

บทที่ 2

งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานแสงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นกลุ่มก๊าซร้อนรูปทรงกลมมีความหนาแน่นสูงประมาณ 100 เท่าของความหนาแน่นน้ำ ดวงอาทิตย์เปรียบได้กับเตาปฏิกรณ์ที่เกิดปฏิกิริยาฟิวชั่นของก๊าซที่เป็นส่วนประกอบต่อเนื่อง ปฏิกิริยาที่สำคัญคือการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจนกลายเป็นก๊าซฮีเลียม ซึ่งมวลของนิวเคลียสของก๊าซฮีเลียมนี้มีค่าน้อยกว่ามวลของก๊าซไฮโดรเจน ดังนั้นมวลของไฮโดรเจนที่หายไปจากกระบวนการฟิวชั่นนั้นจะเปลี่ยนอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เองจะเกิดภายในดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิหลายล้านองศาเคลวิน จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนมาที่ผิวของดวงอาทิตย์และแผ่ออกสู่อวกาศจนถึงโลก

การแผ่ความร้อนของดวงอาทิตย์จะอยู่ในรูปของการแผ่รังสีโดยจะแผ่รังสีผ่านชั้นบรรยากาศของโลกและแผ่รังสีลงสู่พื้นโลกอีกครั้งหนึ่ง การแผ่รังสีนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

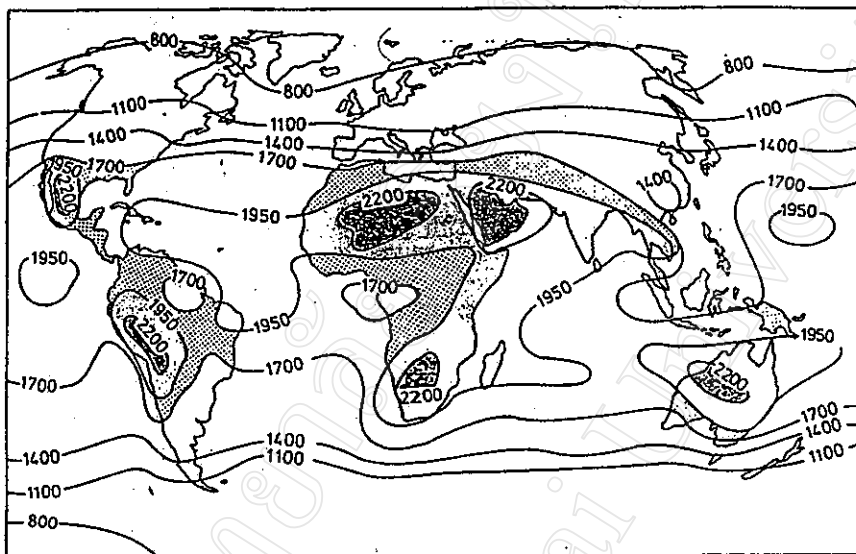
2.1.1 การแผ่รังสีตรง(Beam or Direct Radiation) คือ รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาใดเวลาหนึ่งซึ่งทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์

2.1.2 รังสีกระจาย(Diffuse Radiation)คือ รังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่างๆที่อยู่ในแนวทางการเดินทางก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทางของท้องฟ้า

2.1.3 รังสีรวม(Total or Global Radiation)คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลกเรียกรังสีรวมนี้ว่า Total Radiation (จงจิตร์, 2540)

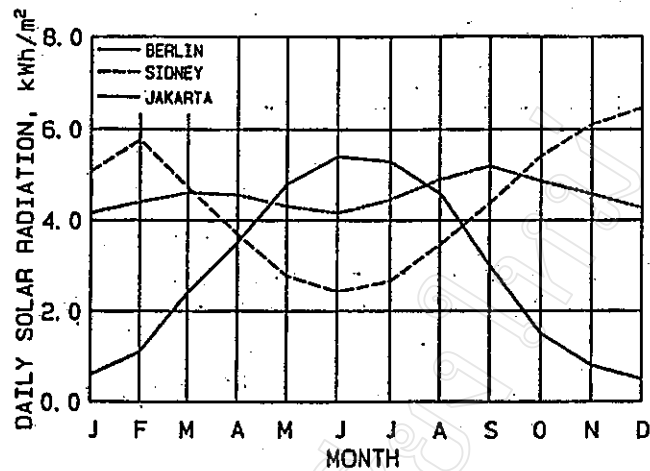
ค่าความเข้มของแสงที่แผ่ลงมายังโลกนั้นยังขึ้นกับระยะห่างจากโลกกับดวงอาทิตย์และขึ้นอยู่กับมุมเอียงของโลก ดังนั้นค่าความเข้มของรังสีจะแตกต่างกันตามฤดูกาลและตำแหน่งของรังสีที่กระทบสู่ผิวโลก(ตามภูมิภาคของโลก) ดังรูปที่ 2.1 แสดงปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบตามภูมิ

ภาคของโลก จากรูปที่ 2.1 ค่าความเข้มของแสงในหน่วย W/m^2 ในแต่ละภูมิภาคมีปริมาณความเข้มของแสงไม่เท่ากัน เนื่องจากในแต่ละภูมิภาคตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน ประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรก็จะมีโอกาสที่จะได้รับปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์สูงกว่าประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตเหนือเส้นศูนย์สูตร ทำให้ปริมาณความเข้มของแสงนั้นแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค แต่ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรจึงทำให้ปริมาณความเข้มของแสงสูงซึ่งสามารถนำไปเป็นแหล่งพลังงานการอบแห้งได้



รูปที่ 2.1 แสดงปริมาณความเข้มของแสงเฉลี่ยทั่วโลก

Werner et al. (1996) กล่าวถึงค่าปริมาณรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยในแต่ละเดือนในเมืองเบอร์ลิน ชิดนี้อยู่และจากตารางที่ 2.2 ว่า ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ของเมืองจากตารางในแต่ละเดือนมีค่าแตกต่างกันไม่มากนักคือ เดือนที่มีปริมาณความเข้มของแสงน้อยที่สุดคือเดือนมิถุนายนมีปริมาณ $4.2 \text{ kWh}/m^2$ และที่ปริมาณความเข้มของแสงสูงสุดในเดือนกันยายนมี ปริมาณ $5 \text{ kWh}/m^2$ ส่วนในเมืองเบอร์ลินและเมืองชิดนี้อยู่มีค่าปริมาณความเข้มของแสงแตกต่างกันอย่างมากในแต่ละเดือน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (รวมทั้งประเทศไทย) ในแต่ละเดือนน่าจะมีปริมาณความเข้มของแสงค่อนข้างเท่ากันในแต่ละฤดูกาลซึ่งมีประโยชน์ต่อการอบแห้งคือมีปริมาณความเข้มของแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.2 แสดงความแตกต่างปริมาณความเข้มของแสงในแต่ละเดือน

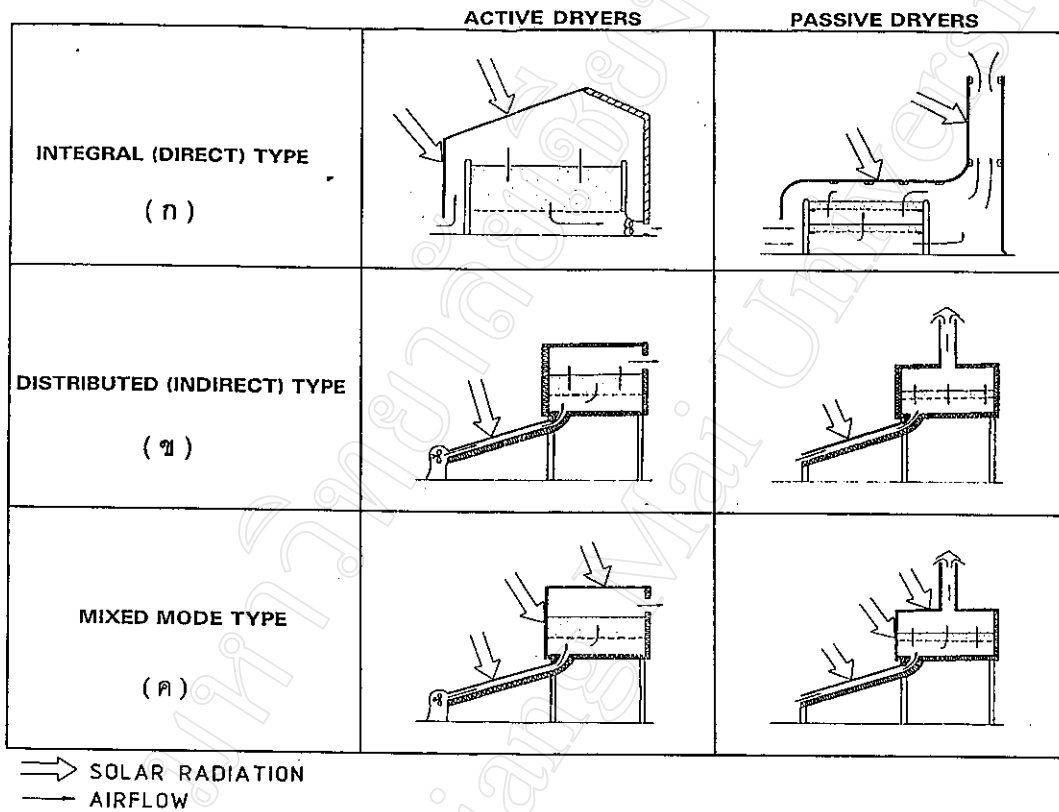
2.2 การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ในปัจจุบันเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท แต่จากการสำรวจสามารถสรุปการแบ่งประเภทของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

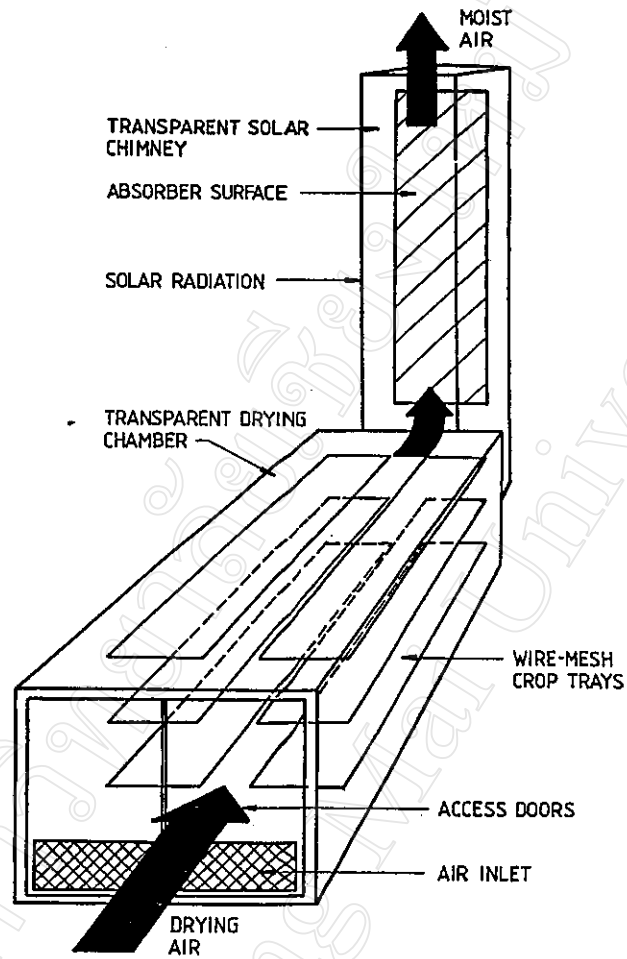
1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct type) เครื่องอบประเภทนี้จะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ช่องอากาศเข้า ใช้วัสดุใสทำเป็นหลังคาและช่องระบายอากาศ รังสีดวงอาทิตย์จะทะลุผ่านหลังคาไปสัมผัสกับวัสดุที่นำมาอบแห้งโดยตรง การระเหยน้ำออกจากวัสดุเกิดขึ้นความร้อนจากแสงอาทิตย์ และอากาศภายในสามารถระบายออกไปทาง ช่องระบายอากาศ ดังรูป 2.3.ก

1.1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นแบบนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิกล่าวคือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ เครื่องอบแห้งแบบนี้มีต้นทุนต่ำดูแลรักษาง่าย แต่มีข้อเสียคือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารมีค่าน้อยทำให้ มีประสิทธิภาพในการอบแห้งต่ำ

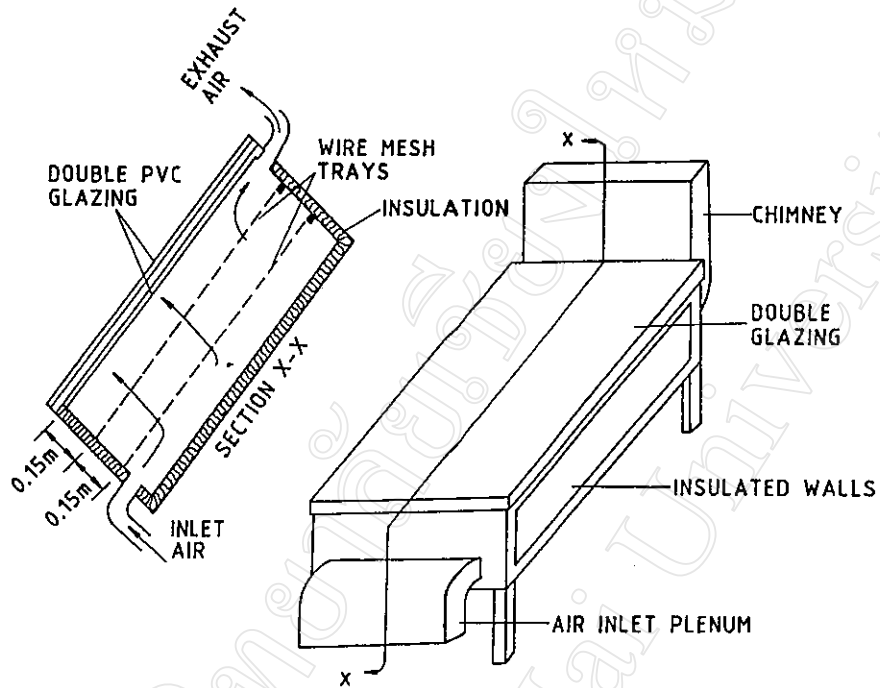
1.1.1) แบบมีปล่องระบายอากาศ การสร้างปล่องระบายอากาศขึ้นเพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่และการระบายอากาศภายในเครื่องอบเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้นซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพอบแห้ง ปล่องระบายอากาศนี้เปรียบเสมือนส่วนประกอบของช่องระบายอากาศ เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ทั่วๆไป เพื่อที่จะนำอากาศที่รับความชื้นภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ออกไปสู่ภายนอกเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรูป 2.4 ,2.5 และ 2.6



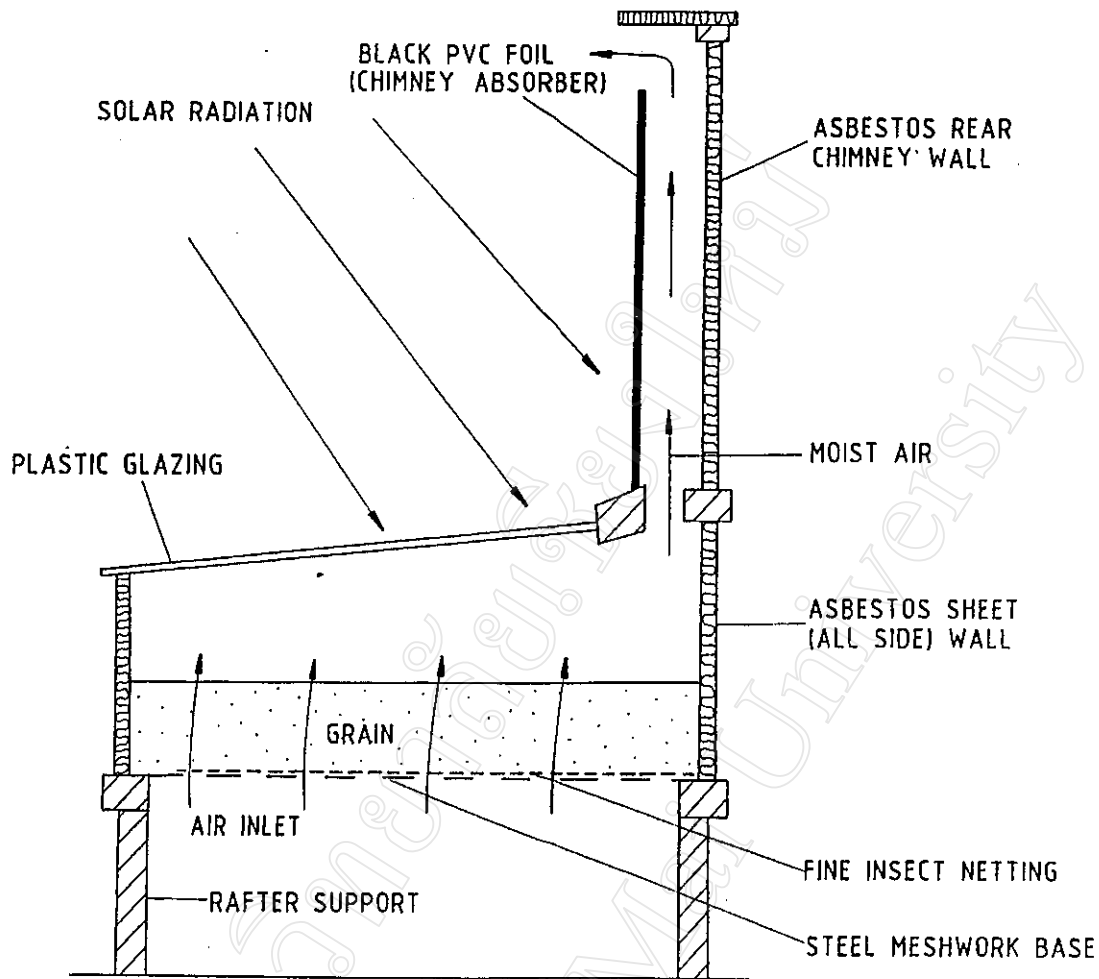
รูปที่ 2.3 แสดงการแบ่งประเภทเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 2.4 เครื่องอบแบบ Natural – circulation solar energy dryer(direct type)



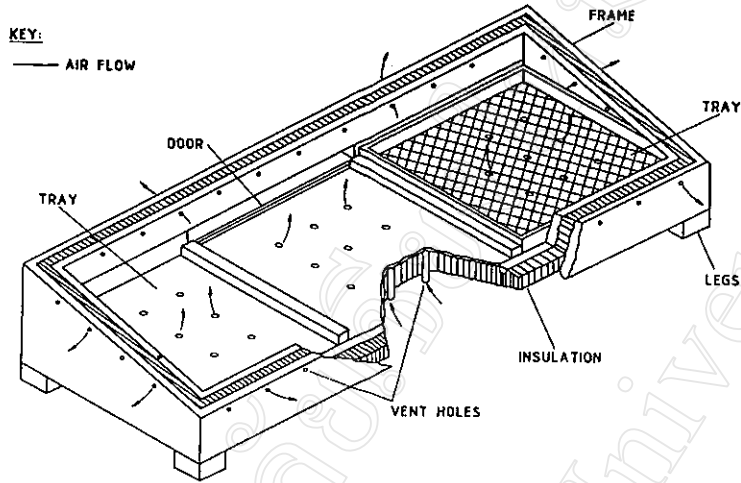
รูปที่ 2.5 เครื่องอบแบบ Modified natural – circulation solar energy cabinet(Ezekwe,1999)



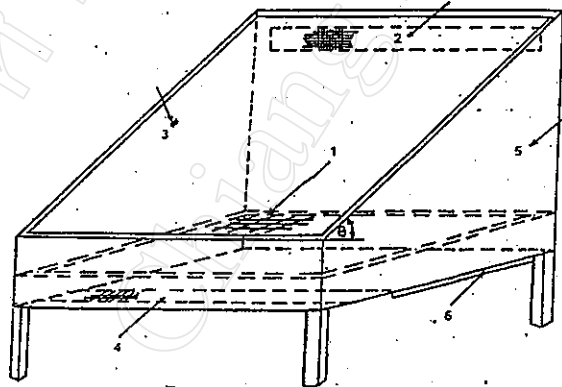
รูปที่ 2.6 เครื่องอบแบบ Solar energy cabinet with chimney (Gustafsson,1999)

1.1.2) แบบไม่มีปล่องระบายอากาศ โดยมากจะเป็นเครื่องอบที่มีขนาดเล็กมีลักษณะเป็นตู้อบ (Cabinet dryer) ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8 แต่เครื่องอบชนิดนี้จะมีช่องระบายอากาศซึ่งทำหน้าที่เช่นเดียวกับปล่องระบายอากาศคือ นำอากาศที่รับความชื้นจากวัสดุที่นำมาอบออกไปสู่ภายนอกเครื่องอบ

1.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นถูกบังคับ เครื่องอบชนิดนี้จะใช้พัดลมช่วยในการไหลของอากาศ ทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเอนมวลสารสูงซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งแต่มีข้อเสียคือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในส่วนของพัดลมและเรื่องการดูแลรักษา ดังรูปที่ 2.9

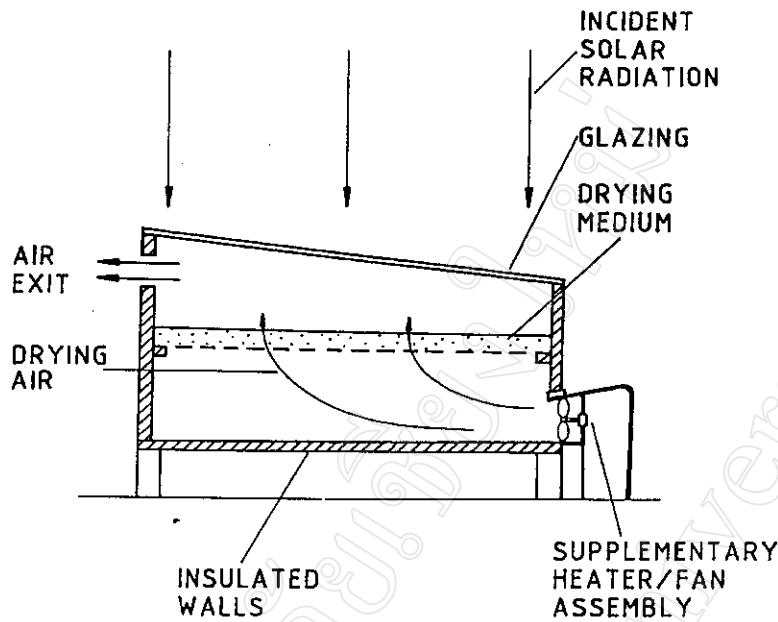


รูปที่ 2.7 เครื่องอบแบบ Natural – circulation solar energy cabinet dryer
(Pangavhane and Sawhney, 2002)



1. ตะแกรง
2. ช่องระบายอากาศออก
3. ฝาปิด
4. ช่องให้อากาศไหลเข้า
5. ทาสีดำ
6. ถาด

รูปที่ 2.8 เครื่องอบแห้งแบบ cabinet dryer (วารุณี, 2524)



รูปที่ 2.9 เครื่องอบแบบ Active solar energy dryer cabinet dryer (Bassey,1999)

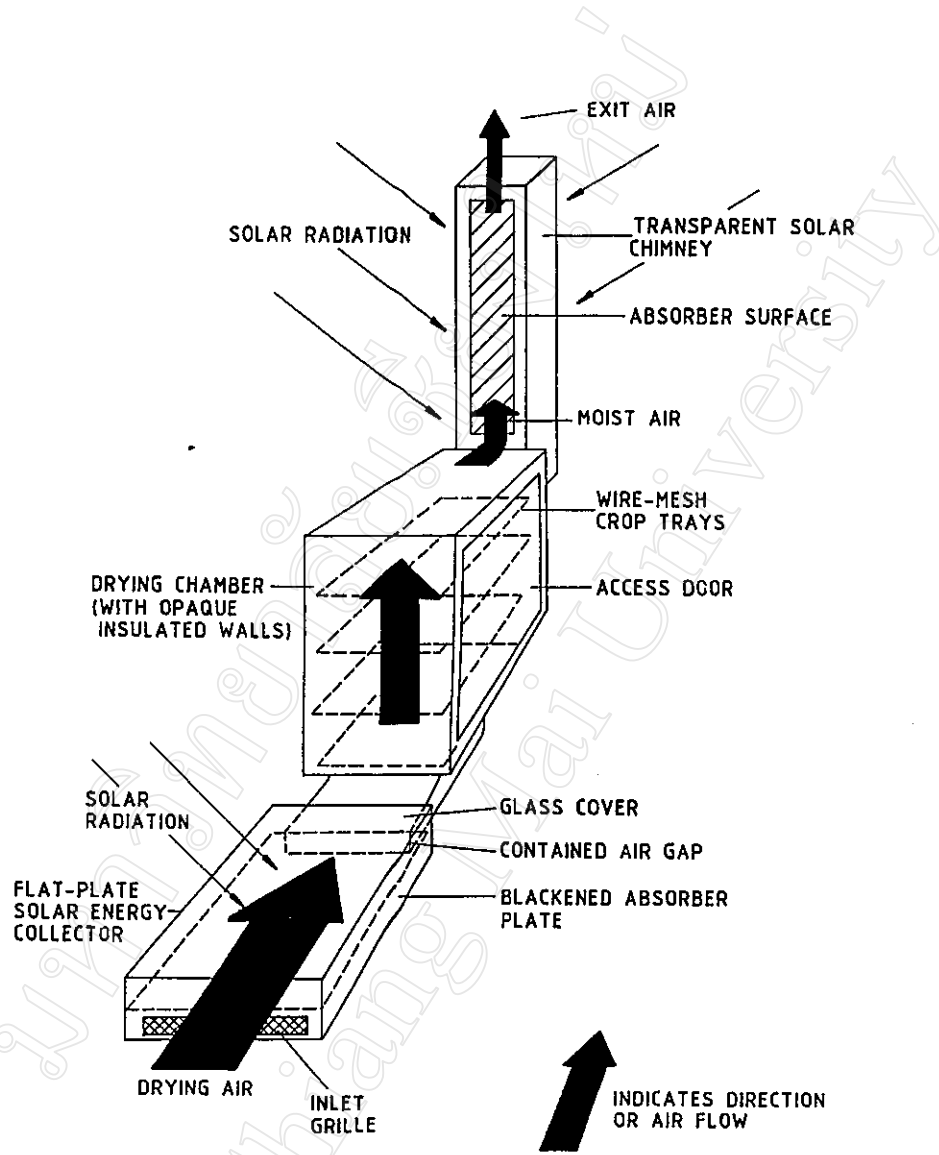
2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type)

เครื่องอบประเภทนี้ประกอบด้วย ส่วนรับรังสีแสงอาทิตย์ พัดลม และห้องอบแห้ง ห้องอบแห้งนั้นจะป้องกันมิให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาสัมผัสกับวัสดุที่นำมาอบโดยตรง การอบแห้งจะอาศัยความร้อนจากพื้นที่รับแสงเป็นหลักคือ ส่วนรับแสงจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศแล้วจึงไหลผ่านไปยังวัสดุในห้องอบแห้ง ดังรูปที่ 2.3.ข

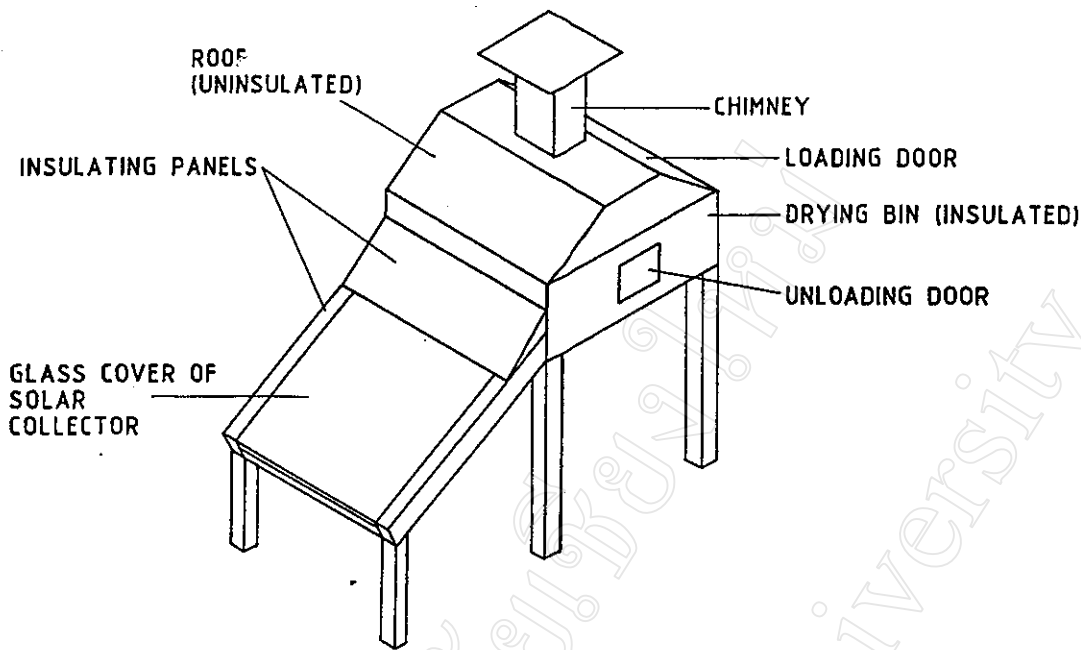
2.1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type)

ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ ลักษณะการไหลของอากาศจะเป็นไปโดยธรรมชาติ เครื่องอบประเภทนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือพื้นที่รับแสง ห้องอบแห้ง ช่องระบายอากาศ แต่จะมีจุดเด่นที่ห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุทึบแสงที่ป้องกันแสงอาทิตย์ผ่านทะลุได้

2.1.1) แบบมีปล่องระบายอากาศ การทำปล่องขึ้นเพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่และการระบายอากาศภายในเครื่องอบไหลได้ดียิ่งขึ้นซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพอบแห้งปล่องนี้เปรียบเสมือนส่วนประกอบของช่องทางออกของอากาศเครื่องอบ เพื่อนำอากาศภายในเครื่องอบที่รับความชื้นจากวัสดุที่นำมาอบออกไปสู่ภายนอกเครื่องอบ ดังรูป 2.10 และ 2.11



รูปที่ 2.10 เครื่องอบแบบ Typical distributed natural circulation solar energy



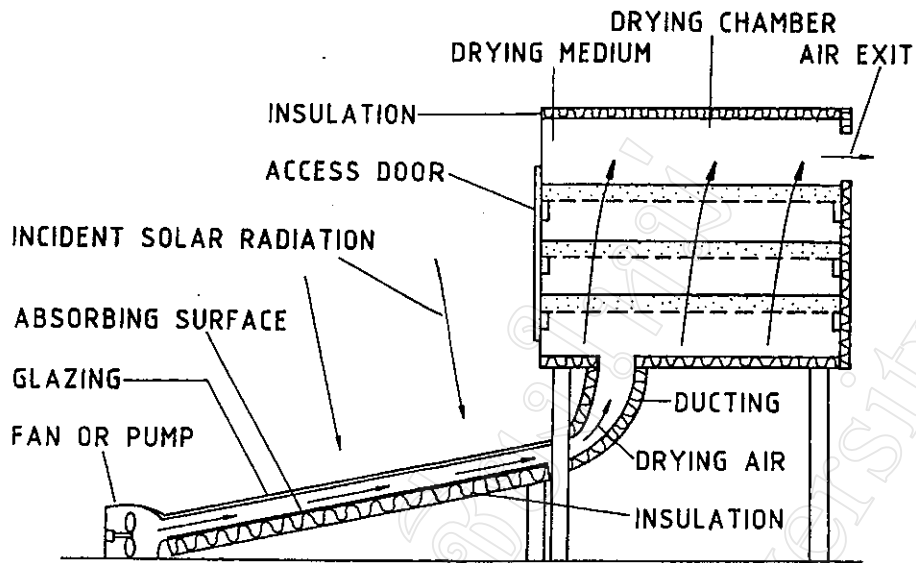
รูปที่ 2.11 เครื่องอบแบบ A distributed type natural circulation solar maize dryer
(Othieno et.al.1999)

2.1.2) แบบไม่มีปล่อง หลักการทำงานเช่นเดียวกับแบบมีปล่องระบายอากาศแต่จะ
ใช้ทำเป็นช่องระบายอากาศให้อากาศไหลผ่านได้ ซึ่งเหมาะกับเครื่องอบที่มีขนาดเล็กๆ

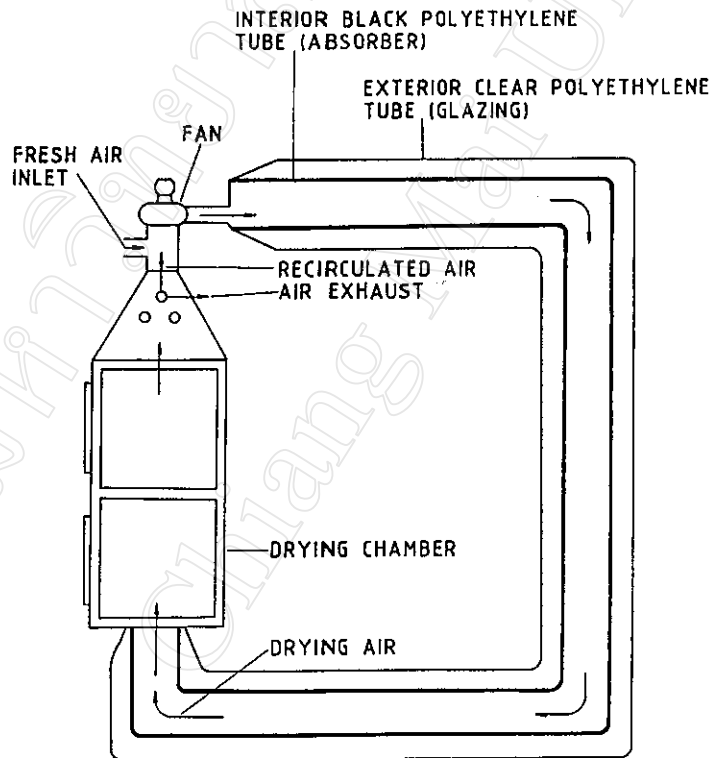
2.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type)
ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบถูกบังคับ การบังคับอากาศทำได้โดยการใช้พัดลม คือใช้
พัดลมช่วยให้อากาศเคลื่อนที่ ทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเณมวลสารสูงซึ่ง
เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งแต่มีข้อเสียคือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในส่วนของพัดลมและ
เรื่องการดูแลรักษาเช่นเดียวกับเครื่องอบแบบแรกข้างต้น ดังรูปที่ 2.12, 2.13 ,2.14 และ 2.15

3) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยผสม (Mixed type)

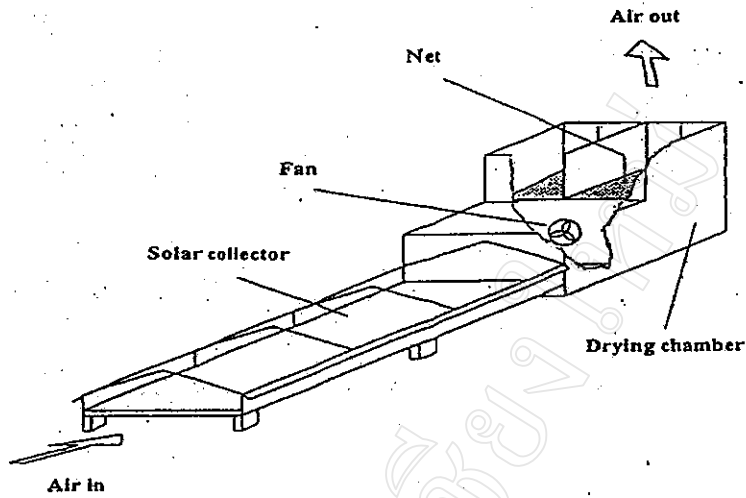
เป็นการนำหลักการของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบแรกและแบบที่สองมาใช้ร่วมกัน คือ
ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงและ ได้จากอากาศร้อนที่ไหลผ่านส่วนที่รับรังสี ดังรูปที่ 2.3.ค



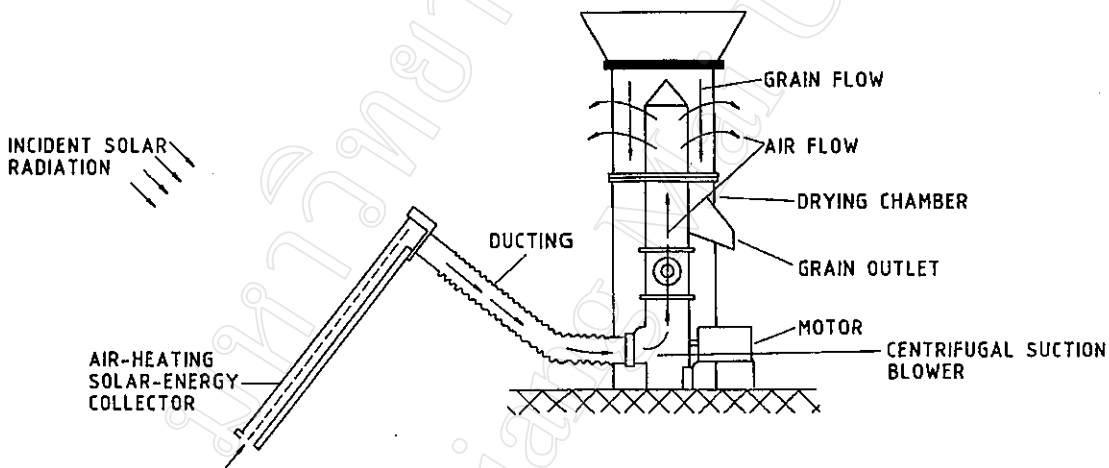
รูปที่ 2.12 เครื่องอบแบบ Distributed - type active solar energy dryer



รูปที่ 2.13 เครื่องอบแบบ Dehydrator with partial air re-circulation (Boli et.al.1999)



รูปที่ 2.14 เครื่องแห้งตะไคร้พลังงานแสงอาทิตย์ วิชัย (2542)



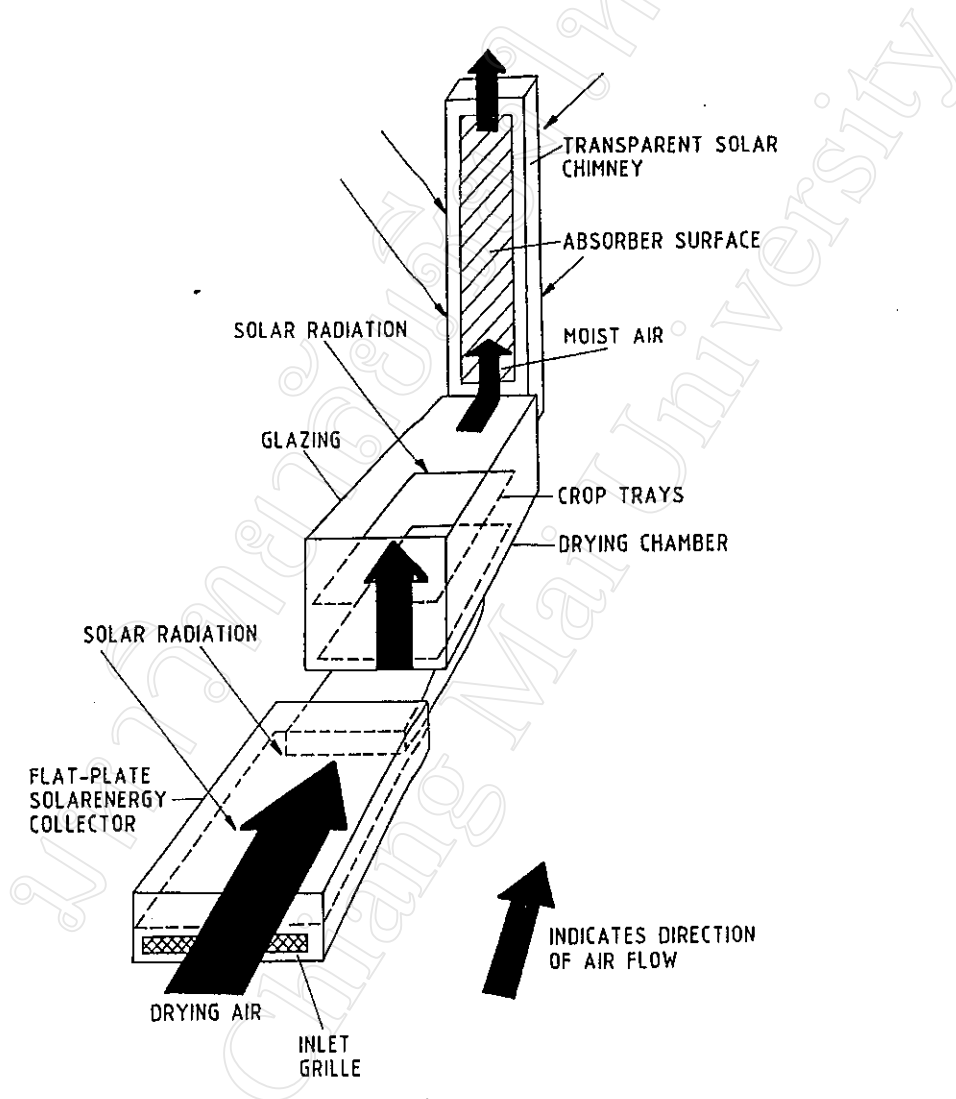
รูปที่ 2.15 เครื่องอบแบบ A continuous flow active grain dryer(Calderwood,1999)

3.1)เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ รับรังสีดวงอาทิตย์โดยผสม (Mixed type)ประเภท การไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ

3.1.1) แบบมีปล่องระบายอากาศ ดังรูป 2.16 ,2.17 , 2.18 และ 2.19

3.1.2) แบบไม่มีปล่องระบายอากาศ คือจะใช้ช่องระบายอากาศซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องอบทำหน้าที่ระบายอากาศภายในเครื่องอบออกสู่ภายนอก

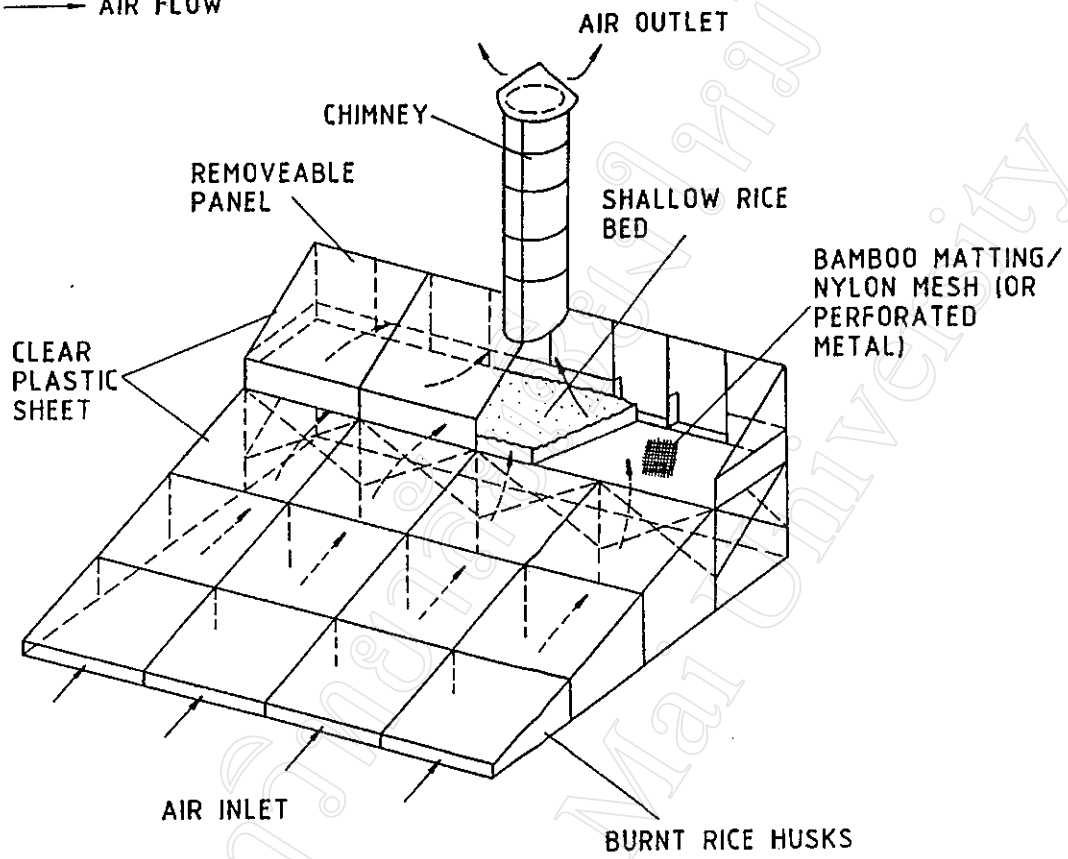
3.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบรับรังสีดวงอาทิตย์โดยผสม (Mixed type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบถูกบังคับ เพื่อนำให้การไหลของอากาศทำให้อากาศมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและถ่ายเมฆมวลสารสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการอบแห้งนั้นดียิ่งขึ้น ดังรูป 2.20 และ 2.21



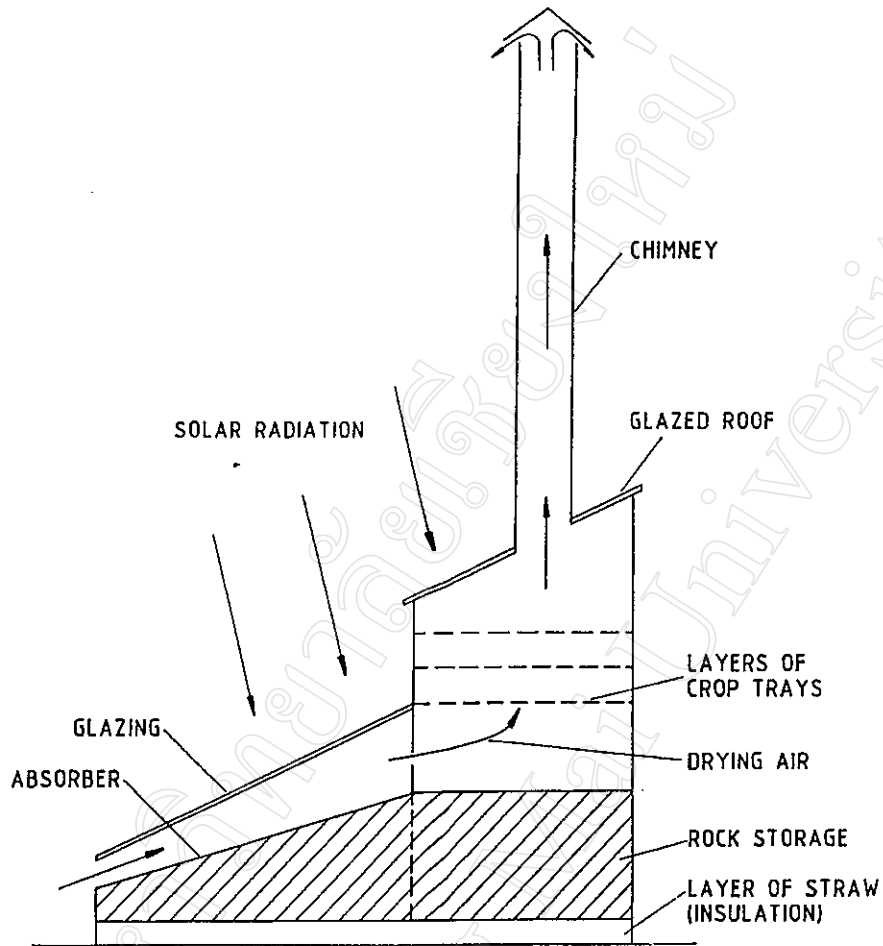
รูปที่ 2.16 เครื่องอบแบบ Mixed mode natural circulation solar energy (Fleming et.al.1999)

KEY:

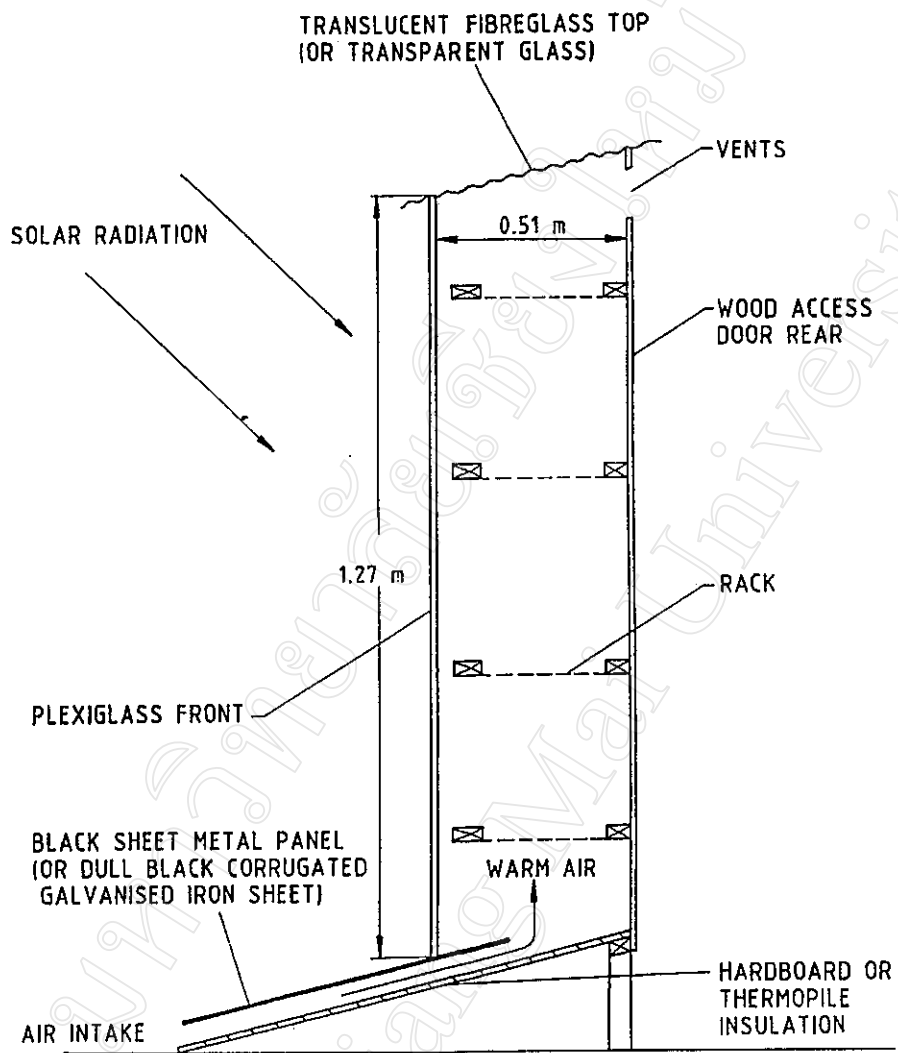
—→ AIR FLOW



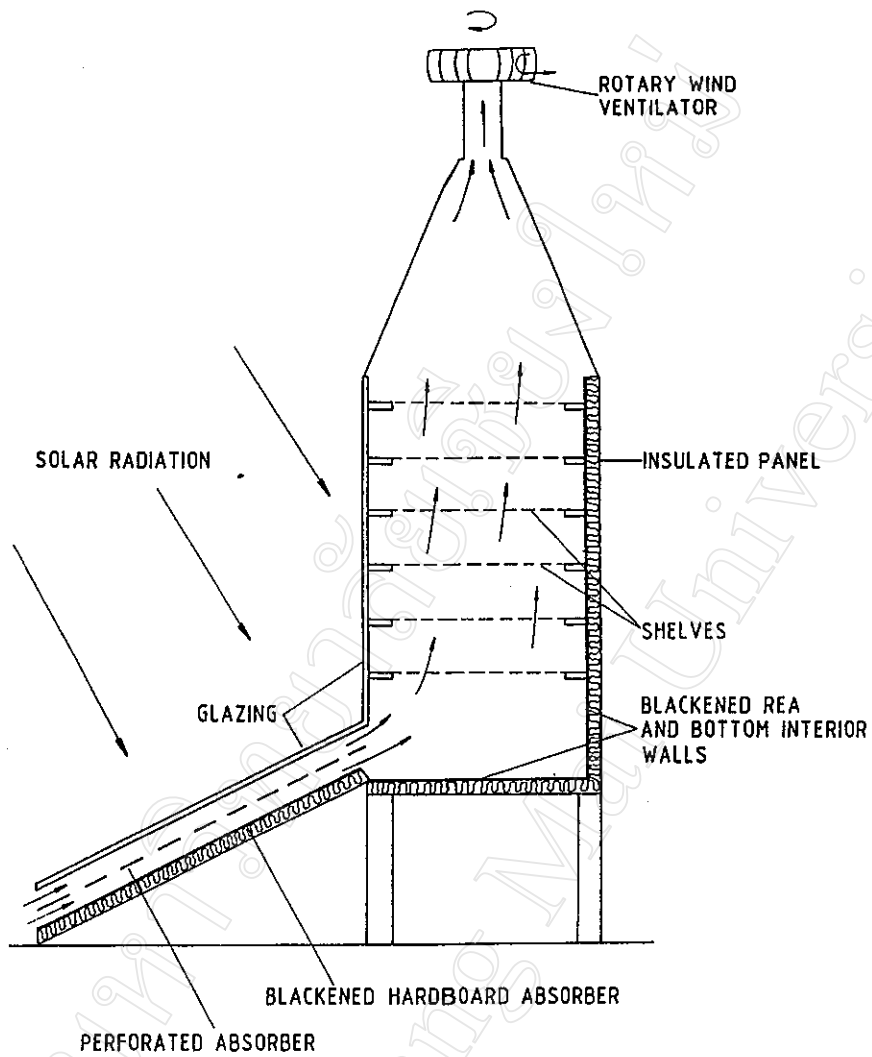
รูปที่ 2.17 เครื่องอบแบบ A mixed mode natural circulation solar rice dryer
(Exell et.al. 2542)



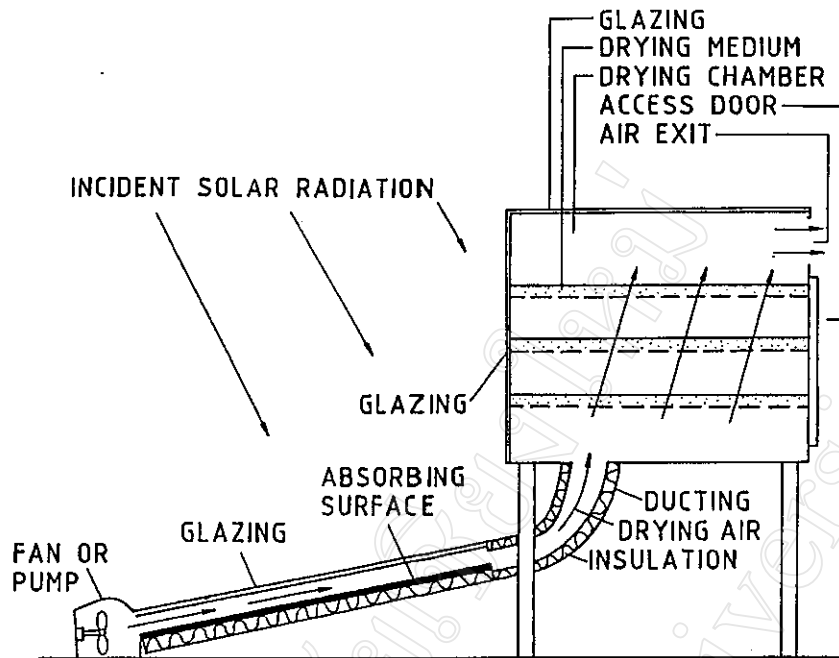
รูปที่ 2.18 เครื่องอบแบบ A mixed mode natural circulation solar energy dryer with thermal storage (Akwasi, 1997)



รูปที่ 2.19 เครื่องอบแบบ A multi stacked mixed mode natural circulation
(Wibulswas and Thaina, 1999)



รูปที่ 2.20 เครื่องอบแบบ Mixed mode wind ventilated solar dryer (Kilkis,1999)



รูปที่ 2.21 เครื่องอบแบบ Mixed mode active solar energy dryer (Selcuk et.al.1999)

4) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house

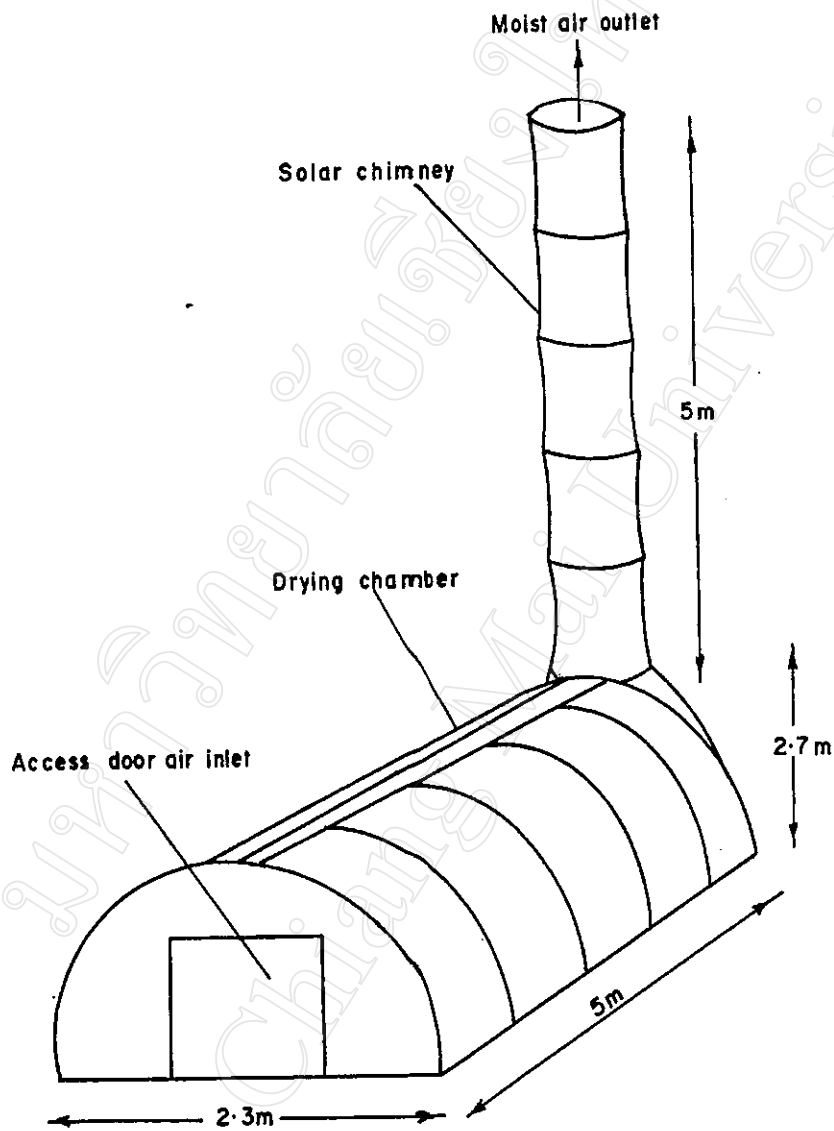
เครื่องอบประเภทนี้มีลักษณะคล้ายบ้านหรือโรงเรือนแต่มีจุดเด่นคือ หลังคานั้นจะปิดด้วยวัสดุโปร่งแสงเช่น กระดาษหรือพลาสติกใสเพื่อให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในเครื่องอบ และมีช่องให้อากาศได้ระบายออกได้เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และถ่ายอากาศภายในโรงเรือนดีขึ้น

4.1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house ชนิดรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct type) คือได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้โดยตรง เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house นี้บางแบบจะปิดด้วยกระดาษหรือพลาสติกใส เพื่อเพิ่มปริมาณแสงอาทิตย์ให้ผ่านเข้ายังภายในได้มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณความร้อนที่ได้รับเพิ่มขึ้น

4.1.1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house ชนิดรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct type)ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ

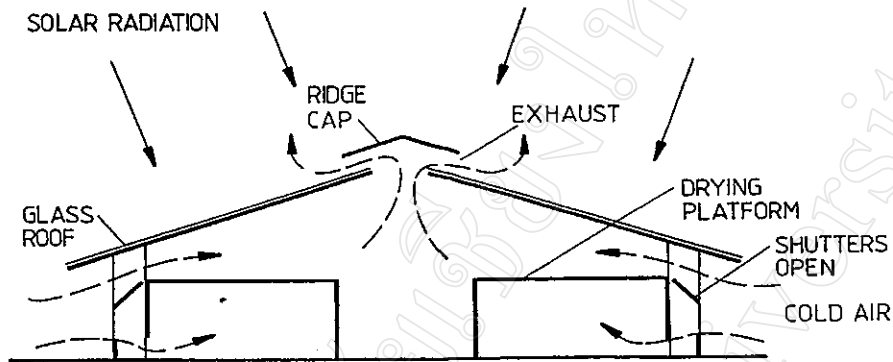
(ก) แบบมีปล่องระบายอากาศ เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house เครื่องอบแบบนี้จะเพิ่มปล่องระบายอากาศเพื่อทำให้การไหลของอากาศภายในโรงเรือนดีขึ้น ซึ่งเป็นส่วนประกอบแทนในส่วนของช่องระบายอากาศภายในโรงเรือนนั่นเอง ลักษณะปล่องระบายอากาศโดยมากจะติดตั้งอยู่ด้านบนสุดของโรงเรือน เนื่องจากอากาศร้อนจะมีความหนาแน่นต่ำทำให้มีความ

ต้องการไหลไปที่มีความหนาแน่นสูงกว่าจึงลอยตัวสูงขึ้น ปล่องจึงต้องติดตั้งอยู่เหนือสุดของโรงเรือน
 ดังรูป 2.22

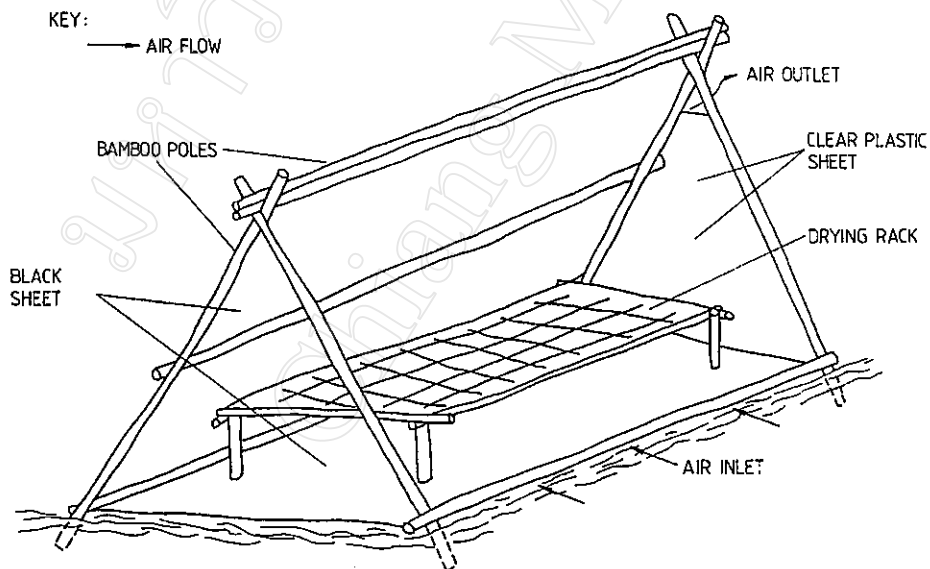


รูปที่ 2.22 เครื่องอบแบบ A greenhouse type natural circulation solar energy dryer
 (Ekechukwa and Norton, 1999)

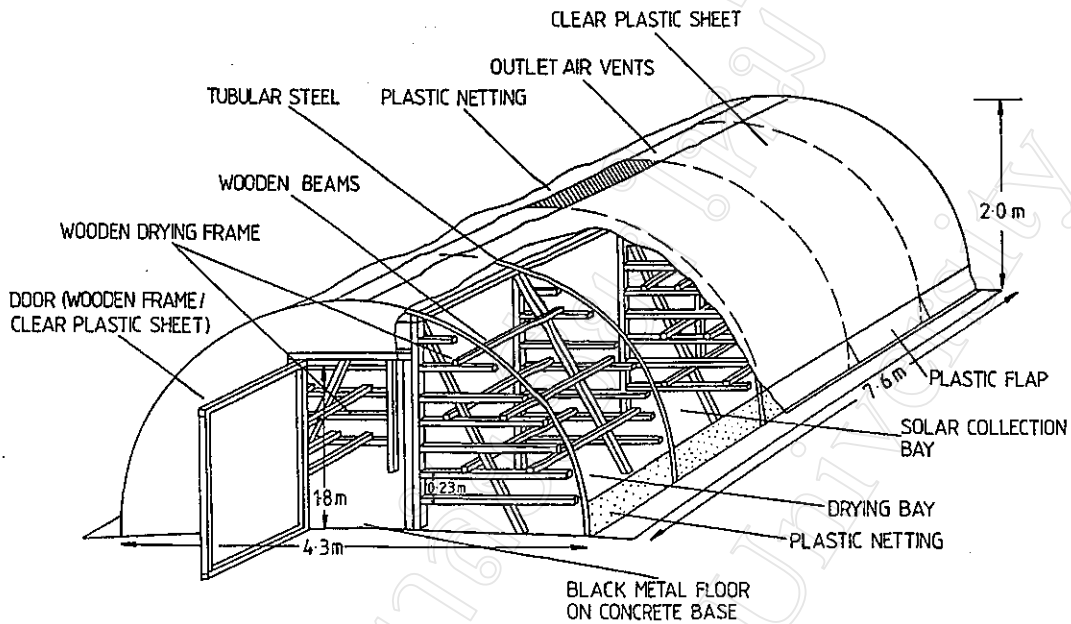
(ข) แบบไม่มีปล่อง คือจะใช้ช่องระบายอากาศซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องอบ ช่องนี้จะติดตั้งอยู่บริเวณบนสุดของโรงเรือน โดยทำเป็นช่องขนาดพอเหมาะตามขนาดของโรงเรือน ทำหน้าที่เช่นเดียวกับปล่องระบายอากาศ เครื่องอบแบบนี้อาจสร้างได้ง่ายในแบบลักษณะเต็นท์ทั่วไป ซึ่งอาจเป็นทรงกลมหรือทรงเหลี่ยมได้ ดังรูป 2.23, 2.24 และ 2.25



รูปที่ 2.23 เครื่องอบแบบ Natural circulation glass roof solar energy green house dryer
(Pangavhane and Sawhney, 2002)

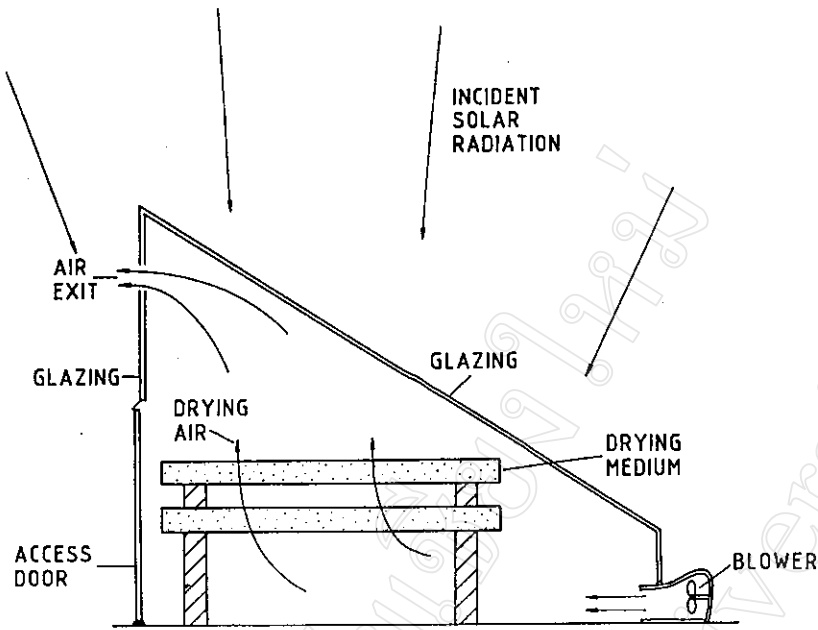


รูปที่ 2.24 เครื่องอบแบบ Polythene tent dryer (Doe, 1999)

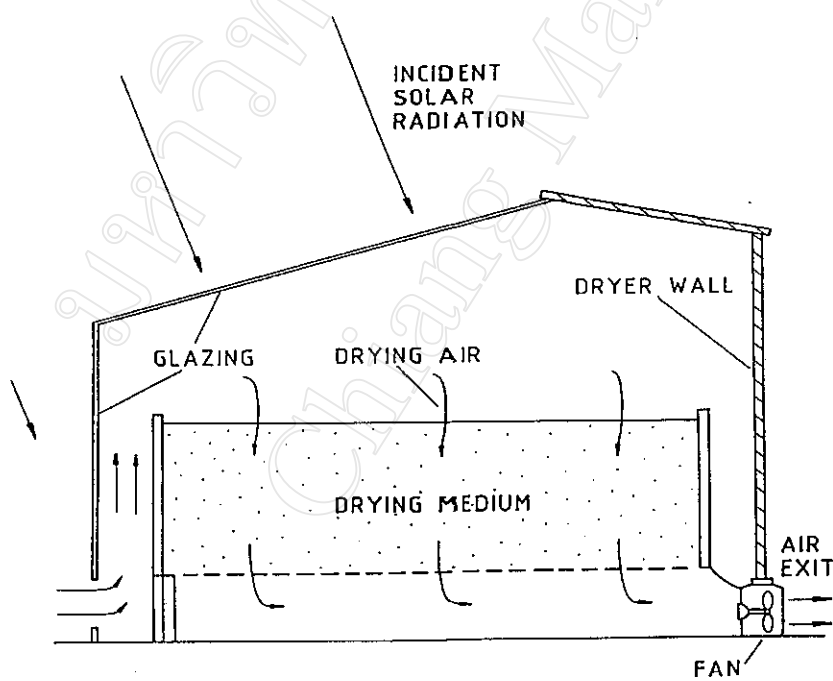


รูปที่ 2.25 เครื่องอบแบบ Natural circulation solar dome dryer (Sachithanathan et al, 1999)

4.1.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house ชนิดรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบบังคับ ใช้หลักการที่กล่าวข้างต้น คือใช้พัดลมสร้างแรงดันให้อากาศภายในเกิดการเคลื่อนที่ สามารถออกแบบการบังคับให้อากาศไหลของอากาศได้โดยสามารถติดตั้งพัดลมได้หลายแบบ เช่น ในแบบลักษณะดูดอากาศร้อนภายในเครื่องอบให้ผ่านวัสดุที่นำมาอบแห้ง หรือใช้อากาศร้อนภายในเครื่องอบเป่าผ่านวัสดุอบแห้งดังรูปที่ 2.26 และ 2.27



รูปที่ 2.26 เครื่องอบแบบ A forced convection greenhouse dryer (Taylor and Weir, 1999)

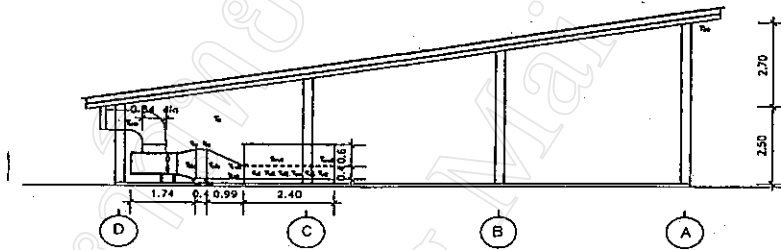


รูปที่ 2.27 เครื่องอบแบบ A force convection transparent roof solar (Shove et.al. 1999)

4.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house ประเภทรับพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type) เครื่องอบแบบนี้ประกอบด้วย ส่วนรับรังสีแสงอาทิตย์, พัดลมและห้องอบแห้ง ห้องอบแห้งนั้นจะป้องกันไม่ให้แสงอาทิตย์ผ่านเข้ามาสัมผัสกับวัสดุที่นำมาอบได้โดยตรง การอบแห้งจะอาศัยความร้อนจากพื้นที่รับแสงเป็นหลักคือ ส่วนรับแสงจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศแล้วจึงไหลผ่านไปยังวัสดุในห้องอบแห้ง

4.2.1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house ประเภทรับรังสีดวงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type) ชนิดการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ

4.2.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ green house ประเภทรับรังสีดวงอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type) ชนิดการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบบังคับหลังคาเป็นพื้นที่รับแสงทาสีดำและปิดด้วยกระจก พัดลมจะดูดอากาศร้อนจากพื้นที่รับแสงเข้าสู่ห้องอบแห้ง ซึ่งวัสดุที่นำมาอบแห้งจะได้รับอากาศร้อนจากพื้นที่รับแสงเพียงอย่างเดียว ดังรูป 2.28

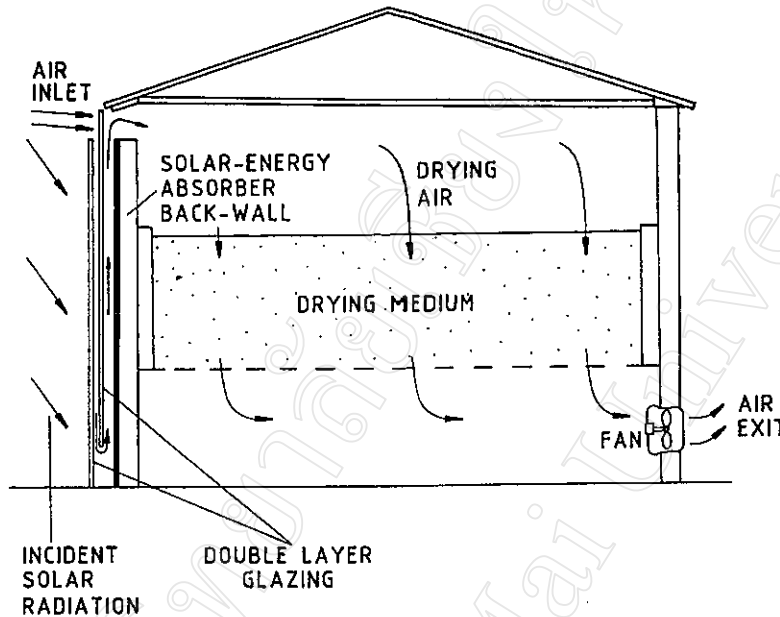


รูปที่ 2.28 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้น้ำเป็นหน่วยพลังงานเสริม (วินัส, 2542)

4.3) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house ชนิดรับรังสีดวงอาทิตย์โดยผสม (Mixed type) คือ ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม

4.3.1) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house ชนิดรับรังสีดวงอาทิตย์โดยผสม (Mixed type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบธรรมชาติ

4.3.2) เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบ Green house ชนิดรับพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยผสม (Mixed type) ประเภทการไหลของอากาศร้อนเป็นแบบบังคับ คือใช้พัดลมดูดอากาศร้อนภายในโรงเรือนให้ไหลผ่านวัสดุที่นำมาอบแห้งและไหลออกสู่ภายนอกโรงเรือน โดยที่จะได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์และพื้นที่รับแสง ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 Solar energy storage dryer (Ong,1999)

2.3 การออกแบบเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

Janjai and Esper (1999) กล่าวถึงการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ชนิดบังคับการไหลของอากาศว่า โครงสร้างของเครื่องสามารถทำจากอิฐหรือคอนกรีตหรือวัสดุที่ง่ายต่อการสร้าง ส่วนบริเวณรับความร้อนทำจากวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนแล้วทาสีดำเพื่อดูดซับความร้อนได้ดียิ่งขึ้น บริเวณที่ใช้อบผลิตภัณฑ์เช่นกันใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนและทนทานต่อสภาพอากาศต่างๆ ทางด้านบนปิดด้วยแผ่นพลาสติกชนิด PE หรือ PVC ก็ได้และยึดพลาสติกด้วยตัวหนีบยึดกับโครงสร้างอีกทีหนึ่ง โดยสามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อชำรุด ในกรณีที่เครื่องอบนี้ทำการอบในเขตร้อนชื้นแนะนำให้ส่วนปิดด้วยพลาสติกด้านบนเป็นรูปหลังคาสามเหลี่ยม ส่วนในเขตที่มีฝนตกน้อยให้ทำเป็นรูปอย่างง่ายคือปิดลงไปตามแนวระนาบ

หน้าที่สำคัญของของพื้นที่รับรังสีคือ ต้องดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีและขณะเดียวกันต้องป้องกันการสูญเสียความร้อนผ่านลงไปยังด้านล่างมากที่สุดเพื่อเก็บความร้อนที่ได้นำไปใช้ประโยชน์โดยทั่วไปพื้นที่รับรังสีจะประกอบด้วยตัวดูดซับรังสี(absorber) แผ่นปิดใส(transparent cover) อาจทำด้วยพลาสติกหรือกระจกโปรงแสงและฉนวนที่อยู่ทางด้านล่าง(insulator) รังสีจากดวงอาทิตย์จะตกกระทบในส่วนของแผ่นปิดใสและทะลุเข้ามา แต่จะมีการสะท้อนออกไปบางส่วนซึ่งการสะท้อนออกนี้มีค่าไม่มากนัก รังสีที่สามารถทะลุผ่านเข้ามาจะกระทบกับตัวดูดซับรังสี และถูกดูดซับรังสีไว้ รังสีที่ถูกดูดซับไว้จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและถ่ายเทให้กับอากาศเหนือตัวดูดซับรังสี ความร้อนที่เปลี่ยนมาจากรังสีแสงอาทิตย์บางส่วนจะสามารถผ่านทะลุตัวดูดซับรังสีไปได้ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้แผ่นฉนวนวางซ้อนด้านล่างตัวดูดซับรังสีเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน ที่สามารถผ่านทะลุออกทางด้านล่างสุดออกไปได้

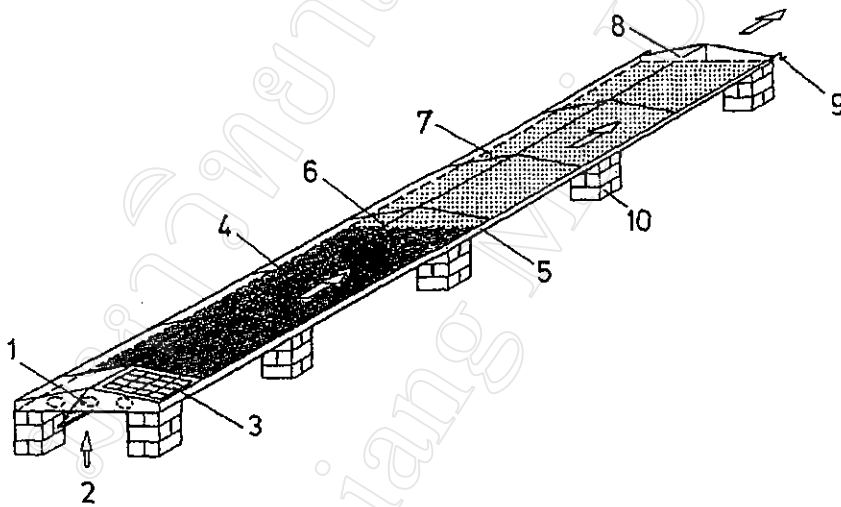
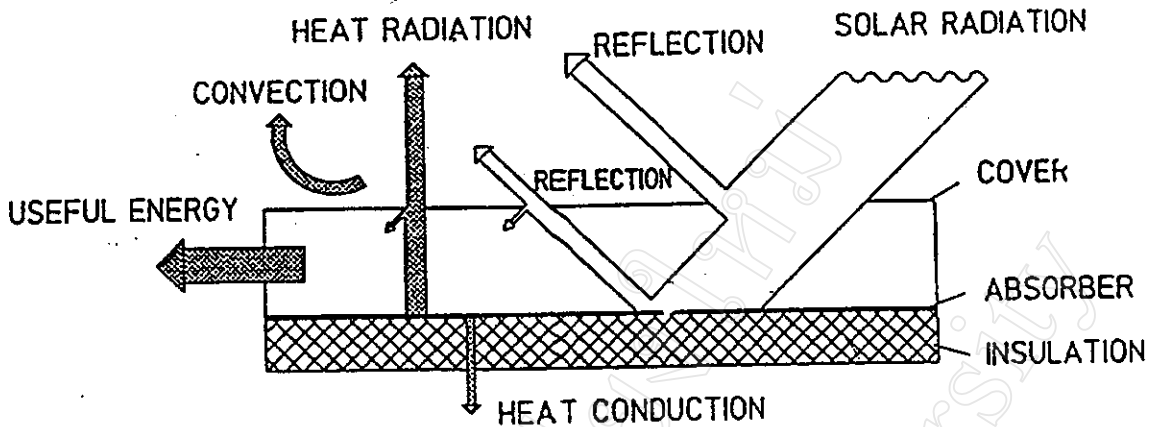


Fig. 1. Solar tunnel dryer: (1) fan, (2) inlet air, (3) solar cell module, (4) solar collector, (5) metal frame, (6) outlet of the collector, (7) drying tunnel, (8) outlet of drying tunnel, (9) rolling bar, (10) concrete block substructure.

รูปที่ 2.30 เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ (Janjai and Esper, 1999)



รูปที่ 2.31 การถ่ายเทความร้อนในพื้นที่รับรังสี

ส่วนประกอบหลักทั้ง 3 ส่วนมีควรรคุณสมบัติดังนี้

แผ่นปิดใส (Transparent cover) ควรมีคุณสมบัติทนทานต่อสภาพอากาศและลดการสูญเสียความร้อนเพื่อทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูง ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้ในส่วนนี้จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ยอมให้รังสีแสงอาทิตย์ผ่านได้สูง
- ควรดูดซับรังสีอินฟราเรตได้สูงและยอมให้รังสีอินฟราเรตผ่านได้ต่ำ
- ทนทานต่อสภาพอากาศ ต่างๆ ได้ดีเช่น ฝน ลม อุณหภูมิอากาศ
- ติดตั้งและทำความสะอาดง่าย
- น้ำหนักเบา

ฉนวนความร้อน (Insulation) ทำหน้าที่ลดการสูญเสียความร้อนจากตัวดูดซับรังสี ดังนั้นในส่วนประกอบนี้คุณสมบัติหลักคือไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านออกไปนั่นเอง ฉนวนความร้อนจึงต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- มีค่านำความร้อนที่ต่ำ
- ทนทานต่ออุณหภูมิสูง
- ดูดซับน้ำได้ต่ำ
- ป้องกันจากการกัดแทะจากหนูและแมลง

- ยากต่อการไหม้ไฟ
- การยืดและหดตัวต่ำ

ตัวดูดซับรังสี (Absorber) ทำหน้าที่ดูดซับรังสีจากแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศเหนือผิวตัวดูดซับรังสี ดังนั้นตัวดูดซับรังสีจึงมีส่วนประกอบที่สำคัญมากจึงจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติดังนี้

- มีค่าการดูดซับสูง
- ค่าการปลดปล่อยต่ำ
- ทนความร้อนสูง
- มีค่านำความร้อนสูง
- ไม่ขยายหรือหดตัวเมื่อถูกความร้อน
- ไม่เกิดสนิมได้ง่าย
- ฝุ่นเกาะติดได้ยาก
- มีอายุการใช้งานได้นาน

2.3.1 การหาประสิทธิภาพของตัวรับรังสี

ประสิทธิภาพของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ (Rozis,1997)

$$\eta_c = \frac{\text{Useful thermal power per square meter of collector}}{\text{Incident solar power per square meter on the collector plane}}$$

$$\eta_c = \frac{M_a C_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c G_T} \times 100$$

$$\eta_c = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่นำไปใช้ได้}}{\text{ปริมาณแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อพื้นที่รับแสง}}$$

η_c	= ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี, %
G_T	= รังสีดวงอาทิตย์, kW / m ²
A_c	= พื้นที่รับรังสี, m ²
M_a	= มวลของอากาศที่ไหลเข้าตัวรับรังสี, kg / s
C_p	= ความร้อนจำเพาะของอากาศ, kJ / kg °C
T_f	= อุณหภูมิอากาศที่ทางออกของตัวรับรังสี, °C
T_i	= อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าของตัวรับรังสี, °C

2.3.2 การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้ง

การหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้งมีค่า เท่ากับปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำต่อพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ ดังสมการ

$$\eta = \frac{M_w h_{fg}}{\eta_c A_c G_T} \times 100$$

เมื่อ η	= ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้ง %
η_c	= ประสิทธิภาพของตัวรับรังสี, %
G_T	= รังสีดวงอาทิตย์, kW / m ²
A_c	= พื้นที่รับรังสี, m ²
M_w	= มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ, kg
h_{fg}	= ความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุ, kJ / kg

2.4 หลักการอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนในการระเหย

โดยทั่วไปการอบแห้งวัสดุนั้นจะใช้อากาศเป็นตัวกลาง ความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศไปยังผิววัสดุ ความร้อนส่วนใหญ่ถูกใช้ไปในการระเหยน้ำ ถ้าอากาศที่ใช้ในการอบแห้งมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมคงที่ วัสดุจะได้รับความร้อนจากอากาศในอัตราที่คงที่ ถ้าผิวหน้าวัสดุมี

ปริมาณน้ำมากพอ ความร้อนที่ได้รับจะใช้ในการระเหยน้ำได้ในอัตราที่คงที่เช่นกัน ดังนั้นผิวหน้าวัสดุ จะมีอุณหภูมิคงที่ซึ่งเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ อัตราการอบแห้งจะมีค่าคงที่ (Constant – rate drying) เมื่อน้ำที่ผิวหน้าวัสดุระเหยหมดไป อุณหภูมิที่ผิวหน้าวัสดุจะสูงขึ้นเนื่องจาก ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากอากาศยังคงมีค่าคงที่แต่ใช้ในการระเหยน้ำได้น้อยลง กระบวนการที่น้ำ ในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิวหน้าขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ถ้าวัสดุมีโครงสร้างเป็นรูพรุนเช่น กรวด ทราเย การเคลื่อนที่จะเกิดจากแรง capillary แต่ถ้าวัสดุเป็นวัสดุเกสรน้ำจะอยู่ในเซลล์ ดังนั้นการระเหย ของน้ำจึงลดลงเรื่อยๆ (Falling – rate drying)

อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีดังกล่าวใช้ได้ดีในกรณีที่อากาศที่ใช้มีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมคงที่เท่านั้น ซึ่งใช้ได้กับเครื่องอบแห้งทั่วไปที่สามารถควบคุมภาวะของอากาศได้ กรณีของ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่ได้ใช้แหล่งพลังงานอื่นๆมาเสริม อุณหภูมิอากาศจะขึ้นอยู่กับ ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ กล่าวคือ ความเข้มจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากตอนเช้า จนถึงเวลาที่เวลาเที่ยง และลดลงในตอนเย็น ดังนั้นอัตราการอบแห้งในเครื่องอบแบบนี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ ผิวหน้าของวัสดุแล้วยังขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์อีกด้วย

2.4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้งในผลิตภัณฑ์นำมาอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้า มีผลมาจากปัจจัยหลายประการ ดังนี้

- ลักษณะธรรมชาติของวัสดุ วัสดุที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมากๆจะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจาก น้ำในวัสดุ สามารถเคลื่อนออกจากภายในออกมายังภายนอกวัสดุได้ง่าย นอกจากนี้วัสดุที่มี พื้นที่ผิวมาก อัตราการอบแห้งสามารถเกิดขึ้นได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของ น้ำในวัสดุเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง
- รูปร่างและความหนาของวัสดุ วัสดุที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าวัสดุที่หนาน้อยกว่า
- ปริมาณของวัสดุที่นำมาอบแห้ง วัสดุที่นำมาอบแห้งในปริมาณมากๆจะมีอัตราการอบแห้งที่ช้า เนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับวัสดุที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึงจึงไม่สามารถ ถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุได้ จึงทำให้้อตราอบแห้งช้าลง
- สมบัติอากาศ เนื่องจากอากาศเป็นตัวกลางถ่ายเทความร้อนให้วัสดุขณะเดียวกันก็รับ ความร้อนจากวัสดุ สมบัติของอากาศจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยทั่วไปอากาศที่มีความชื้นต่ำจะมีประสิทธิภาพในการอบแห้งดี

2.4.2 การวัดความชื้นของผลผลิต

โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุอบแห้งจะคิดได้ 2 แบบดังนี้

- ความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis); M_w จะใช้น้ำหนักของวัสดุที่ชื้น เป็นฐานในการคำนวณ ดังนี้

$$M_w = [(w - d) / w] \times 100$$

- ความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis); M_d จะใช้น้ำหนักของวัสดุที่แห้งเป็นฐานในการคำนวณ ดังนี้

$$M_d = [(w - d) / d] \times 100$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, %

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, %

w คือ น้ำหนักน้ำรวมกับน้ำหนักแห้งของวัสดุ, kg

d คือ น้ำหนักวัสดุแห้ง (น้ำหนักวัสดุหลังจากอบจนน้ำระเหยหมดแล้ว), kg

2.4.3 อัตราการอบแห้ง (Drying rate)

อัตราการอบแห้ง (Drying rate) คือ ปริมาณน้ำในวัสดุที่ระเหยไปต่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งเป็นตัวชี้วัดของความสามารถในการระเหยน้ำของเครื่องอบแห้งได้ว่าช้าหรือเร็ว

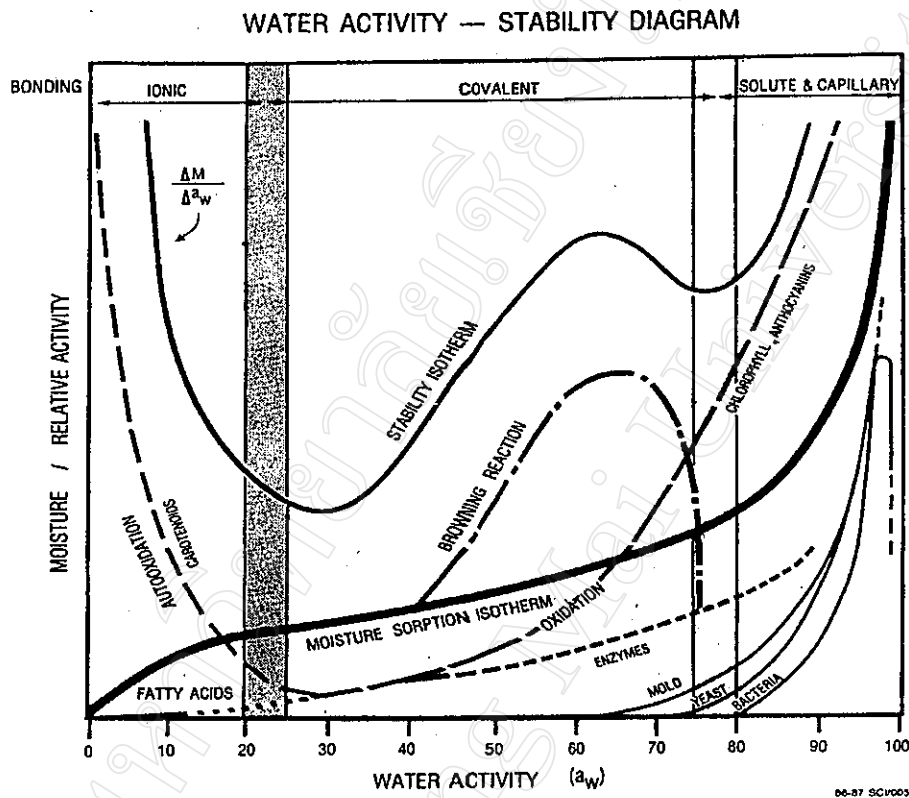
$$\text{อัตราอบแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออก}}{\text{เวลา}}$$

2.5 วอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity)

การเสื่อมสภาพในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งสามารถเกิดขึ้นได้ ด้วยสาเหตุมากมาย แต่สาเหตุหลักคือ ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการอบแห้งมาแล้ว ถ้าปริมาณน้ำที่หลงเหลืออยู่มีปริมาณพอเหมาะที่จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและทำกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตได้ ผลิตภัณฑ์อบแห้งจะเกิดเน่าเสียได้ในภายหลัง ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่

ในผลิตภัณฑ์อบแห้ง ที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เรียกว่าค่า วอเตอร์แอกทิวิตี้ (A_w) ซึ่งมีนิยามดังนี้

- เมื่อ $A_w = P / P_o$
 P = ความดันไอของน้ำในผลิตภัณฑ์
 P_o = ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน



รูปที่ 2.32 กิจกรรมของเอนไซม์,ปฏิกิริยาเคมีและจุลินทรีย์และที่ A_w ระดับต่างๆ

จากรูปที่ 2.32 จะเห็นได้ว่าเมื่อผลิตภัณฑ์มีค่า A_w น้อยกว่า 0.6 เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆจะไม่สามารถเจริญได้เลย แต่กิจกรรมอื่นๆยังคงดำเนินต่อไปได้ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมของเอนไซม์หรือการเกิด oxidation ของรงควัตถุต่างๆ

2.6 พริกลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพริก

พริกมีแหล่งกำเนิดในอเมริกาใต้ ตั้งแต่ก่อนโคลัมบัสค้นพบทวีปอเมริกา พันธุ์พริกที่ปลูกในปัจจุบันถูกนำมาจากตัวอย่างที่เก็บมาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการกระจายตัวของพันธุกรรมในธรรมชาติ (มณีฉัตร, 2541)

พริกเป็นพืชที่เก่าแก่ มีปลูกกันในแถบประเทศเปรูตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์และเป็นพืชล้มลุกในตระกูล Solanaceae ซึ่ง มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมากระหว่างพืชจำพวก *Solanum* ด้วยกันคือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง ยาสูบ นักพฤกษศาสตร์ได้ระบุว่าพริกมีอยู่หลายชนิดแต่ที่นิยมปลูกทั่วไปมีอยู่ 4 ชนิด และมีอยู่เพียง 2 ชนิด ที่ปลูกเป็นแบบการค้าในสหรัฐอเมริกา คือ *Capsicum annum* L. กับ *Capsicum Frutescens* L. ส่วนอีก 2 ชนิดคือ *Capsicum pendulum* และ *Capsicum pubescens* มีปลูกกันในแถบลาตินอเมริกา พริกเป็นที่รู้จักกันทั่วโลกในแง่พืชผักที่มีเอกลักษณ์ในด้านรสชาติ และยัง เป็นเครื่องเทศช่วยปรุงแต่งรสชาติ ตลอดจนมีคุณค่าทางอาหารมีปริมาณวิตามินเอ และไนอาซินสูง (สราวุธและคณะ, 2532)

ลักษณะโดยทั่วไปของพริกมีลำต้นเป็นพุ่ม ลำต้นตรง แตกกิ่งก้านสาขาแบบรติมี และกิ่งแขนงแตกสาขาแบบทวิคูณจาก 2 กิ่ง เป็น 4 กิ่ง และ 8 กิ่ง เป็นต้น ปอยครั้งมีกิ่งแขนงแตกจากระดับใต้ดินเจริญ คล้ายเป็นต้นใหม่อยู่รวมกันเป็นกระจุก ต้นมีขนาดพุ่มลักษณะต่างๆกัน เช่น พุ่มเตี้ย และ พุ่มสูง ในด้านลักษณะของใบ ใบของพริกเป็นใบเดี่ยวมีขนาดต่างๆกัน ก้านใบมีความยาวประมาณ 0.5 – 2.5 เซนติเมตร ใบกว้างมีรูปไข่ ขอบใบเรียบปลายแหลมใบบางและส่วนใหญ่ไม่มีขน ลักษณะของดอกนั้นจะเป็นดอกเดี่ยว เกิดที่ซอกอาจมีหลายดอกเกิดจากข้อติดๆกันจนดูคล้ายเป็นดอกช่อ ก้านดอกมีความยาว 1.5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงสั้นประมาณ 2 มิลลิเมตรมี 5 กลีบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 – 15 เซนติเมตร แต่กลีบดอกกลีบเลี้ยงอาจมี 4 – 7 กลีบได้ กลีบดอกมีสีขาว หรือเขียวอ่อน หรือ ม่วง เกสรตัวผู้มี 5 – 6 อัน อยู่ที่ฐานของกลีบดอก อับละอองเกสรมีสีฟ้า หรือสีน้ำเงินอ่อน ส่วนลักษณะของผลนั้น ผลของพริกจะไม่แตกเป็นชนิด Berry มีเมล็ดมากมีทั้งผลห้อยหรือผลตั้ง ผลเกิดที่ข้อ ขนาด รูปร่าง สี ความเผ็ด มีต่างๆกัน ความยาว 1 – 30 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวหรือม่วง ผลสุกมีสีแดง ส้ม เหลือง น้ำตาล ครีมหรือม่วง ความเผ็ดนั้นมีระดับต่างๆกัน ส่วนลักษณะของรากนั้นมีรากแก้วที่แข็งแรง มีรากแขนงมากมาย มีความยาวถึง 1 - 1.5 เมตรและยังพบรากฝอยบริเวณรอบๆของต้นพริก(มณีฉัตร, 2541)

2.6.1 การแบ่งกลุ่มของพริก

การแบ่งกลุ่มของพริกตามวิธีการจำแนกของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงและสหกรณ์ (สราวุธและคณะ, 2532) ได้แก่

- (1.) ชนิดที่มีรสไม่เผ็ด ได้แก่ พริกหวานและพริกหยวก
- (2.) ชนิดที่มีรสเผ็ด มีอยู่มากมายแบ่งย่อยตามขนาดของผลที่มีเกณฑ์เฉลี่ยทั่วไป ดังนี้

พริกใหญ่ มีขนาดความยาวเกินกว่า 5 เซนติเมตร ขึ้นไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

(ก.) พริกขนาดใหญ่ มีความยาวเกินกว่า 10 เซนติเมตร เช่น พริกสิงคโปร์

(ข.) พริกใหญ่ขนาดเล็ก มีความยาวเกินกว่า 5 เซนติเมตร แต่ไม่เกิน 10 เซนติเมตร เช่น พริกชี้ฟ้า พริกมัน พริกเหลือง พริกบางช้าง ส่วนใหญ่มักมีผลชี้ลงดิน และมักติดผลเพียงฤดูกาลเดียว

พริกเล็กหรือพริกชี้หนู มีขนาดความยาวไม่เกิน 5 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ก. พริกชี้หนูเม็ดใหญ่ เฉลี่ยความยาวอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 2 - 5 เซนติเมตร เป็นกลุ่มของพริกที่มีปลูกกันมากที่สุดในประเทศมีทั้งผลขึ้นและผลชี้ลง เช่นพริกพันธุ์ห้วยสีทน 1

ข. พริกชี้หนูเม็ดเล็กเฉลี่ยความยาวไม่เกิน 2 เซนติเมตรได้แก่พริกชี้หนูสวน หรือ พริกกะเหรียง และ พริกขึ้นนก

พริกเป็นพืชที่มีการปลูกโดยทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศในระหว่างปี 2531-2539 มีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 382,245 ไร่ ผลผลิตรวมเฉลี่ยระหว่างปีเท่ากับ 418,895 ตันสด โดยมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เท่ากับ 1,128 กิโลกรัมใช้ในแง่บริโภคในครัวเรือนและเพื่ออุตสาหกรรม พบว่ามีการส่งออกเพียงเล็กน้อยประมาณ 100,000 ตันปี(สด)คิดเป็นมูลค่าประมาณ100ล้านบาท และมีการนำเข้าพริกแห้งจากต่างประเทศปีละประมาณ 3000-5000 ตัน(แห้ง)มูลค่า 30 - 50 ล้านบาทผลผลิตที่ได้ (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร,2545)

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่(2543)ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วพบว่าผลผลิตที่ผลิตออกมานั้นจะมีมากเกินต่อการบริโภคสด ทำให้เกิดการสำรวจข้อมูลเพื่อเตรียมการแก้ไขปัญหาของราคาพริกที่ตกต่ำโดยมีมาตรการเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาคือการแปรรูปพริกตามกรรมวิธีต่างๆ โดยเฉพาะการแปรรูปเป็นพริกแห้ง เนื่องจากมีการนำเข้าพริกแห้งจากต่างประเทศปีละประมาณ 3,000 - 5,000 ตัน (แห้ง) มูลค่าสามสิบล้านถึงห้าสิบล้านบาทโดยนำไปแปรรูปเป็นพริกป่นเพื่อป้อนอุตสาหกรรมอาหารที่สำเร็จรูปเช่น บะหมี่ซองอีกทีหนึ่ง

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่ (2543) กล่าวว่าราคาของพริกมีแนวโน้มที่ลดลงเนื่องจากขาดการวางแผนการผลิตและการตลาดร่วมกันจึงมีการเก็บผลผลิตพร้อมๆกันทำให้พริกที่ขายได้มีราคาต่ำและทางสำนักงานพาณิชย์แนะนำการแปรรูปพริกในรูปแบบต่างๆเช่น ทำพริกแห้ง ซอสพริก

เป็นต้น เพื่อแก้ไขปัญหาของราคาพริกที่ตกต่ำลงอีกด้วยและยังกล่าวถึงปัญหาด้านการผลิตพริกแห้ง คือขาดประสิทธิภาพและกรรมวิธีการผลิต มีการปล่อยปละละเลยในการตากแห้งโดยธรรมชาติ ไม่มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อให้คุณภาพของพริกที่ดีขึ้น ทำให้คุณภาพไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานแปรรูปต่อเนื่องโดยเฉพาะมีปัญหาเรื่องเชื้อราและสารตกค้าง พริกแห้งที่ผลิตในประเทศจึงขายได้ ราคาต่ำ

2.7 การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญในการศึกษาด้านการเงิน เพื่อให้ทราบว่าโครงการลงทุนมีความเหมาะสมด้านการเงินอย่างไร (Financial Viable) โดยพิจารณาจากผลตอบแทนการลงทุนว่าเป็นอย่างไร ผลการลงทุนดำเนินงานสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลาที่ปี โดยทั่วไปจะมีการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน 3 ประการด้วยกันคือ มูลค่าปัจจุบันก่อนหักภาษี (Net Present Value : NPV), ค่าอัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return: IRR) และระยะเวลาคืนทุนก่อนหักภาษี (PBP: Payback period) โดยคิดค่าเงินในอนาคตให้เป็นเงินปัจจุบันทั้งสิ้น (Gitting, J.1982) นอกจากนี้การคิดอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit – cost ratio: BCR) ยังเป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ (Indicators of Project Worth) ซึ่งสามารถนำมาเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุนว่าคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ และสามารถ บอกให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของโครงการได้อีกด้วย

2.7.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิบ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการซึ่งอาจจะมีค่าเป็นลบ เป็นศูนย์ หรือเป็นบวกก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมและหักออกด้วยมูลค่าต้นทุนปัจจุบันของโครงการนั้น ค่า NPV จึงเป็นค่าที่ใช้ตัดสินใจในการลงทุนอีกประเภทหนึ่ง (อนุสรณ์, 2543) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$NPV = - |CF_0| + \sum_{j=1}^n CF_j (PWF, i\%, n)$$

เมื่อ NPV = ค่าเงินปัจจุบันสุทธิ
 $|CF_0|$ = จำนวนเงินที่ลงทุน
 F_j = ผลตอบแทนรวมในปีที่ j

$$\begin{aligned}
 n &= \text{ระยะเวลา/ปี} \\
 i &= \text{อัตราดอกเบี้ย} \\
 \text{PWF} &= \text{Single payment present worth factor} \\
 &= 1/(1+i)^n
 \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่า NPV จะเป็นบวก เมื่อค่ารวมของผลตอบแทน CF_j (คิดเป็นค่าของเงินในปีที่ 0) มากกว่าจำนวนที่ลงทุน $|CF_0|$ (คิดเป็นค่าของเงินในปีที่ 0) เท่านั้น และสำหรับการลงทุนที่เสนอมานั้นจะเป็นที่ยอมรับทางเศรษฐศาสตร์ก็ต่อเมื่อ NPV ของการลงทุนดังกล่าวเป็นบวก หรืออย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับศูนย์ (กรณีที่ NPV เท่ากับศูนย์ย่อมแสดงว่าการลงทุนเท่ากับ $|CF_0|$ จะได้รายได้เท่ากับ CF_j พอดี)

2.7.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP)

คือเวลาที่จำเป็นสำหรับการลงทุนเริ่มต้นที่จะคืนทุน โดยไม่คำนึงถึงค่าของเงินตามกาลเวลาดังนั้นถ้า $|CF_0|$ แทนการลงทุนเริ่มต้นและ CF_j แทนกระแสเงินสดสุทธิสำหรับปีที่ j ($j = 1, 2, \dots, n$) ช่วงของการชำระคืนจะต้องสอดคล้องกับ

$$\begin{aligned}
 \text{PBP} \\
 |CF_0| = \sum_{j=1} CF_j
 \end{aligned}$$

และในกรณีที่กระแสเงินสดเข้าในแต่ละปีมีจำนวนเท่ากัน หรือมีการใช้ค่าเฉลี่ย ได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{PBP} &= |CF_0| / YCF \\
 \text{เมื่อ PBP} &= \text{ระยะเวลาคืนทุน} \\
 YCF &= \text{กระแสเงินสดเข้าเฉลี่ย} \\
 |CF_0| &= \text{จำนวนเงินที่ลงทุน}
 \end{aligned}$$

2.7.3 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน(Benefit – cost ratio: BCR)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนคือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ผลประโยชน์จะเกิดขึ้นตลอดอายุทางเศรษฐกิจของโครงการถึงแม้ว่าเมื่อการลงทุนโครงการผ่านพ้นแล้ว ในขณะที่ต้นทุนในการก่อสร้างจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงการลงทุนเท่านั้น ส่วนต้นทุนที่อยู่ในรูปค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซ่อมแซมบำรุงรักษาและลงทุนทดแทนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพจะ

เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุทางเศรษฐกิจของโครงการ (Economic life or useful life of the project) จากนั้นจึงนำเอากระแสผลประโยชน์และกระแสต้นทุนของโครงการที่ได้ปรับค่าไปตามเวลาหรือคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้ว มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (ซูชีพ, 2544) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{BCR} &= \text{PVB/PVC} \\ &= \frac{\sum_{t=1}^n B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n C_t (1+r)^{-t}} \end{aligned}$$

เมื่อ PVB = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม

PVC = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม

B_t = ผลประโยชน์ของโครงการปีที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

t = ระยะเวลาของโครงการ (1, 2, 3, ..., n)

r = อัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม

หลักการตัดสินใจที่แสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมและคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจคือเมื่อ BCR เท่ากับหนึ่งหรือมีค่ามากกว่าหนึ่ง

2.7.4 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในโครงการคือ ผลตอบแทนเป็นร้อยละต่อโครงการหรือหมายถึงอัตราดอกเบี้ยในกระบวนการคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าอัตราดอกเบี้ยระดับหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการคิดลดแล้วทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก อัตราดอกเบี้ยระดับใหม่ที่สูงกว่าจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าลดลงและลดลงต่อไปตรงเท่าที่อัตราดอกเบี้ยยังคงเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ในท้ายที่สุดจะมีอัตราดอกเบี้ยระดับหนึ่งที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์พอดีซึ่งก็คือค่า อัตราผลตอบแทนภายในโครงการเมื่อกำหนดให้ R คือ IRR แล้วค่าของ R จะสามารถหาได้จากการแก้สมการดังนี้

$$\sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = 0$$

หลักการตัดสินใจว่าโครงการมีความคุ้มค่าการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์คือ เมื่อค่า IRR มีค่าสูงและต้องสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเฉพาะหรือค่าเสียโอกาสลงทุน การคำนวณหาค่า IRR คือ

- วิธี interpolation โดยคิดคำนวณทางเลขคณิต เป็นการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราคิดลดกับ NPV 2 คู่กล่าวคือ อัตราคิดลดที่ต่ำกว่าซึ่งจะทำให้ NPV มีค่าเป็นบวก ส่วนอัตราคิดลดที่สูงกว่า จะทำให้ NPV มีค่าเป็นลบ มีสูตรคำนวณดังนี้

$$IRR = r_L + (r_U - r_L) \left[\frac{NPV_L}{NPV_L - NPV_U} \right]$$

เมื่อ r_L = อัตราดอกเบี้ยที่ต่ำกว่าซึ่งจะทำให้ NPV มีค่าเป็นบวก (lower discount rate)

r_U = อัตราดอกเบี้ยที่สูงกว่า ซึ่งจะทำให้ NPV มีค่าเป็นลบ (upper discount rate)

NPV_L = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ยที่ต่ำ

NPV_U = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ยที่สูง

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีการนำเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบต่างๆมาใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์อย่างกว้างขวางมีการทดลองอบพริกชี้ฟ้าโดย ปราณิ(2531)ใช้ตู้อบแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นแบบชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติ โดยเครื่องอบนี้มีขนาด $120 \times 90 \times 70$ ลูกบาศก์เซนติเมตรทาสีดำ ด้านบนปิดด้วยกระจกใสเอียงทำมุม 21 องศากับแนวระนาบ เครื่องอบสามารถทำอุณหภูมิในการอบได้ 65 องศาเซลเซียส อบพริกสดได้ครั้งละ 790 กรัม ส่วน Dogantan et al. (1988) ได้ใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแบบพาความร้อนแบบธรรมชาติ ทำการอบพริกเช่นกันจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิของเครื่องอบแห้งนี้ทำได้ 55 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5 m/s และการหันพริกเป็นแผ่นบางๆสามารถลดเวลาในการอบแห้งลงได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของเวลาการอบแห้งทั้งหมด การลดชั้นหนาในการอบแห้งจาก 10 เซนติเมตรมาเป็น 5 เซนติเมตรจะสามารถลดเวลาในการอบแห้งลง 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ การตากแดดบนลานตากพบว่า เครื่องอบแห้งนี้นั้นสามารถอบแห้งพริกได้เร็วกว่าใช้ลานตาก 4 วัน เช่นเดียวกับ Hom (1988) ทำการอบพริกชี้ฟ้าในประเทศเปรูโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติเช่นกัน เครื่องอบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนรับความร้อนและส่วนที่ใช้อบพริก เครื่องอบชนิดนี้จะไม่มีการพัดลมแต่จะมีปล่องที่ยกสูงขึ้นเป็นแท่งเพื่อให้อากาศไหลเวียนออกไปตามธรรมชาติเอง ส่วนด้าน

บนปิดด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) อุณหภูมิภายในเครื่องอบที่ทำได้คือ 77 องศาเซลเซียสพริก
 ชีหนูที่ใช้ทดลองมีปริมาณ 10 - 12 กิโลกรัมต่อตารางเมตร วางบนพื้นที่ 33 ตารางเมตรบนตาข่าย
 พลาสติก โดยอบพริกที่ความหนา 10 เซนติเมตรใช้เวลาอบทั้งหมด 3 วัน ในการลดความชื้นจาก
 85 เปอร์เซ็นต์เหลือความชื้นสุดท้ายที่ 19 เปอร์เซ็นต์(มาตรฐานเปียก) มนตรี (2534) ได้ศึกษา
 เครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบบังคับการไหลของอากาศเครื่องอบแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนทำความร้อน
 และส่วนที่ใช้ออบแห้ง ส่วนทำความร้อนมีตัวรับรังสีเป็นตัวเก็บกักความร้อน โดยใช้หินสีดำเก็บความ
 ร้อนมีแผ่นกระจกใสปิดด้านบนทำมุมเฉียง 14 องศากับแนวระดับ ส่วนห้องอบออกแบบเป็นชั้นๆ 3
 ชั้นด้านหลังของส่วนอบแห้งนั้นติดตั้งลมระบายอากาศ 2 ตัวแต่ละตัวมีอัตราการไหลของอากาศ
 $0.05\text{m}^3/\text{s}$ โดยทดสอบอบพริกที่อัตราการไหลของอากาศ $0.05\text{m}^3/\text{s}$, $0.1\text{m}^3/\text{s}$ และการไหลของอากาศ
 แบบธรรมชาติ จากการศึกษาพบว่าที่อัตราการไหลที่ $0.05\text{m}^3/\text{s}$ และ $0.1\text{m}^3/\text{s}$ นั้นใช้เวลาในการ
 อบแห้ง 15 ชั่วโมงและ 19 ชั่วโมงตามลำดับ แสดงว่าอัตราการถ่ายเทอากาศจากตู้อบเป็นปัจจัยหนึ่ง
 ในการ อบแห้ง การที่อัตราการไหลสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าอัตราการไหลของอากาศต่ำ
 เนื่องจากอากาศร้อนถูกดึงออกจากตู้อบมากเกินไปจนทำให้สูญเสียความร้อน ได้มีการทดลอง
 อบแห้งกล้วยน้ำว้าภายในประเทศไทย โดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
 (Schirmere, et al. ,1996) ซึ่งมีลักษณะเป็นอุโมงค์เตี้ยกว้าง 1.8 เมตรยาว 20 เมตรอากาศแวดล้อม
 ถูกดูดโดยพัดลมซึ่งขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ขนาด 53 วัตต์มีอัตราการไหลของอากาศ
 800-1200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ผ่านตัวรับรังสีที่ปิดด้วยพลาสติกใส พื้นที่ตัวรับรังสีมีขนาด 1.8
 เมตร x 10 เมตรคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด อากาศไหลผ่านกล้วยซึ่งวางเรียงอยู่บน
 ตาข่ายพลาสติกภายในอุโมงค์ ดังนั้นกล้วยจึงได้รับความร้อนจากลมร้อนและจากการดูดกลืนแสง
 อาทิตย์โดยตรง เครื่องอบแห้งนี้สามารถอบแห้งได้ครั้งละ 300 กิโลกรัม อุณหภูมิอากาศร้อนอยู่ในช่วง
 45 - 65 องศาเซลเซียส สามารถอบแห้งแล้วเสร็จภายใน 3 - 5 วันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดด
 จะใช้เวลา 5 - 7 วัน ปริมาณอบแห้งคิดเป็น 25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

Esper and Muhlbauer (1996) ทำการทดลองอบผลไม้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์
 พลังงานแสงอาทิตย์ เครื่องอบมีขนาดกว้าง 2 เมตรยาว 10 เมตรตัวเครื่องแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนรับ
 ความร้อนและส่วนอบผลผลิต สามารถทำอุณหภูมิภายในเครื่องอบได้ 60 - 65 องศาเซลเซียส
 เครื่องอบนี้ยังมีพัดลมเพื่อบังคับการไหลของอากาศภายในโดยใช้พัดลมขนาด 30 วัตต์หมุนด้วย
 พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีอัตราการไหลของอากาศ 800 - 1000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
 อบได้ครั้งละ 100 - 300 กิโลกรัม ปริมาณในการอบแห้งคิดเป็น 5 - 15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทำการ
 ทดลองอบผลไม้ได้แก่ มะม่วง,มะละกอ สับปะรด ทั้งนี้ก่อนทำการอบจะนำผลไม้ไปปอกเปลือกและ

ฝานเป็นแผ่นๆ จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งด้านทาง สี กลิ่นและรสชาติ

สำหรับเครื่องอบแห้งรูปแบบอื่นๆ เช่นในการอบกระเทียมมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล(โสรจ, 2538) โดยมีพื้นที่รับแสง 2.5 ตารางเมตรวางอยู่บนตู้อบแห้งทำมุม 14 องศา กับแนวระนาบ ใช้พัดลมขนาด 750 วัตต์และมีระบบปรับอัตราการไหลของอากาศให้คงที่ตามต้องการ ตู้อบแห้งมีขนาด 0.6 ลูกบาศก์เมตรสามารถอบกระเทียมได้ 30 กิโลกรัมโดยแบ่งกระเทียมใส่เป็นถาดๆ กระเทียมมีความชื้นเริ่มต้นที่ 67 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก สามารถลดความชื้นเหลือ 60 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียกโดยมีอัตราการไหลของอากาศ 0.17 kg/s อุณหภูมิในเครื่องอบแห้งทำได้ 45.4 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 15 ชั่วโมงและเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานชีวมวลในการอบแห้งอย่างเดียวนั้น การอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ร่วมด้วยสามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 49 % ของการสิ้นเปลืองพลังงานทั้งหมด

วินัย (2542) ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งตะไคร้ โดยเครื่องอบแห้งดังกล่าวประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบคลุมด้วยพลาสติกมีขนาดพื้นที่รับแสง 19 ตารางเมตรและตู้อบตะไคร้ขนาดความจุ 400 กิโลกรัม อากาศร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะถูกเป่าเข้าไปในตู้อบแห้งโดยอาศัยพัดลมดูดอากาศ โดยพบว่าเครื่องอบนี้สามารถอบตะไคร้ในช่วงที่ท้องฟ้าแจ่มใสในเวลา 3 วัน โดยลดความชื้นเริ่มต้นของตะไคร้สดจาก 82.57% เหลือ 12 - 15 % มาตรฐานเปียก ซึ่งได้ตะไคร้ที่มีคุณภาพสอดคล้องกับคุณภาพของตะไคร้ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรม นอกจากนั้น วินัย(2542) ทำการทดลองอบแห้งผักด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้ไอน้ำเป็นพลังงานเสริมระดับอุตสาหกรรม เครื่องอบประกอบด้วยห้องอบแห้ง ขนาดความจุ 100 กิโลกรัม แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 73 ตารางเมตร และพัดลมขนาด 2 กิโลวัตต์ และใช้ไอน้ำเป็นพลังงานเสริมเมื่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในระดับที่ต่ำ ทำการอบผักเช่น หอม ขิง ขมิ้น กัลยาดิบ กระเพรา พริก โดยควบคุมอุณหภูมิในห้องอบแห้งอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส การลดความชื้นผักจาก 75 - 85 % มาตรฐานเปียกให้เหลือความชื้นสุดท้าย 5 - 10 % จะใช้เวลาอบ 4 - 6 ชั่วโมง