

บทที่ 2

หลักการทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง หลักการทางวิชาการพื้นฐานของเทคโนโลยีการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และงานวิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านๆมาตามรายละเอียดดังนี้

2.1 หลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีการอบแห้ง

2.1.1 สมบัติของวัสดุชื้น (properties of moist materials)

2.1.1.1 ความชื้นของวัสดุชื้น

วัสดุชื้นประกอบด้วยของแข็ง (solid materials) และความชื้น โดยทั่วไปเป็นน้ำในสถานะของเหลว เราสามารถบอกปริมาณความชื้นของวัสดุชื้นในรูปของความชื้นมาตรฐานเปียกหรือมาตรฐานแห้ง ดังนี้

$$M_w = \frac{m_w}{m_w + m_s} \quad (2.1)$$

$$M_d = \frac{m_w}{m_s} \quad (2.2)$$

เมื่อ M_w = ความชื้นมาตรฐานเปียก [kg/kg]

M_d = ความชื้นมาตรฐานแห้ง [kg/kg]

m_w = มวลของของเหลว ในปริมาตรที่พิจารณา [kg]

m_{solid} = มวลของของแข็ง ในปริมาตรที่พิจารณา [kg]

จากสมการ 2.1 และ 2.2 สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่าง M_w และ M_d ดังนี้

$$M_w = \frac{M_d}{1 + M_d} \quad (2.3)$$

หรือ

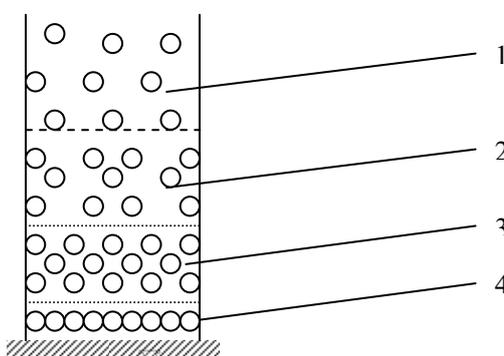
$$M_d = \frac{M_w}{1 - M_w} \quad (2.4)$$

ความชื้นมาตรฐานเปียกนิยมใช้ในการการค้าและสำหรับความชื้นมาตรฐานแห้งนิยมใช้ในการคำนวณและการศึกษาในเชิงวิทยาศาสตร์

2.1.1.2 ลักษณะการเกาะตัวของน้ำบนวัตถุขึ้น

น้ำที่เกาะตัวกับของแข็งในวัตถุขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ

- 1) น้ำอิสระ (free water)
- 2) น้ำสารละลาย (solvent water)
- 3) น้ำที่เกาะตัวโดยแรงแวนเดอวาลล์
(water attached with Van de Waal force)
- 4) น้ำโมเลกุลเดี่ยว (mono-molecule water)



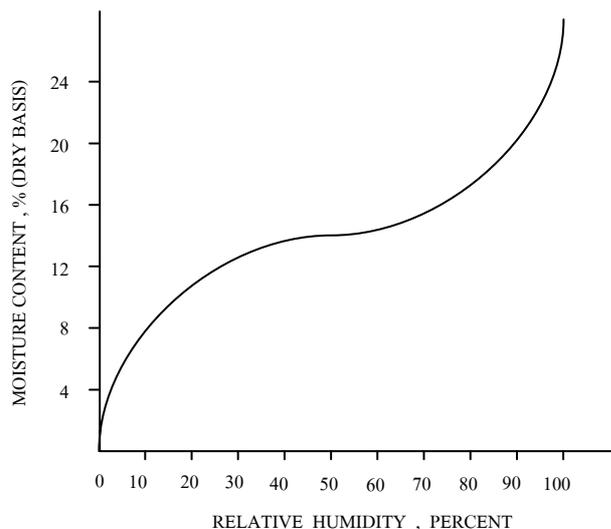
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภูมิน้ำประเภทต่างๆ ในวัตถุขึ้น (Bakker Arkemar, 1974)

- | | |
|------------------|----------------------|
| (1) น้ำอิสระ | (2) น้ำสารละลาย |
| (3) น้ำแวนเดอวาล | (4) น้ำโมเลกุลเดี่ยว |

การเกาะของน้ำแบบน้ำอิสระจะอยู่ที่ชั้นนอกสุดของผิวของของแข็ง ส่วนการเกาะตัวของน้ำแบบอื่นจะอยู่ถัดลงมาจนถึงการเกาะตัวของน้ำแบบน้ำโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งอยู่ที่บริเวณผิวสัมผัสของของแข็ง และพบว่าในการแยกน้ำแบบอิสระจะใช้พลังงานน้อยที่สุด ส่วนน้ำแบบโมเลกุลเดี่ยวจะใช้พลังงานในการแยกน้ำออกจากวัตถุขึ้นมากที่สุด

2.1.1.3 ความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content)

วัตถุขึ้นจะมีการดูดและคายความชื้นจากอากาศรอบๆ จนกระทั่งความชื้นมีค่าคงที่หรืออยู่ในสภาวะสมดุลกับอากาศแวดล้อม เรียกความชื้นนี้ว่า ความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ความชื้นสมดุลจะขึ้นกับธรรมชาติของวัตถุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งสามารถหาได้โดยการทดลอง โดยทั่วไปกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในสภาวะสมดุลที่อุณหภูมิคงที่ จะเรียกว่า sorption isotherm ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นกราฟรูป sigmoid ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.2

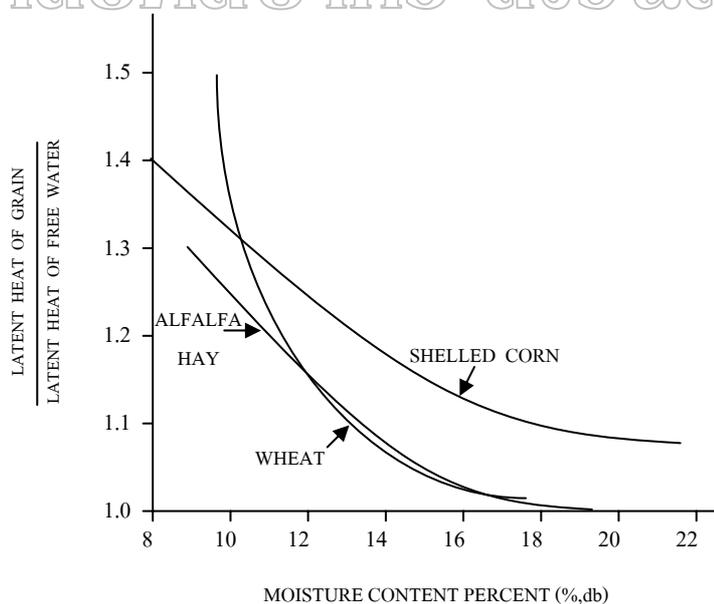


รูปที่ 2.2 แสดง sorption isotherm ของผลิตภัณฑ์การเกษตรทั่วไป (Sodha M.S., 1987)

2.1.1.4 ความร้อนแฝง (latent heat)

ความร้อนแฝง คือปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัตถุ ซึ่งขึ้นกับค่าขึ้นกับชนิดและความชื้นของวัตถุ ตัวอย่างความร้อนแฝงของผลิตภัณฑ์การเกษตร แสดงใน

รูปที่ 2.3 มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



รูปที่ 2.3 แสดงการแปรค่าของความร้อนแฝงของผลิตภัณฑ์การเกษตร (Sodha M.S., 1987)

ความร้อนแฝงของผลิตภัณฑ์การเกษตรสามารถเขียนในรูปของสูตรเอมไพ

ริคัลได้ดังนี้

$$\frac{L}{L'} = 1 + a \exp(-bM_d) \quad (2.5)$$

เมื่อ L = ความร้อนแฝงของวัตถุชื้น [J/kg]
 L' = ความร้อนแฝงของน้ำ [J/kg]
 M_d = ความชื้นของวัตถุฐานแห้ง [%]
 a, b = ค่าคงที่ ขึ้นกับชนิดของวัตถุ [decimal]

นอกจากนี้ยังมีสมบัติความร้อนอื่นๆ ของวัตถุชื้นที่มีผลต่อการอบแห้ง เช่น ความร้อนจำเพาะ (specific heat) สภาพนำความร้อน (heat conductivity) สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (convective heat transfer coefficient) และพื้นที่ผิวต่อปริมาตรวัตถุ เป็นต้น สมบัติเหล่านี้ส่วนใหญ่จะขึ้นกับความชื้นของวัตถุ และสามารถหาได้โดยการทดลอง

2.1.2 สมบัติของอากาศชื้น (properties of moist air)

อากาศซึ่งใช้เป็นตัวกลางในการพาความร้อนไปสู่วัตถุชื้น และพาความชื้นจากวัตถุนั้นออกมาภายนอกจะประกอบด้วยอากาศแห้งและไอน้ำ ซึ่งมีสมบัติแสดงได้ด้วยตัวแปร 7 ตัว ดังนี้

- 1) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db})
- 2) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb})
- 3) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew-point temperature)
- 4) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, rh)
- 5) ความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) หรืออัตราส่วนความชื้น (humidity ratio)
- 6) เอนทัลปี (enthalpy) เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในอากาศชื้น
- 7) ปริมาตรจำเพาะ (specific volume) เป็นปริมาตรอากาศชื้นต่อน้ำหนักอากาศแห้ง

ตัวแปรทั้ง 7 มีความสัมพันธ์กันและสามารถแสดงเป็นแผนภูมิอากาศชื้น (psychrometric chart) ดังรูปที่ 2.4 ในกระบวนการอบแห้ง สมบัติของอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงดังที่แสดงไว้ในแผนภูมิดังกล่าว

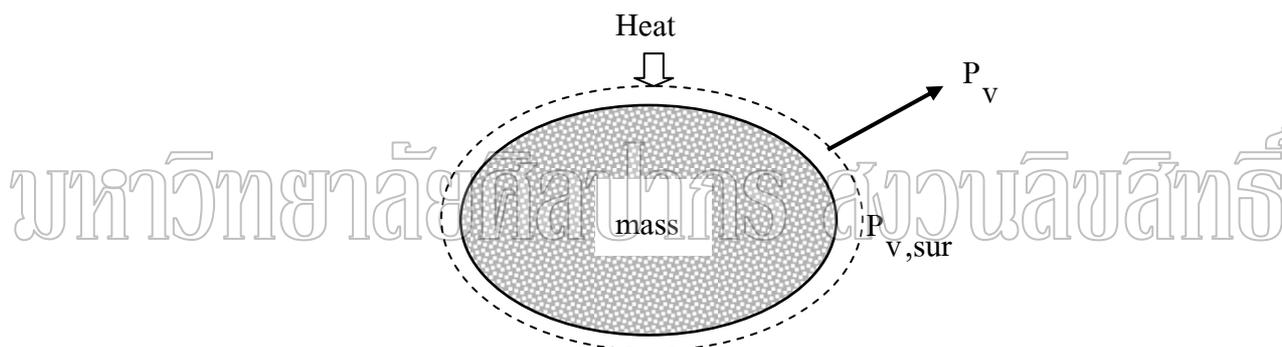
2.1.3 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้งเป็นการแยกน้ำออกจากวัตถุชื้น (moist material) โดยการทำให้ น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอโดยอาศัยความร้อน สำหรับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรส่วนใหญ่เป็นการอบแห้งแบบการพาความร้อน (convective drying) โดยจะเป่าอากาศร้อนผ่านผลิตผลที่เป็นวัตถุ ชื้น ความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทไปยังวัตถุ ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น น้ำในวัตถุจะเปลี่ยนสถานะ เป็นไอน้ำและระเหยออกมา การถ่ายเทมวลของน้ำจากวัตถุชื้นไปยังอากาศจะหยุดเมื่อความดันไอน้ำที่ผิววัตถุเท่ากับความดันไอน้ำในอากาศ หรือ

$$P_{v,sur} = P_v \quad (2.6)$$

โดยที่ $P_{v,sur}$ = ความดันของไอน้ำที่ผิววัตถุ

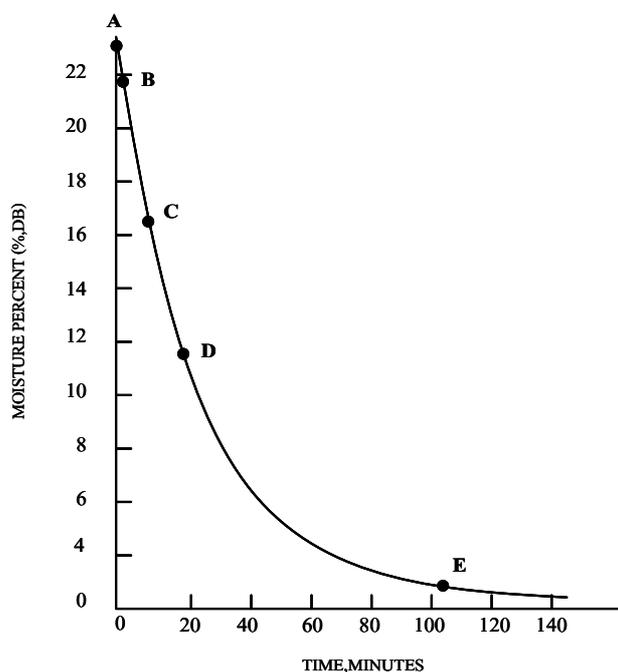
P_v = ความดันไอน้ำในอากาศ



รูปที่ 2.5 แสดงการถ่ายเทมวลและความร้อนในการอบแห้ง (Sodha M.S.,1987)

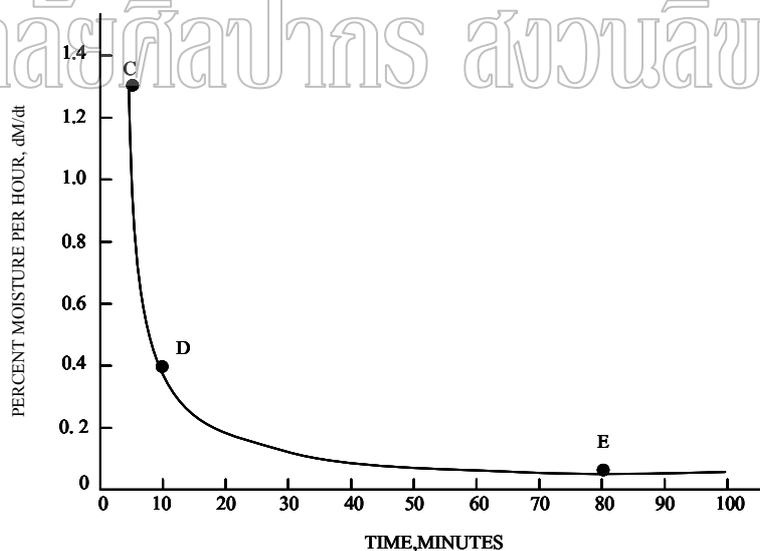
การเคลื่อนตัวของน้ำจากภายในวัตถุชื้นออกมาที่ผิวนั้นเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และขึ้นกับโครงสร้างของวัตถุนั้น ตัวอย่างกระบวนการเหล่านี้ได้แก่ การแพร่ (diffusion) การไหล ภายในท่อเล็กในโครงสร้างของวัตถุ (capillary flow) การไหลจากความดันออสโมติก (osmotic pressure) และการไหลเนื่องจากแรงโน้มถ่วง เป็นต้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับอธิบายกระบวนการเหล่านี้มีความซับซ้อนมาก

ในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร การลดลงของความชื้นจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.6 หรือแสดงในรูปของอัตราการแห้ง (drying rate) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 แสดงการลดลงของความชื้นในการอบแห้งผลิตผลการเกษตรทั่วไป (Sodha M.S.,1987)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



รูปที่ 2.7 แสดงอัตราการแห้งของผลิตผลการเกษตรระหว่างการอบแห้ง (Sodha M.S.,1987)

โดยทั่วไปอัตราการแห้งของผลิตผลการเกษตรจะแบ่งได้เป็น 2 ช่วงได้แก่ ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (constant-rate regime) ซึ่งเป็นช่วงแรกของการอบแห้ง และช่วงอัตราการแห้งลดลง (falling-rate regime) ซึ่งต่อจากช่วงแรก

ในช่วงอัตราการแห้งคงที่การระเหยของน้ำจะเกิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์ ลักษณะการระเหยจะคล้ายกับการระเหยน้ำจากภาชนะ เราสามารถเขียนอัตราการแห้งในช่วงเวลานี้เป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = \frac{h_c A}{L} (T_a - T_{sur}) \quad (2.7)$$

เมื่อ	dM/dt	= อัตราการแห้ง [kg/s]
	h_c	= การนำความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่เหนือผิวผลิตภัณฑ์ (thermal conductance of air film) [W/m ² -K]
	A	= พื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ [m ²]
	L	= ความร้อนแฝงของน้ำในผลิตภัณฑ์ [J/kg]
	T_a	= อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง [K]
	T_{sur}	= อุณหภูมิที่ผิวของผลิตภัณฑ์ [K]

สำหรับช่วงที่อัตราการแห้งลดลง (falling-rate regime) โดยทั่วไปเราสามารถเขียนอัตราการแห้งในรูปสมการได้ดังนี้

$$dM/dt = -k(M-M_c) \quad (2.8)$$

เมื่อ	M_c	= ความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) ของผลิตภัณฑ์ [% , d.b.]
	M	= ความชื้นของผลิตภัณฑ์ [% , d.b.]
	k	= ค่าคงที่การอบแห้ง (drying constant) [s ⁻¹]

2.1.4 ผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการอบแห้ง

ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการลดลงของความชื้นของวัตถุได้แก่

- 1) อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าสูง อัตราการแห้ง (drying rate) จะมีค่าสูงกว่ากรณีของอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ
- 2) ความชื้นสัมพัทธ์ อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะสามารถรับความชื้นที่ถ่ายเทจากวัตถุขึ้นได้มากกว่ากรณีที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง
- 3) ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านวัตถุขึ้น ถ้าความเร็วอากาศมีค่าสูงความชื้นจากวัตถุจะถ่ายเทออกมาสู่อากาศได้ดีกว่ากรณีอากาศที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ แต่ผลดังกล่าวจะมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับผลจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.1.5 ประเภทของการอบแห้ง

การอบแห้งแบบพาความร้อน โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1) การอบแห้งชั้นบาง (thin layer drying)

การอบแห้งแบบนี้ วัสดุชั้นจะเรียงเป็นชั้นบางๆ หรือเพียงหนึ่งชั้นของเมล็ดพืช กรณีที่การอบเมล็ดพืชแบบชั้นบาง การลดลงของความชื้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{M(t) - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt) \quad (2.9)$$

เมื่อ $M(t)$ = ความชื้นขณะเวลา t [% , d.b.]

M_e = ความชื้นสมดุล [% , d.b.]

M_0 = ความชื้นเริ่มต้น [% , d.b.]

k = ค่าคงที่การอบแห้ง [s^{-1}]

2) การอบแห้งชั้นหนา (deep bed drying)

เป็นการอบแห้งที่วัสดุวางซ้อนกันหลายชั้น ตัวอย่างเช่น การอบแห้งข้าว ในเครื่องอบแห้งแบบใช้อากาศแวดล้อม (in-bin drying) สำหรับในการคำนวณการลดลงของความชื้นในเครื่องอบแห้ง โดยทั่วไปจะพิจารณาว่า การอบแห้งชั้นหนาประกอบด้วยการอบแห้งชั้นบางหลายๆ ชั้น เรียงซ้อนกัน และทำการหาสมการสมดุลของมวลและพลังงานที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น (Bakker Arkema, 1974)

2.2 การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar drying)

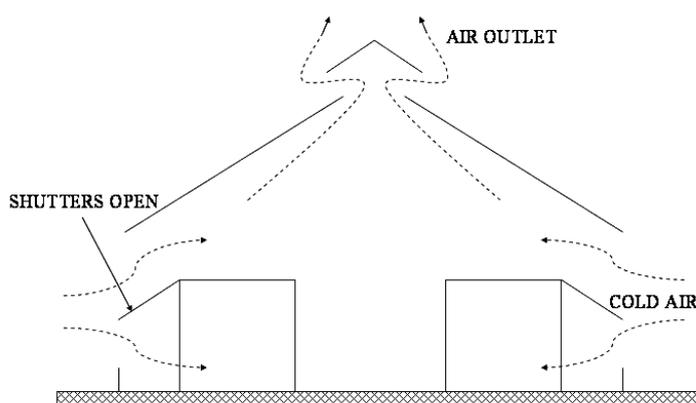
การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการอบแห้งผลผลิตโดยใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะอาศัยการพาความร้อน (convection heat transfer) โดยทั่วไปสามารถแบ่งการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาความร้อนได้เป็น 2 แบบ คือ แบบการไหลตามธรรมชาติ (natural convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงลอยตัวเนื่องจากการพาความร้อน และแบบการไหลเป็นแบบบังคับอากาศ (forced-convection circulation) ซึ่งอาศัยแรงดันจากพัดลมในการพาความร้อนไปยังผลผลิต นอกจากนี้ยังอาจแบ่งชนิดของการอบแห้งตามวิธีการรับรังสี โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบรับรังสีโดยตรง (direct) แบบรับรังสีโดยอ้อม (indirect) และแบบผสม (direct-indirect) สำหรับรายละเอียดของเครื่องอบแห้งชนิดต่างๆจะกล่าวในรายละเอียดตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural-convection solar dryer)

เครื่องอบแห้งแบบนี้ยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

ก. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง (direct mode)

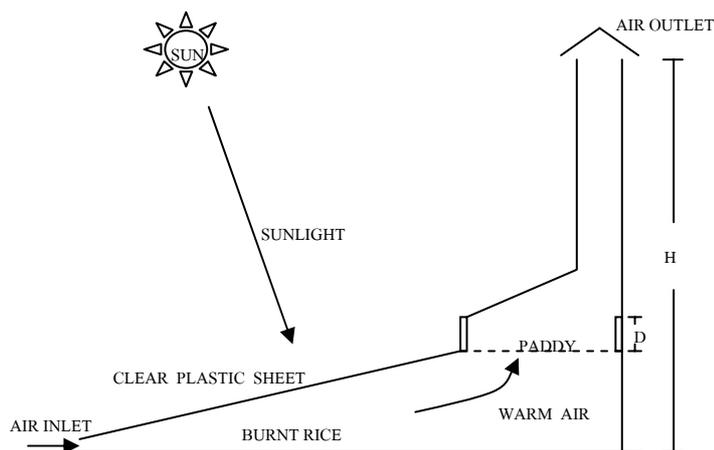
เครื่องอบแห้งแบบนี้ รังสีดวงอาทิตย์จะตกลงบนผลผลิตที่ต้องการอบแห้งโดยตรง ความชื้นจากผลผลิตจะถูกพาขึ้นไปด้านบน โดยการไหลของอากาศที่เกิดจากการพาความร้อนตามธรรมชาติ รังสีดวงอาทิตย์จะส่งผ่านวัสดุโปร่งแสง ซึ่งอาจเป็นพลาสติกหรือกระจกก็ได้ แผ่นโปร่งแสงดังกล่าว ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียความร้อน โดยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ทั้งยังป้องกันฝุ่นละออง ฝน และแมลงรบกวนต่างๆ ด้วย



รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับแสงอาทิตย์โดยตรง (Sodha M.S.,1987)

ข. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (indirect mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งทำงานโดยอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) อากาศร้อนที่ได้จะลอยตัวและไหลผ่านผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้ง

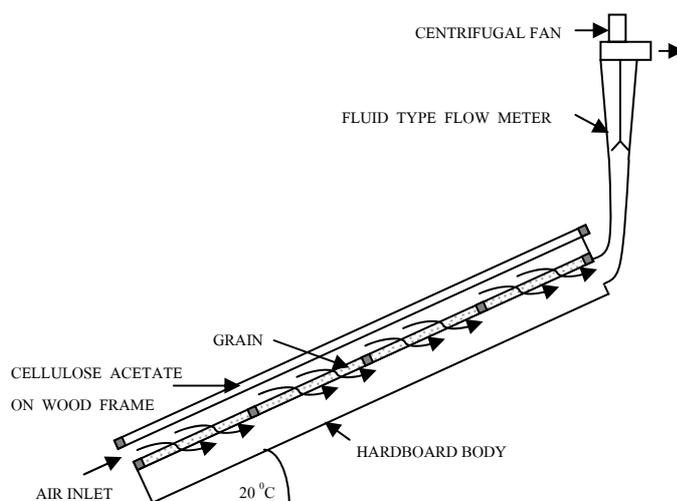


รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (Sodha M.S., 1987)

2.2.2 เครื่องอบแห้งแบบพาความร้อนโดยบังคับอากาศ (forced-convection solar dryer)

ก. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง

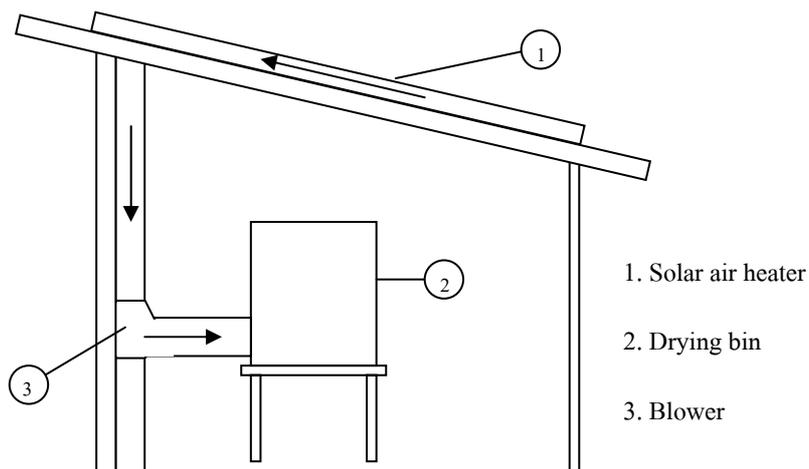
เครื่องอบแห้งแบบนี้ ผลผลิตที่ต้องการอบแห้งจะรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อากาศร้อนจะถูกดูดผ่านผลผลิตโดยใช้พัดลมดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรงและใช้พัดลมดูดอากาศ (Sodha M.S., 1987)

ข. แบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อม (indirect mode)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบซึ่งทำหน้าที่ผลิตอากาศร้อน แล้วเป่าหรือดูดผ่านส่วนที่บรรจุผลิตภัณฑ์ซึ่งอยู่ต่างหากจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.11

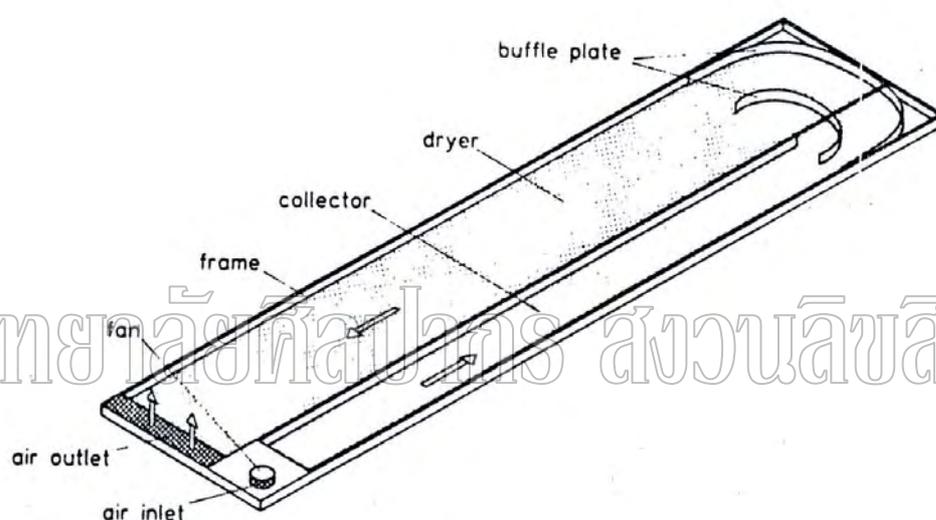


รูปที่ 2.11 แสดงเครื่องอบแห้งแบบรับพลังงานแสงอาทิตย์ทางอ้อมและใช้พัดลมดูดอากาศ
(Thongprasert et al., 1985)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

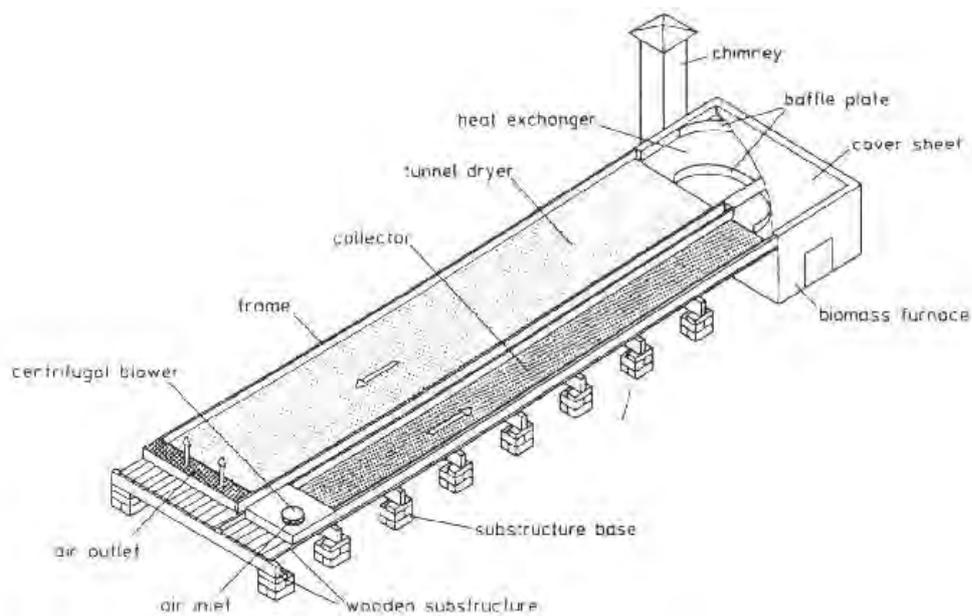
เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและการพัฒนาเครื่องอบแห้งดังกล่าว

เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยนักวิจัยของสถาบันวิศวกรรมเกษตรเจตร็อน มหาวิทยาลัยโฮเฮนไฮม์ (Hohenheim University) ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน (Lutz et al., 1987) โดยประกอบด้วยส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ และส่วนวางผลิตภัณฑ์ที่จะอบแห้ง ด้านบนของทั้งสองส่วนปิดด้วยพลาสติกใส และมีพัดลมดูดอากาศจากภายนอกให้ผ่านส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์เข้าไปยังส่วนอบแห้ง ดังรูปที่ 2.12



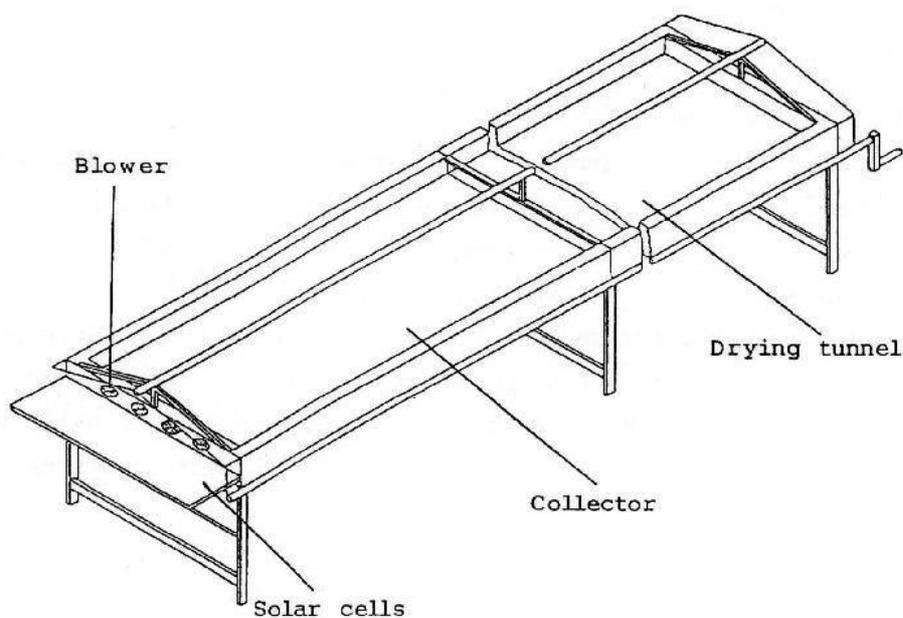
รูปที่ 2.12 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นสำหรับเขตแห้งแล้งโดย Lutz et al. (1987)

เนื่องจากเครื่องอบแห้งดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ดีในช่วงฤดูฝน ดังนั้น Eddy และ คณะ (1991) จึงได้ติดตั้งเตาเผาชีวมวลไว้ใช้ในกรณีที่รังสีดวงอาทิตย์ไม่เพียงพอ ดังรูปที่ 2.13 ผลการทดสอบสมรรถนะพบว่า เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ถึง 40 % เมื่อเทียบกับการตากแดดธรรมชาติ



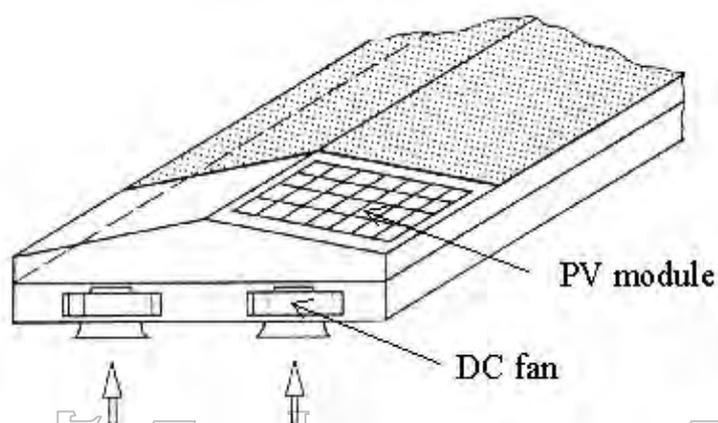
รูปที่ 2.13 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นสำหรับเขตร้อนชื้น โดย Eddy et al. (1991)

ต่อมา Janjai และ Hirunlabh (1993) ได้ดัดแปลงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมให้มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.14 และได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งดังกล่าวพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีสมรรถนะดีโดยสามารถอบกล้วย 50 กิโลกรัม ให้แห้งภายใน 2-3 วัน อีกทั้งผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพดีโดยมีระยะเวลาคุ้มทุนประมาณ 1-3 ปี



รูปที่ 2.14 แสดงเครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai และ Hirunlabh (1993)

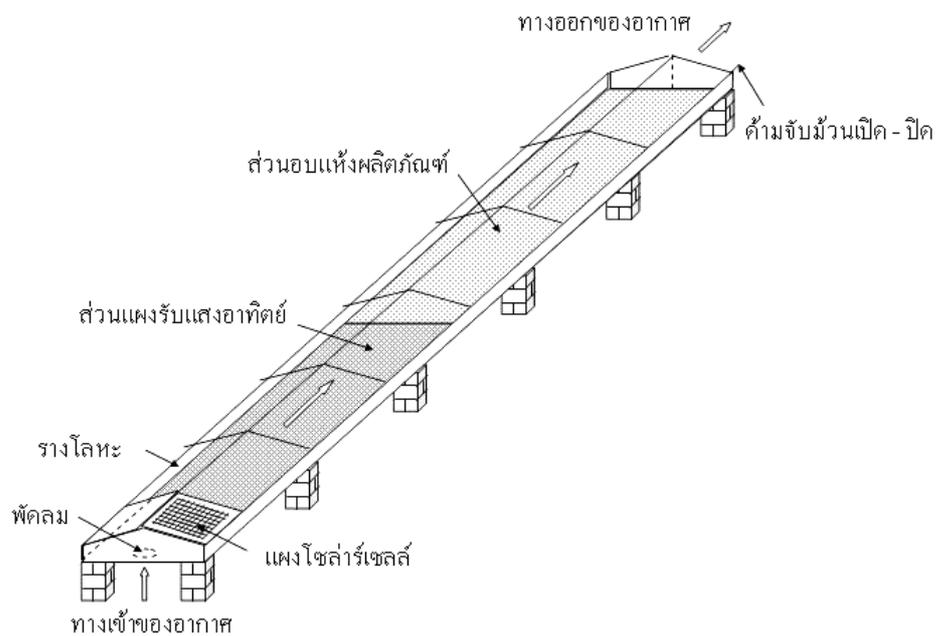
Esper (1994) ได้ศึกษาการใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวขับเคลื่อนพัดลมไปควบคุมอัตราการไหลของอากาศภายในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมดังรูปที่ 2.15 โดยได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับระบบดังกล่าวจากลักษณะ I-V ของทั้งแผงเซลล์และพัดลม จากผลการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบขนาดกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมในการทำงานซึ่งทำให้สามารถเลือกขนาดแผงเซลล์ให้พอเหมาะกับการใช้งานได้เพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าก่อสร้างของเครื่องอบแห้งดังกล่าว



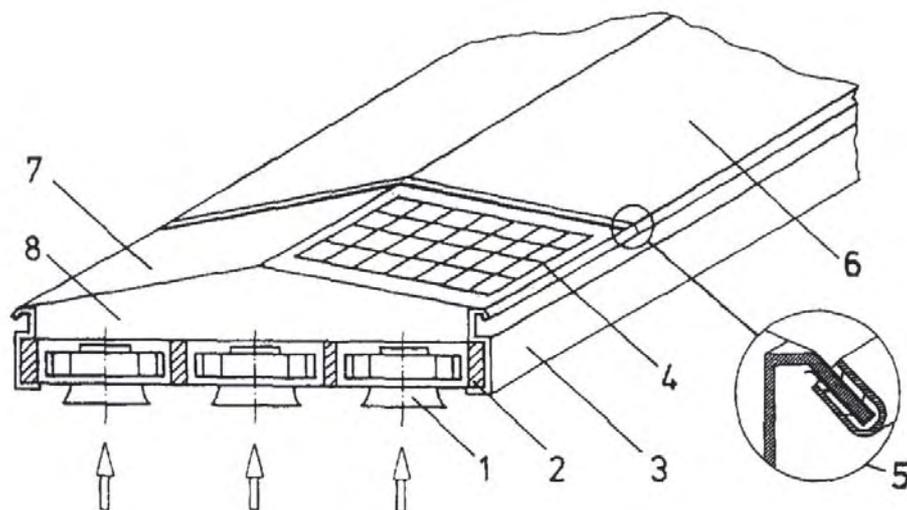
รูปที่ 2.15 แสดงแผงโซลาร์เซลล์และพัดลมที่ติดตั้งเข้ากับเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลม

(Esper , 1994)

ต่อมา Esper (1995) ได้ทำการปรับปรุงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมให้มีลักษณะเป็นส่วนๆ (module) เพื่อให้สามารถสร้าง ประกอบ และขนส่งได้สะดวก ลักษณะและส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องอบแห้งที่ปรับปรุงแล้ว แสดงไว้ในรูปที่ 2.16, 2.17 และ 2.18

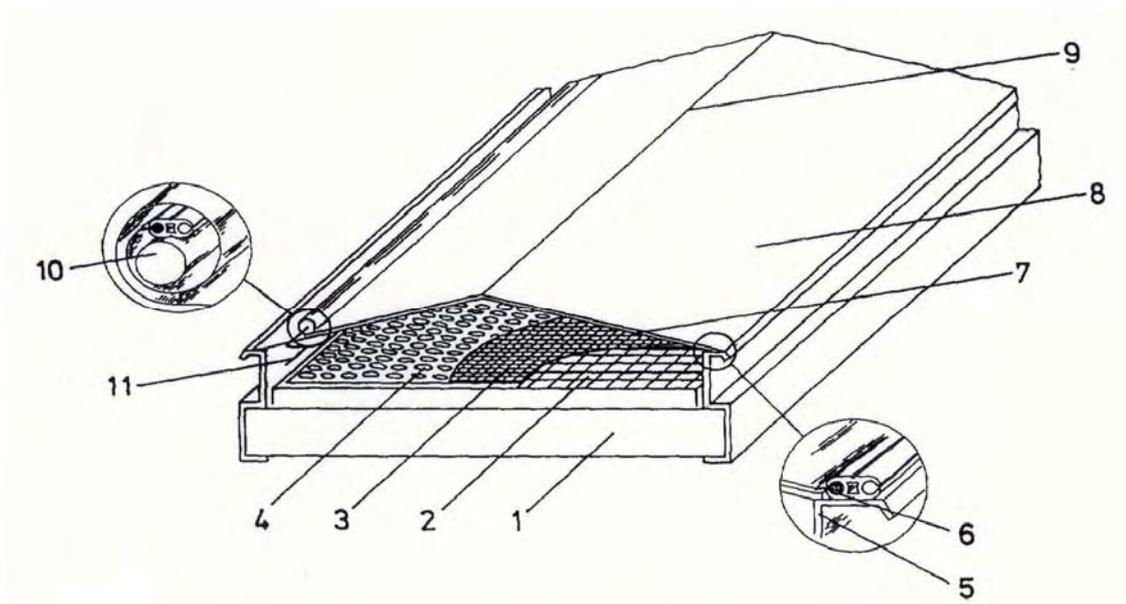


รูปที่ 2.16 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม (Esper, 1995)



รูปที่ 2.17 แสดงส่วนประกอบของส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ (Esper, 1995)

- 1) พัดลม, 2) แผ่นฉนวนด้านล่าง, 3) รางโลหะ, 4) แผงโซลาร์เซลล์,
- 5) ตัวยึดพลาสติก, 6) ฝืนพลาสติกแบบบางใส, 7) และ 8) แผ่นเหล็ก



รูปที่ 2.18 แสดงส่วนประกอบของส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ (Esper , 1995)

- 1) แผ่นฉนวนด้านล่าง, 2) ตะแกรงเหล็ก, 3) ตาข่ายพลาสติก,
- 4) ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบ, 5) โครงเหล็ก, 6) พลาสติกยึด,
- 7) ฝาด้านบน, 8) ฟิล์มพลาสติกแบบมีโพรงอากาศ, 9) กระจกคลุม,
- 10) ท่อเหล็ก, 11) ด้ามจับสำหรับเปิด-ปิดเครื่องอบแห้ง

Schirmer et al. (1996) ได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ใช้โซลาร์เซลล์ขับเคลื่อนพัดลมในการอบแห้งกล้วย โดยได้ติดตั้งเครื่องอบแห้งดังกล่าวที่โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดาแสดงดังรูปที่ 2.19 และพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบกล้วยได้ถึงครั้งละประมาณ 200-300 กิโลกรัม ภายในระยะเวลา 3-5 วัน และผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพดีอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีระยะเวลาคุ้มทุนประมาณ 3 ปี

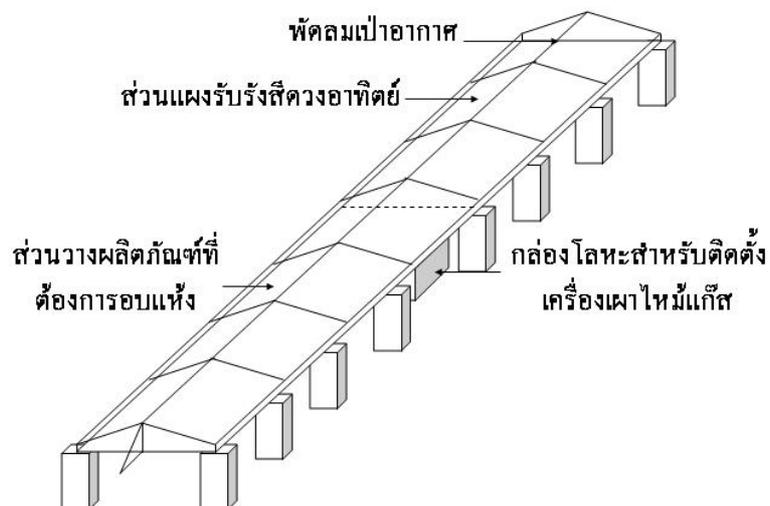


รูปที่ 2.19 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ติดตั้งในโครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนิชสิทธิ์

Bala et al. (2003) ได้ทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมในการอบแห้งสับปะรด และพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวมีสมรรถนะสูงสามารถอบแห้งสับปะรดได้ประมาณ 120-150 กิโลกรัม ให้แห้งในระยะเวลา 3-5 วัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็มีคุณภาพดีกว่าที่ได้จากการตากแดดธรรมชาติ

เนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ Esper (1995) ปรับปรุงขึ้นยังคงมีราคาค่อนข้างแพง อีกทั้งยังมีปัญหาการใช้งานในประเทศไทยซึ่งมีฤดูฝนยาวนานถึง 6 เดือน ดังนั้น Janjai et al. (1998) จึงได้ปรับปรุงเครื่องอบแห้งดังกล่าวอีกครั้งหนึ่งโดยใช้แผ่นฉนวนด้านหลังทำด้วยใยแก้วปิดด้วยแผ่นสังกะสี ซึ่งมีราคาถูกกว่าแผ่นโฟมโพลียูรีเทน นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งเครื่องให้ความร้อนด้วยแก๊สที่บริเวณรอยต่อระหว่างส่วนแผงรับรังสีและส่วนอบแห้ง นอกจากนี้แล้วยังได้เปลี่ยนจากการใช้พลาสติกแบบมีโพรงอากาศ (bubble foil) ที่ใช้คลุมด้านบนให้เป็นพลาสติกใสแบบทนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV-stabilized plastic sheet) ลักษณะของเครื่องอบแห้งที่ปรับปรุงแล้วแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาขึ้นโดย Janjai et al. (1998)

เครื่องอบแห้งที่ Janjai et al. (1998) ปรับปรุงแล้วได้นำไปติดตั้งใช้งานจริงหลายแห่ง เช่นที่ กลุ่มบ้านอำเภอกงไกรลาส จังหวัดสุโขทัย 2 เครื่อง ที่บ้านใหม่สามัคคี อำเภोज้ำห่ม จังหวัดลำปาง 2 เครื่อง ที่วังวี รีสอร์ท อำเภอมือง จังหวัดนครนายก 1 เครื่อง และที่โครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ อำเภอกงสุมาลย์ จังหวัดสกลนคร 1 เครื่อง



รูปที่ 2.21 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาโดย Janjai et al. (1998) และติดตั้งใช้งานที่ กลุ่มแม่บ้านอำเภอกงไกรลาส จังหวัดสุโขทัย



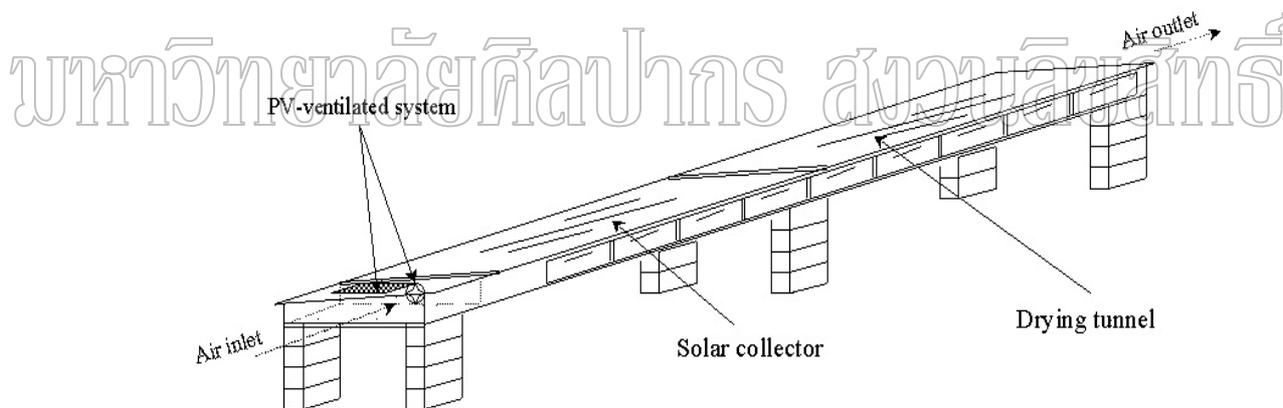
รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาโดย Janjai et al. (1998) และติดตั้งใช้งานที่
กลุ่มแม่บ้านอำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



รูปที่ 2.23 แสดงเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่พัฒนาโดย Janjai et al. (1998) และติดตั้งใช้งานที่
โครงการสมเด็จพระพรรัตนราชสุตาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดสกลนคร

ต่อมาพบว่าเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ใช้พื้นพลาสติกอ่อนคลุมด้านบนมักมีปัญหาจึกขาดง่าย มีน้ำฝนซังทำให้หย่อนและเกิดการรั่ว ดังนั้น (Janjai and Kaewpresert , 2006) จึงได้ใช้โพลีคาร์บอเนตแทนแผ่นพลาสติก ซึ่งแผ่นโพลีคาร์บอเนตมีคุณสมบัติ เป็นฉนวนลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากแผ่นโพลีคาร์บอเนตจะมีช่องอากาศอยู่ภายในซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อนและแผ่นโพลีคาร์บอเนตยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีกคือ ยืดหยุ่น คัดโค้งได้ง่าย และมีน้ำหนักเบา นอกจากนี้ยังติดตั้งพัฒนาระบายอากาศขึ้นจากเครื่องอบแห้งออกสู่ภายนอก โดยพัฒนาที่ใช้งานจะใช้กำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ การที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงานเนื่องจากว่า สะดวกที่จะนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลจากที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ โดยความเร็วของพัดลมนั้นจะขึ้นอยู่กับพลังงานไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์ผลิตได้ในขณะนั้น กล่าวคือถ้าในขณะนั้นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนแผงโซลาร์เซลล์มีปริมาณมากแผงโซลาร์เซลล์ก็จะให้พลังงานไฟฟ้าที่มีปริมาณที่มากซึ่งส่งผลทำให้พัดลมหมุนด้วยความเร็วที่มากขึ้นตามไปด้วย เครื่องอบแห้งที่ทำการปรับปรุงแล้วแสดงดังรูปที่ 2.24 และ 2.25 ตามลำดับ



รูปที่ 2.24 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวน โปร่งแสง (Janjai and Kaewpresert , 2006)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.25 แสดงภาพถ่ายเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ลมที่ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสง