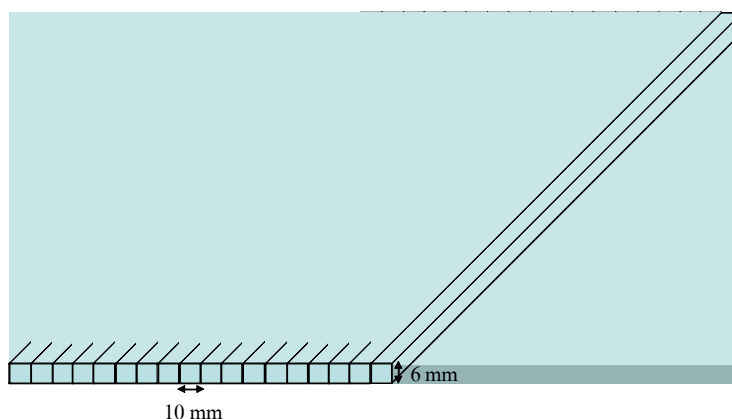
$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= \frac{225}{0.40 \times 18.2 \times 3} \\ &= 10.30 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

จากค่า A_{total} ที่ได้ ผู้ดำเนินโครงการจึงเสนอที่จะสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีความกว้าง 1.22 m และให้ความยาวทั้งหมดเท่ากับ 12.2 m โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ตากผลิตภัณฑ์และส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งนี้จะทำให้เครื่องอบดังกล่าวมีพื้นที่โดยรวมประมาณ 14.88 m^2 ซึ่งเพียงพอต่อการอบผลิตผลในปริมาณมากๆ ได้

3.2 การเลือกวัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 วัสดุโปร่งแสงปิดด้านบน

จากการออกแบบข้างต้นทางผู้ดำเนินโครงการเสนอที่จะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นวัสดุโปร่งแสงปิดด้านบน ทั้งนี้เนื่องจาก แผ่นโพลีคาร์บอเนตทำจากวัสดุโพลีเมอร์ มีลักษณะยืดหยุ่น ดัดให้โค้งได้ มีน้ำหนักเบาโดยมีความหนาแน่นเชิงพื้นที่ประมาณ 1.3 kg/m^2 ภายในมีช่องอากาศเพื่อไม่ให้สั่นเปลืองวัสดุและยังทำหน้าที่เป็นฉนวนลดการสูญเสียความร้อนด้วย และสามารถตัดเป็นขนาดต่างๆโดยใช้มีดธรรมดาได้โดยง่าย สำหรับลักษณะของแผ่นโพลีคาร์บอเนตและโครงสร้างแสดงไว้ในรูปที่ 3.3



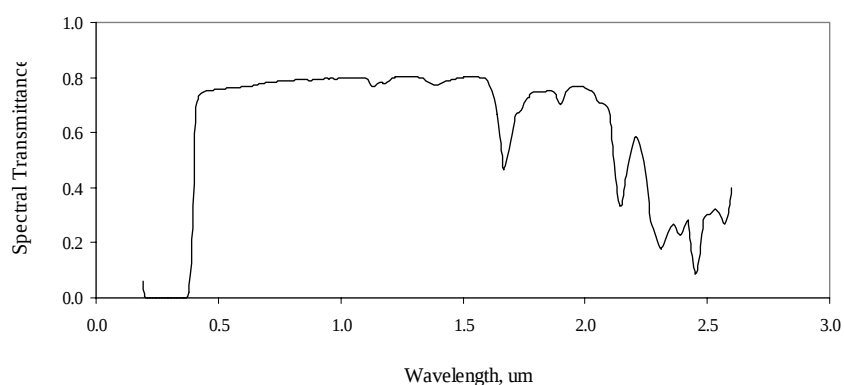
(ก)



(ข)

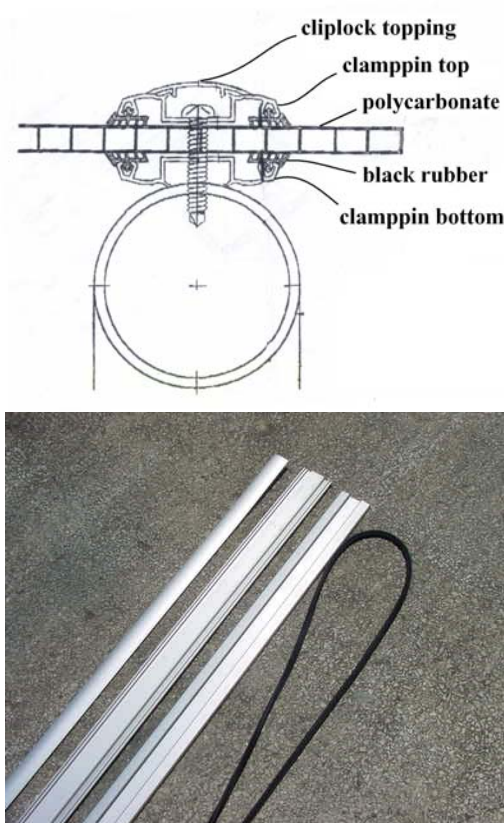
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างและลักษณะของแผ่นโพลีคาร์บอนเนตที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ในด้านของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสี (Transmittance) ผู้ผลิตอ้างว่ามีค่า 0.82 และมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีที่ความยาวคลื่นต่างๆแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 จากกราฟจะเห็นว่าแผ่นโพลีคาร์บอนเนตมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านค่อนข้างสูงในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-1,000 nm ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นส่วนใหญ่ของรังสีดวงอาทิตย์ และจะมีแนวโน้มลดลงที่ความยาวคลื่นมากกว่า 1,000 nm ซึ่งจะมีผลทำให้รังสีอินฟราเรดจากการแผ่รังสีของแผ่นดูดกลืนรังสีที่อุณหภูมิประมาณ 300-400 K ไม่สามารถผ่านแผ่นโพลีคาร์บอนเนตได้



รูปที่ 3.4 แสดงสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของแผ่นโพลีคาร์บอนเนตที่นำมาใช้งานในงานวิจัยนี้

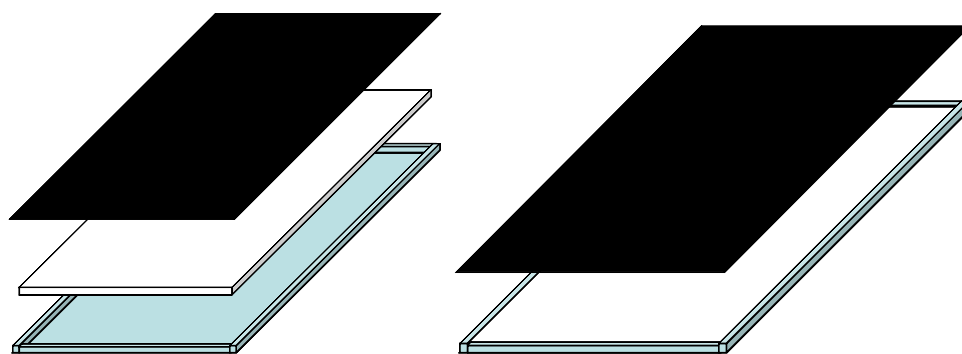
เนื่องจากเครื่องอบแห้งที่จะสร้างนั้นจำเป็นต้องใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตหลายแผ่นมาต่อกัน ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงออกแบบรอยต่อระหว่างแผ่นให้สามารถเชื่อมต่อกันง่ายและป้องกันฝนรั่วได้ โดยจะเชื่อมต่อกันด้วยชุดเชื่อมต่ออะลูมิเนียมสำเร็จรูป ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของชุดเชื่อมต่ออะลูมิเนียม สำหรับเชื่อมรอยต่อระหว่างแผ่นโพลีคาร์บอเนต

3.2.2 แผ่นฉนวนด้านล่าง

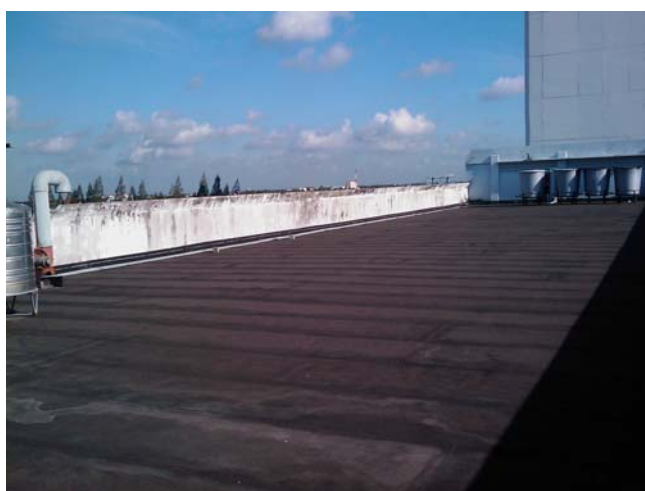
แผ่นฉนวนด้านล่างทำหน้าที่เป็นทั้งพื้นของเครื่องอบแห้งและเป็นฉนวนกันความร้อนด้านล่าง อีกทั้งผิวด้านบนยังทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ ในโครงการวิจัยนี้ ผู้ดำเนินโครงการจึงเสนอที่จะใช้แผ่นโฟมความหนาแน่นสูงในการนำมาทำเป็นฉนวนกันความร้อน เนื่องจากมีราคาถูกกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ โดยลักษณะโครงสร้างนั้นจะจัดทำโครงเหล็กและใส่โฟมตรงกลางระหว่างแผ่นสังกะสีที่ปิดทั้งด้านบนและด้านล่างดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของแผ่นฉนวนด้านล่าง

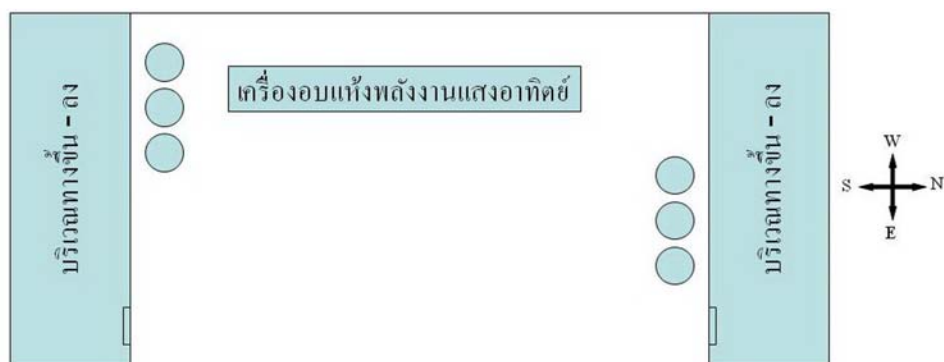
3.3 สำรวจพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการสำรวจพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยสยาม เพื่อใช้ในการติดตั้งเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปิดด้านบน ซึ่งมีความยาว 12.2 m และกว้าง 1.22 m โดยพื้นที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องอบแห้งดังกล่าวจะต้องเป็นพื้นที่ที่เป็นพื้นราบ ตั้งอยู่กลางแจ้งไม่มีเงาของสิ่งปลูกสร้างรบกวน ซึ่งทางผู้ดำเนินโครงการเห็นว่า บริเวณคาบฟ้าของอาคาร 14 นั้น เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงพื้นที่บริเวณคาบฟ้า อาคาร 14 ซึ่งเหมาะสมในการติดตั้งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการกำหนดผังการติดตั้งเครื่องอบแห้งโดยคำนึงถึงทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของเครื่องอบแห้ง ความสะดวกในการขนส่งผลิตภัณฑ์อบแห้งและองค์ประกอบที่สามารถใช้ประโยชน์ในการผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งและเป็นที่ศึกษาดูงานของผู้สนใจทั่วไป ลักษณะของผังการติดตั้งแสดงไว้ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผนผังที่ตั้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3.4 การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม

หลังจากทำการออกแบบและคัดเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างเครื่องอบแห้ง ผู้ดำเนินโครงการได้ทำการจัดหาวัสดุอุปกรณ์และดำเนินการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังต่อไปนี้

3.4.1 แผ่นฉนวนกันความร้อนด้านล่าง

ในการสร้างฉนวนกันความร้อนนั้น จะเริ่มจากการสร้างโครงซึ่งทำด้วยเหล็กกล่องให้มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วบุด้านล่างด้วยแผ่นสังกะสี จากนั้นทำการบรรจุโฟมเนื้อแน่นลงบนแผ่นสังกะสีแล้วปิดด้านบนด้วยแผ่นสังกะสีอีกแผ่นหนึ่ง ตามรูปที่ 3.9



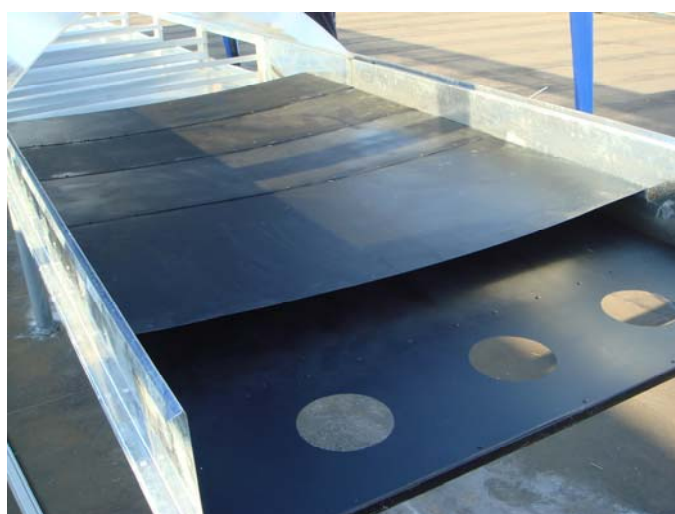
รูปที่ 3.9 แสดงภาพการสร้างฉนวนกันความร้อน

3.4.2 แผงรับรังสีดวงอาทิตย์

ในส่วนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะนำฉนวนกันความร้อนที่ได้สร้างไว้แล้วมาต่อเข้ากับโครงทางด้านข้างซึ่งทำจากสังกะสี ดังรูปที่ 3.10 เมื่อทำการติดตั้งโครงทางด้านข้างเสร็จแล้วจึงติดตั้งแผงรับรังสีดวงอาทิตย์อีกแผ่นหนึ่งด้านบนแผงรับรังสีด้านล่าง ตามรูปที่ 3.11 โดยทางด้านหน้าจะมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศไว้ (รูปที่ 3.12) ทั้งนี้พัดลมสามารถทำงานได้โดยใช้ไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ (รูปที่ 3.13) หลังจากนั้นจึงปิดด้านบนด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตในลักษณะเป็นรูปโค้งพาราโบลา ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.10 แสดงภาพการต่อโครงด้านข้างของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์



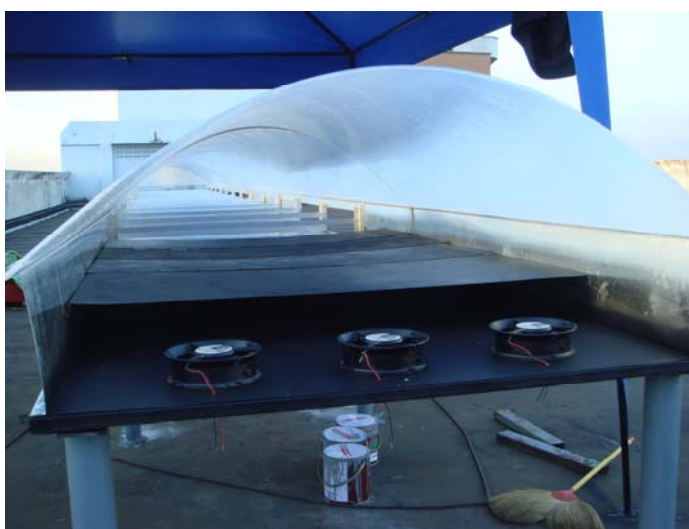
รูปที่ 3.11 แสดงภาพการติดตั้งแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ชั้นที่ 2



รูปที่ 3.12 แสดงภาพพัดลมดูดอากาศ



รูปที่ 3.13 แสดงภาพแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 3.14 แสดงภาพการปิดด้านบนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต

3.4.3 ส่วนตากแห้งผลิตภัณฑ์

ในส่วนตากแห้งผลิตภัณฑ์ จะมีลักษณะคล้ายกับส่วนที่เป็นแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แต่ต่างกันตรงที่ในส่วนนี้จะมีการวางตะแกรงอะลูมิเนียม 2 ชั้นแทนการวางแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยส่วนตากแห้งผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงภาพการสร้างส่วนตากแห้งผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.16 แสดงภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมรูปพาราโบลาที่เสร็จสมบูรณ์