

## การประยุกต์ใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ

### The Application of Phase Change Material in Solar Dryer Prototype

สุพพัศ มาลาสาย (Supapad Malasai)\* ดร.กันยรัตน์ โหละสุต (Kanyarat Holasut)\*\*

#### บทคัดย่อ

เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบปี 2551 ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่ออบแห้งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการถนอมอาหาร โดยใช้หลักการเรือนกระจกเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนเพื่อไล่ความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์ ข้อดีของการใช้เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นั้นคือแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้มาโดยไม่มีค่าใช้จ่าย แต่ข้อจำกัดของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ยังมีอยู่มาก เช่น ใช้งานได้เมื่อมีแสงอาทิตย์เท่านั้น อุณหภูมิภายในเครื่องอบไม่ต่อเนื่องเกิดจากสภาพอากาศที่แปรปรวน จึงมีการใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสเพื่อช่วยในการกักเก็บความร้อนที่มีปริมาณไม่คงที่พร้อมกับเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเครื่องอบให้เหมาะสมกับสภาวะของการอบแห้ง และวัสดุเปลี่ยนเฟสยังสามารถถ่ายเทความร้อนที่กักเก็บไว้ให้กับเครื่องอบให้มีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพแวดล้อมได้ในตอนเย็นอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสที่เหมาะสมกับเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของวัสดุเปลี่ยนเฟส และปริมาณวัสดุเปลี่ยนเฟสที่ถูกบรรจุเข้าไปในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งการเพิ่มครีบบนผิวเพื่อทำให้การถ่ายเทความร้อนในวัสดุเปลี่ยนเฟสเกิดการเปลี่ยนสถานะได้ดีขึ้น ตามเวลาที่รับความร้อนและคายความร้อนของวัสดุเปลี่ยนเฟส และผลจากการทดลองพบว่า สามารถสร้างความสัมพันธ์ของปริมาณของวัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ในการเลือกสัดส่วนของวัสดุเปลี่ยนเฟสที่มีสัดส่วนเหมาะสมกับขนาดของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสามารถออกแบบในการปรับใช้งานให้เหมาะสมกับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล

#### ABSTRACT

Solar dryer prototype has been developed for drying products are mainly used for food preservation. By the principle greenhouse turning sunlight into heat energy to drive moisture out of the product, the advantages of using solar energy for solar dryers is that it comes without cost. However the limitations of solar dryers there are also the variation as usable during the day. The temperature inside the dryer is not stable caused by weather conditions. The use of phase change materials (PCMs) not only to retain the heat (Charge), to maintain the temperature inside dryer (Discharge) and also to suit the conditions of drying can take longer when the heat from the sun out in the evening. Therefore this research has studied the use of PCMs suitable for solar dryers in Thailand. There are 3 parameters related by retaining time (both Charge and Discharge) have been studied including of the ratio of PCMs, the quantity of PCMs were packed into a solar dryer and the adding fins for increase better heat transfer to change the phase of PCMs. The results has been showed that the parameters could be built a relationship of quantity of PCMs in a solar energy to be used in the ratio of PCMs that are proportionate to the size of the solar dryers to be designed from the average temperature in each season.

**คำสำคัญ:** วัสดุเปลี่ยนเฟส ความร้อนแฝง ม่านรับแสง

**Keywords:** Phase change material, latent heat storage, Solar dryers

\* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\* รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อถนอมอาหาร ข้อดีของการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นั้น คือพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติอย่างเหลือเฟือ การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นพลังงานชนิดอื่นที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง แต่การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์นั้นมีข้อจำกัดอยู่ไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์เฉพาะตอนกลางวัน พลังงานจากแสงอาทิตย์ระหว่างวันไม่คงที่ ช่วงกลางวันสภาพอากาศแปรปรวนมีเมฆฝนระหว่างวัน ทำให้การอบแห้งไม่ต่อเนื่องดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัยของ Mustayen et al. (2014).

การสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ นั้น เพื่อแก้ไขข้อด้อยและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยของถาวร ศรีชมพู และคณะ. (2550). โดยการสร้างห้องเก็บความร้อน (collector) ใช้มารับแสงแบบกระจกสองชั้น ทำให้อุณหภูมิในเครื่องอบ (Dryer) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อม หรือการใช้ปล่องลมแสงอาทิตย์ (Solar chimney) เพิ่มการถ่ายเทอากาศในเครื่องอบทำให้การระบายความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ดีขึ้น

งานวิจัยนี้ ใช้ประโยชน์จากวัสดุเปลี่ยนเฟส (Phase change material: PCM) เพื่อเก็บสะสมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนเฟสของวัสดุเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเครื่องอบให้เหมาะสมต่อสภาพของการอบแห้งและใช้งานได้นานขึ้น วัสดุเปลี่ยนเฟสที่ใช้ทำมาจากพาราฟิน (Paraffin) ผสมกับวาสลีน (Vaseline) ในอัตราส่วนต่างๆ โดยเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมต่อสภาวะของการอบแห้งในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ สร้างความสัมพันธ์ของวัสดุเปลี่ยนเฟสและเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อที่จะ

สามารถนำไปปรับใช้กับสภาพอากาศตามความเหมาะสม

## วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของวัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในด้านการรักษาระดับอุณหภูมิในเครื่องอบ

## วิธีการวิจัย

### การเตรียมวัสดุเปลี่ยนเฟส

การเตรียมวัสดุเปลี่ยนเฟส โดยเตรียมพาราฟิน (commercial paraffin) และวาสลีน (commercial vaseline) ซึ่งน้ำหนักและผสมกันจำนวนรวม 100 กรัม ที่อัตราส่วน 3:1, 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 จากนั้นนำสารที่ชั่งได้ใส่ในกระป๋องโลหะให้ความร้อนโดยเครื่องให้ความร้อน คนสารด้วยแท่งแก้วคนสารจนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกันจึงนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิปกติ

### ทดสอบวัสดุเปลี่ยนเฟสด้วยเครื่อง

#### Differential scanning calorimetry (DSC)

การทดสอบวัสดุเปลี่ยนเฟสด้วยเครื่อง DSC เพื่อวิเคราะห์จุดหลอมเหลวของสาร (melting point,  $T_m$ ) และค่าความร้อนแฝงของสาร (Latent Heat) โดยใช้วัสดุเปลี่ยนเฟสเตรียมที่อัตราส่วนต่างๆ ซึ่งในปริมาณ 10 มิลลิกรัม ใส่ใน Pan บรรจุสารสำหรับเครื่อง DSC แล้วนำ pan ที่บรรจุสารเรียบร้อยแล้วใส่ในเครื่อง DSC ตั้งค่าเริ่มต้นให้ความร้อนจากอุณหภูมิ 20 – 100 °C ค่า Heat rate 5 °C / min

### ทดสอบการละลายของวัสดุเปลี่ยนเฟส

เตรียมวัสดุเปลี่ยนเฟสที่อัตราส่วนต่างๆ ใส่กระป๋องโลหะทรงกระบอก และเตรียมด้วยโลหะขนาดใหญ่กว่ากระป๋องทรงกระบอกเล็กน้อยรองปากด้วยแผ่นตะแกรง ประกอบด้วยและกระป๋องโลหะที่บรรจุวัสดุเปลี่ยนเฟสเข้าด้วยกัน จากนั้นนำอุปกรณ์เข้าเครื่องอบควบคุมอุณหภูมิ โดยเลือกอุณหภูมิที่ 65 °C เก็บข้อมูลทุก ชั่วโมง จบครบ 4 ชั่วโมง โดยซึ่ง

น้ำหนักวัสดุเปลี่ยนเฟสที่ละลายแล้วจากถ้วยด้านล่าง และชั่งน้ำหนักวัสดุเปลี่ยนเฟสส่วนที่ไม่ละลายที่ ตะแกรงและกระป๋องด้านบนดังรูป



ภาพที่ 1 ตะแกรงและกระป๋อง

#### ทดสอบวัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบขนาดเล็ก

เตรียมวัสดุเปลี่ยนเฟสที่อัตราส่วน 3:1 ใน ปริมาตร 10%, 15%, 20%, 25% และ 30% ของปริมาตร เครื่องอบขนาดเล็ก วัสดุอุณหภูมิภายในเครื่องและ ภายนอกเครื่องอบโดยให้พลังงานจากหลอดไฟ 200 วัตต์ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง บันทึกอุณหภูมิทุกชั่วโมง และปิดไฟ เพื่อดูการปล่อยพลังงานของวัสดุเปลี่ยนเฟสบันทึกผล ทุกชั่วโมงจนครบ 4 ชั่วโมง

#### ผลการวิจัย

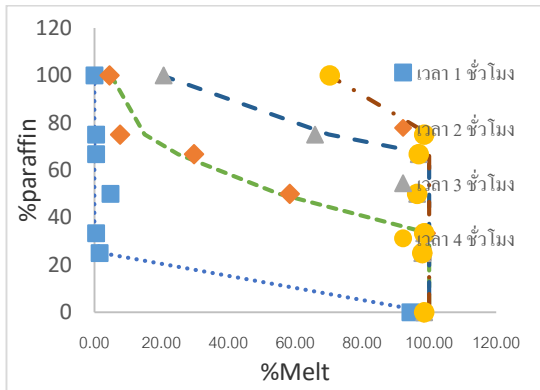
จากการทดสอบวัสดุเปลี่ยนเฟสโดยเครื่อง DSC ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงในตาราง (Table 1) พบว่าจุดหลอมเหลวของวัสดุเปลี่ยนเฟสลดลงเมื่อ สัดส่วนของวาสลีนเพิ่มขึ้น พาราฟินมีจุดหลอมเหลว มากสุดค่า 54.057 °C วาสลีนมีจุดหลอมเหลวน้อยสุด ค่า 40.092 °C วัสดุเปลี่ยนเฟสที่อัตราส่วน 3:1, 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 มีจุดหลอมเหลวลดลงตามลำดับ

การวัดค่าความร้อนแฝงของวัสดุเปลี่ยนเฟส จากเครื่อง DSC พบว่าค่าความร้อนแฝงลดลงเมื่อ สัดส่วนของวาสลีนเพิ่มขึ้น พาราฟินมีค่าความร้อนแฝง มากที่สุดคือ 132.675 J/g วาสลีนมีค่าความร้อนแฝง น้อยสุดคือ 17.594 J/g วัสดุเปลี่ยนเฟสที่อัตราส่วน 3:1,2:1, 1:1,1:2 และ 1:3 มีค่าความร้อนแฝงลดลง ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 Melting point, Latent heat and percentage of PCM

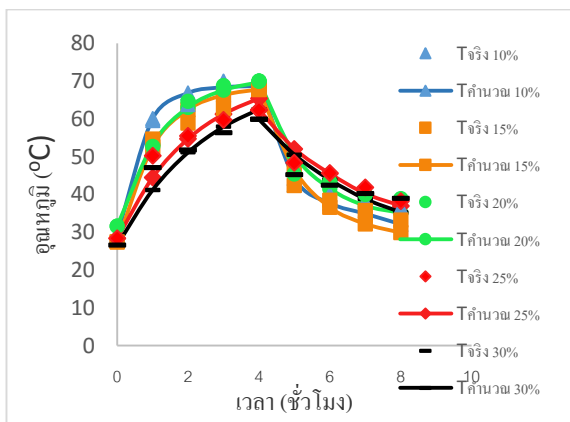
Ratio		Melting point (°C)	Latent Heat (kJ/kg)	Percentage of melt 65°C, 4 hr
Paraffin	Vaseline			
1	0	54.06	132.675	70.33
3	1	51.23	99.149	98.49
2	1	49.56	79.866	96.94
1	1	48.99	77.056	96.45
1	2	45.47	62.165	98.49
1	3	43.50	48.441	97.98
0	1	40.09	17.594	98.48

ร้อยละการละลายของวัสดุเปลี่ยนเฟสเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของวาสลิโนในวัสดุเปลี่ยนเฟสเพิ่มขึ้นร้อยละการละลายของพาราฟินน้อยสุดมีค่า 70.33 ร้อยละการละลายอัตราส่วน 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 และวาสลิโนมีร้อยละการละลายมากกว่า 96 ถือได้ว่าการละลายหมดภายใน 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 65 °C (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 Percentage of melt

จากการทดลองวัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กนำข้อมูลสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุเปลี่ยนเฟสต่อปริมาณเครื่องอบกับเวลาในการเก็บความร้อน (Charge) เป็นเวลา 4 ชั่วโมงและเวลาในการปลดปล่อยพลังงาน (Discharge) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ดังรูป (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 3 PCM in Solar Dryer

ลักษณะความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเครื่องอบขนาดได้รับพลังงานความร้อนมีลักษณะดังสมการ

$$e^{-kt} = \frac{T_{max}-T_i}{T_{max}-T_0} \quad (1)$$

$k$  คือค่าคงที่ของการให้พลังงาน

$t$  คือเวลา

$T_{max}$  คืออุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในแต่ละวัน

$T_i$  คืออุณหภูมิ ณ เวลาใดๆ

$T_0$  คืออุณหภูมิเริ่มต้น

ดังนั้นจะสามารถหาค่า  $k$  ได้จากสมการที่ (1) จากนั้นนำมาแทนค่าในสมการ

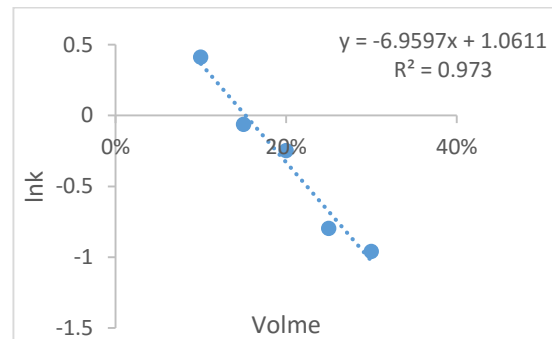
$$\ln k = -7V + 1.1 \quad (2)$$

$k$  คือค่าคงที่ของการให้พลังงาน

$V$  คือเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ของ

วัสดุเปลี่ยนเฟสต่อปริมาตรเครื่องอบ

ดังนั้นจึงสามารถหาค่า  $V$  ที่เหมาะสมได้



ภาพที่ 4 Volume PCM and ln k

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของวาสลิโนในวัสดุเปลี่ยนเฟสส่งผลให้มีค่าความร้อนแฝงและจุดหลอมเหลวลดลง วัสดุเปลี่ยนเฟสที่มีอัตราส่วนพาราฟินต่อวาสลิโน 3:1 ถูกเลือกใช้ทดสอบการกักเก็บความร้อนในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของ

ปริมาณวัสดุเปลี่ยนเฟสในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์รูปแบบต่างๆ โดยเลือกปรับปริมาณวัสดุเปลี่ยนเฟสให้เหมาะสมกับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่นและอาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยสนับสนุนทุนในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- ถาวร ศรีชมภู, ทิพวรรณ ม่วงสำเภา และ อาทิตย์ ไชยอำนาจ. การเพิ่มเวลาเก็บกักความร้อนในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์โดยการเปลี่ยน เฟสของวัสดุที่เหมาะสม. โครงการวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2550.
- ภากร ปัทมรัตน์ และ สุทธิชัย เสียงเลิศ. การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนเฟส สำหรับประยุกต์ใช้ในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก. โครงการวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2012.
- A.G.M.B. Mustayen, S. Mekhilef, R. Saidur.  
Performance study of different solar dryers:  
A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014(34): 463-470.
- Atul Sharma, V.V. Tyagi, C.R. Chen, D. Buddhi.  
Review on thermal energy storage with phase change materials and application. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009(13): 318-345.
- S.D. Sharma. Latent heat storage materials and systems: A Review. International Journal of Green Energy, 2005(2): 1-56.