

การศึกษาสารกักเก็บความร้อนในรูปของความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง

Study of Heat Storage Material

อรรถ อาคาสวรรณ*¹, พีระพงศ์ ทีฆสกุล¹ และ ไพโรจน์ คีรีรัตน์¹

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีพลังงาน และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

* ติดต่อ: E-mail: somkit01@hotmail.com perapong.t@psu.ac.th และ kirirat.pairoj@gmail.com

โทรศัพท์: 0-7428-7036, โทรสาร: 0-7421-2893

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการถ่ายเทความร้อนของสารกักเก็บความร้อนในรูปความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง โดยเลือกใช้น้ำ และอิฐเป็นวัสดุสะสมความร้อนในรูปความร้อนสัมผัส และพาราฟินเป็นวัสดุสะสมความร้อนในรูปของความร้อนแฝง โดยศึกษาการฉีกความร้อน และการดึงความร้อนจากสารกักเก็บความร้อนแต่ละชนิด ซึ่งทดลองที่อัตราการไหลเชิงมวลเท่ากับ 1.992 g/s กรณีน้ำและอิฐฉีกความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C สำหรับพาราฟินฉีกความร้อนที่อุณหภูมิ 90°C อย่างเดียว กรณีดึงความร้อนออกจากสารกักเก็บความร้อนจะฉีกความร้อนให้สารกักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 70°C โดยให้อากาศที่ไหลเข้ามีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งพบว่าปริมาณความร้อนสามารถกักเก็บในพาราฟินมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำและอิฐตามลำดับ ในกรณีดึงความร้อน ปริมาณความร้อนที่ดึงจากพาราฟินมีค่ามากที่สุดและในเวลาที่ยาวนานที่สุดด้วย ดังนั้นพาราฟินจึงเป็นสารกักเก็บความร้อนที่ดีที่สุดที่จะนำไปออกแบบระบบการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป

คำหลัก: กักเก็บความร้อน, พาราฟิน, ความร้อนสัมผัส, ความร้อนแฝง

Abstract

This research was to study the heat transfer characteristics of sensible-heat and latent-heat storage materials. Water and brick were used for study on sensible heat and paraffin for latent heat characteristics. The studies include charging and discharging of the heat. Mass flow rate of the air was 1.992 g/s. The charging process was conducted at inlet temperatures of 70, 80 and 90°C for water and brick, and 90°C for paraffin. Temperature of the discharging process for paraffin was 70°C and temperature of inlet air was ambient. Results show that the best thermal storage material is paraffin. The discharge rate of paraffin is maximum heat and the period is longest. It thus is considered the best thermal storage material to be used subsequently for banana drying of many agricultural products.

Keywords: Heat energy storage, Paraffin, Sensible heat, Latent heat

1. บทนำ

การสะสมพลังงานความร้อนเป็นวิธีการนำความร้อนมาเก็บไว้ในสารกักเก็บความร้อนแล้วค่อย ๆ ใช้งานในแต่ละช่วงเวลา มีสมันต์ธรณ์ และคณะ [1] ศึกษาการอบแห้งสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงจากไม้ฟืน โดยใช้ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ไม่มีระบบเก็บกักความร้อนพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืน 1.7% ซึ่งค่อนข้างต่ำเพราะพลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงซึ่งเหลือจากการแลกเปลี่ยนความร้อนไม่ได้กักเก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ อนาคต และคณะ [2] ศึกษากระบวนการสะสมพลังงานความร้อนแบบไม่เปลี่ยนเฟสในช่วงอุณหภูมิ 50–150 °C โดยใช้น้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วร่วมกับก้อนหินเป็นตัวกลางสะสมความร้อนศึกษากรณีป้องกันความร้อนเข้าและกรณีดึงความร้อนออก พบว่าระบบกักเก็บความร้อนด้วยสารตัวกลางชนิดไม่เปลี่ยนสถานะควรเลือกสารตัวกลางเก็บสะสมความร้อนที่มีค่าความจุความร้อน (C_p) หรือค่าความหนาแน่น (ρ) สูงเนื่องจากอัตราส่วนโดยปริมาตรก้อนหินกับน้ำมันส่งผลต่อการเก็บสะสมความร้อนโดยการเพิ่มปริมาณก้อนหินจะทำให้ความสามารถในการกักเก็บความร้อนสูงขึ้น ในปัจจุบันได้นำระบบเก็บกักความร้อนใช้สำหรับการอบผลิตภัณฑ์การเกษตรมากขึ้น

ณัฐพล [3] สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้รางพาราโบลิคร่วมกับระบบกักเก็บความร้อนแบบเปลี่ยนเฟส ซึ่งใช้พาราฟินเป็นสารกักเก็บความร้อนในรูปความร้อนแฝง ซึ่งช่วยยืดระยะเวลาอบแห้งได้ งานวิจัยด้านอบแห้งได้นำระบบกักเก็บความร้อนสัมผัสมาใช้เช่น El-Sebaai et al. [4] ศึกษาตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบโดยอ้อมใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้ดินเหนียว หิน และทรายเป็นสารกักเก็บความร้อนพบว่าผลิตภัณฑ์แห้งเร็วกว่าตู้อบแห้งที่ไม่มีสารกักเก็บความร้อน Bena and Fuller [5] ศึกษาตู้อบแห้งแสงอาทิตย์แบบโดยตรงร่วมกับใช้ไม้ฟืนเสริมมีอุณหภูมิเป็นตัวกักเก็บความร้อนพบว่าสามารถกักเก็บความร้อนได้ 5 ชั่วโมงซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศเกิน 10°C Madhlopa and Ngwalo [6]

สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับแสงโดยอ้อมร่วมกับการใช้ความร้อนจากชีวมวล ซึ่งกักเก็บความร้อนโดยใช้หิน กรวดและซีเมนต์เป็นตัวดูดซับด้วยความร้อนสัมผัสจากเตาเผาและแสงอาทิตย์ ไฟโรจน์ และคณะ [7] พัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ โดยสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับไม้ฟืน 3 แบบ คือ แบบตู้ แบบอุโมงค์ และแบบชั้นบันไดมีชุดกักเก็บความร้อน โดยใช้อิฐเป็นวัสดุกักเก็บความร้อน ซึ่งประสิทธิภาพการกักเก็บความร้อนของเครื่องอบแห้งทั้ง 3 แบบ มีค่าประมาณ 13-58% ควรพัฒนาระบบเผาไหม้และเก็บกักความร้อนเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งให้สูงขึ้น

ปัจจุบันการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งนำระบบกักเก็บความร้อนมาใช้มากขึ้น เพื่อประหยัดพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งงานวิจัยนี้จึงศึกษาสารกักเก็บความร้อนซึ่งหาง่ายและราคาถูกสำหรับอบผลิตภัณฑ์เกษตร โดยเลือกใช้น้ำในสถานะของเหลวและอิฐในสถานะของแข็งเป็นสารสะสมความร้อนในรูปความร้อนสัมผัส และพาราฟินซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 60°C เป็นสารสะสมความร้อนในรูปของความร้อนแฝง

2. ทฤษฎี

การกักเก็บความร้อนเป็นการสะสมพลังงานความร้อนในสารตัวกลาง รูปแบบการสะสมพลังงานได้แก่ การสะสมความร้อนด้วยความร้อนสัมผัส และการสะสมความร้อนด้วยความร้อนแฝง ซึ่งการกักเก็บความร้อนในรูปความร้อนสัมผัสในงานวิจัยนี้ใช้สมการที่ 1 เพื่อหาปริมาณความร้อนสัมผัส

$$Q_s = mC_p \Delta T \quad (1)$$

เมื่อ Q_s คือ ปริมาณความร้อนสัมผัส (kJ), m คือ มวลของสารกักเก็บความร้อน (kg), C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารกักเก็บความร้อน (kJ/kg·K) โดยที่ค่า C_p ของอิฐมีค่าเท่ากับ 0.79 kJ/kg·K ส่วนค่า C_p ของน้ำมีค่าเท่ากับ 4.2 kJ/kg·K, ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิที่สารกักเก็บความร้อน (K)

สำหรับการกักเก็บความร้อนในรูปความร้อนแฝง พลังงานจะถูกกักเก็บในรูปของความร้อนแฝงโดยปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้วัสดุสะสมความร้อน แล้วทำให้วัสดุนั้นเปลี่ยนเฟส ซึ่งการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนชนิดเปลี่ยนเฟสซับซ้อนมากกว่าชนิดเฟสเดียว เนื่องจาก ปริมาตรมีการเปลี่ยนแปลง ความต้านทานทางความร้อนที่ไม่แน่นอนระหว่างภาชนะบรรจุกับของแข็งในช่วงเปลี่ยนเฟส และแรงลอยตัวของของเหลวที่ผิวหน้าสัมผัสระหว่างของเหลวกับของแข็งก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่ยากต่อการคำนวณ มีวิธีการที่สำคัญสำหรับตรวจสอบทฤษฎีและการทดลองหลายวิธี [8] วิธีเอนทัลปีเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด [9] ในการแก้ปัญหาในช่วงของอุณหภูมิซึ่งสะดวกในการแก้ปัญหารูปทรงที่ซับซ้อนโดยกำหนด ฟังก์ชันเอนทัลปีเป็นตัวแปรตามซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสามารถเขียน H-T curve สำหรับวัสดุเปลี่ยนเฟส เช่น พาราฟิน ด้วยช่วงอุณหภูมิที่เปลี่ยนดังแสดงในรูปที่ 1 โดยแบ่งได้ 5 ช่วง สามารถเขียนสมการได้ดังนี้ [9]

(i) ช่วงเฟสของแข็ง (solid phase)

$$H = C_{ps}T, \quad T \leq T_{(p-a1)} \quad (2)$$

(ii) ช่วงเปลี่ยนอุณหภูมิของแข็งแรกของแข็ง (solid-solid phase)

$$H = C_{ps}T + \frac{L_p}{a1 - a2}(T - T_{(p-a1)}), \quad (3)$$

$$T_{(p-a1)} < T < T_{(p+a2)}$$

(iii) ช่วงของแข็งเปลี่ยนอุณหภูมิแต่ยังได้อุณหภูมิหลอมเหลว

$$H = C_{ps}T + L_p, \quad T_{(p+a2)} \leq T \leq T_{(m-e1)} \quad (4)$$

(iv) ช่วงเปลี่ยนอุณหภูมิเฟสของแข็งเป็นของเหลว (solid-liquid phase)

$$H = C_{pl}T + L_p + \frac{L}{e1 + e2}(T - T_{(m-e1)}), \quad (5)$$

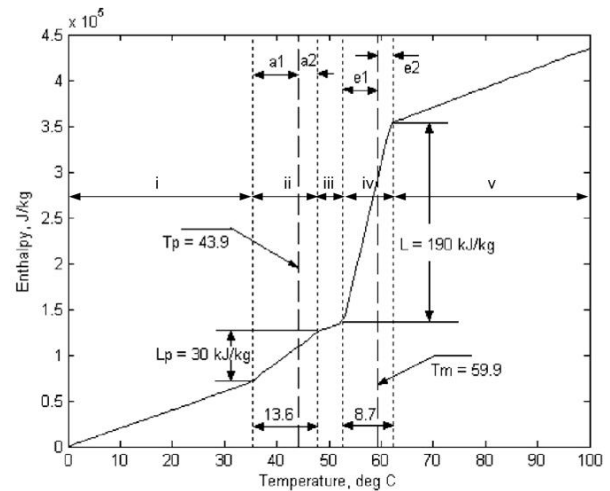
$$T_{(m-e1)} < T < T_{(m+e2)}$$

(v) ช่วงเฟสของเหลว (liquid phase)

$$H = C_{pl}T + L_p + L, \quad T \geq T_{(m+e2)} \quad (6)$$

เมื่อ H คือ เอนทัลปี (kJ/kg), โดยที่งานวิจัยนี้เลือกพาราฟินเป็นวัสดุสะสมความร้อนในรูปของความร้อน

แฝง ใช้ค่าเอนทัลปี จากสมการ 2-6 คำนวณหาความร้อนสะสมในพาราฟิน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพเชิงความร้อนของพาราฟินแสดงดัง ตารางที่ 1



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เอนทัลปีกับอุณหภูมิ [9]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพเชิงความร้อนของพาราฟิน [9]

Property	Values
Melting point, T_m	59.9°C
Melting range, $(dT)_m$	8.7°C
Solid-solid phase change temperature, T_p	43.9°C
Solid-solid phase change range, $(dT)_p$	13.6°C
Specific heat of Solid, $C_{ps} (< 40^\circ \text{C})$	$2.0 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$
Specific heat of Liquid, $C_{pl} (> 60^\circ \text{C})$	$2.15 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}}$
Latent heat of melting, L	$190 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Latent heat of solid-solid change, L_p	$30 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Density of solid, $\rho_s (\text{at } 15^\circ \text{C})$	$910 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Density of liquid, $\rho_l (\text{at } 70^\circ \text{C})$	$790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

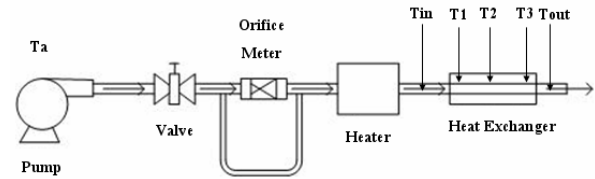
ดังนั้นพลังงานสะสมในพาราฟิน สามารถคำนวณจากสมการที่ 7 ดังนี้ [10]

$$q_{PCM} = \int_{T_{initial}}^{T_{p-a1}} mC_{ps}dT + \int_{T_{p-a1}}^{T_{p+a2}} mC_{ps}dT + mL_p + \int_{T_{m-e1}}^{T_{m+e2}} mC_{pl}dT + mL + \int_{T_{m+e2}}^{T_{final}} mC_{pl}dT \quad (7)$$

3. อุปกรณ์การทดลอง

การจำลองและทดสอบระบบกักเก็บความร้อนเพื่อศึกษาระบบกักเก็บความร้อนในรูปของความร้อนสัมผัส (sensible heat) และความร้อนแฝง (latent heat) โดยเลือกใช้น้ำและอิฐเป็นวัสดุสะสมความร้อนในรูปของความร้อนสัมผัส และพาราฟินเป็นวัสดุสะสมความร้อนในรูปของความร้อนแฝงด้วยชุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย บั๊มทำหน้าที่จ่ายอากาศผ่าน วาล์วซึ่งทำหน้าที่ปรับอัตราการไหลภายในท่อ โดยมีมาตรวัดการไหลแบบออริฟิซ (orifice meter) สำหรับอ่านค่าอัตราการไหลในการทดลองควบคุมอัตราการไหลที่ 1.992 g/s ให้ความร้อนอากาศด้วยฮีตเตอร์ในห้องอุ่นอากาศ อากาศร้อนไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน คือ กระจบกกเก็บความร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 0.5 เมตรหุ้มปิดด้วยฉนวนแอโรฟлекс (Aeroflex) หนา 1 นิ้ว มีท่อผ่านกลางขนาด 1.5 นิ้ว ภายในระหว่างท่อ 3 นิ้ว กับ 1.5 นิ้ว ใช้บรรจุสารกักเก็บความร้อนชนิดต่างๆ วัดค่าอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลซึ่งวัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_a) อุณหภูมิทางเข้า (T_{in}) อุณหภูมิทางออก (T_{out}) และอุณหภูมิในสารกักเก็บความร้อนวัด 3 ตำแหน่ง คือ T_1 , T_2 และ T_3 ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยบันทึกข้อมูลด้วย Data logger (Wisco, DL2200) ทดลองในกรณีป้อนความร้อนซึ่งใช้อากาศเป็นสื่อพาความร้อนเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารกักเก็บความร้อน โดยทดลองที่อุณหภูมิขาเข้า 70, 80 และ 90°C สำหรับน้ำและอิฐ ส่วนพาราฟินทดลองที่อุณหภูมิขาเข้า 90°C ส่วนกรณีดึงความร้อน จะป้อนความร้อนให้สารกักเก็บความร้อนมีอุณหภูมิ 70°C จากนั้นนำห้องอุ่นอากาศออกสำหรับดึงความร้อนสาร

กักเก็บความร้อนด้วยอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ทั้งน้ำ อิฐ และพาราฟิน



รูปที่ 2 ชุดทดลองระบบเก็บกักความร้อน

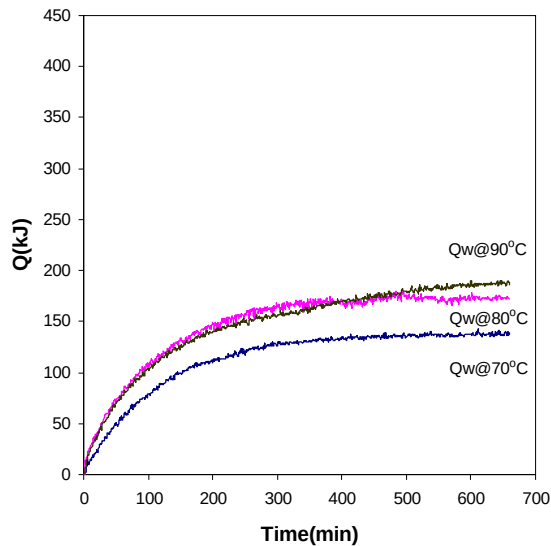
4. ผลและการวิจารณ์การทดลอง

การทดลองเปรียบเทียบสารกักเก็บความร้อน 3 ชนิด คือ น้ำ อิฐ และพาราฟิน ซึ่งทดลองในกรณีป้อนความร้อน และดึงความร้อน เมื่อ Q_w , Q_b , Q_p คือปริมาณความร้อนสะสมของน้ำ อิฐ และพาราฟินตามลำดับ และ $Q_{out,w}$, $Q_{out,b}$, $Q_{out,p}$ คือปริมาณความร้อนดึงออกของน้ำ, อิฐ พาราฟินตามลำดับ

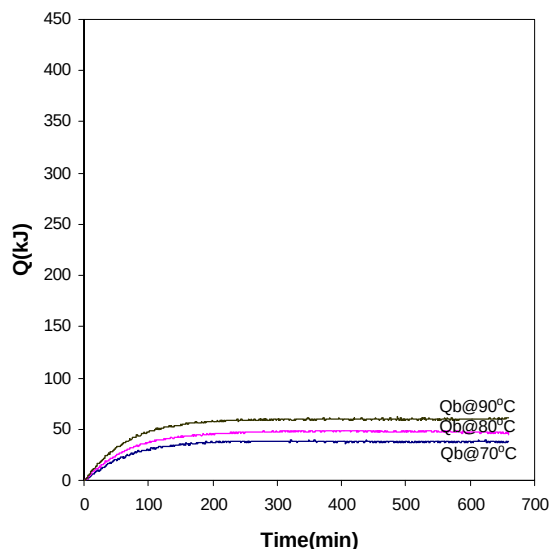
4.1 กรณีป้อนความร้อน

ทดลองป้อนความร้อน น้ำ และอิฐ ที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3 ปริมาณความร้อนสะสมของน้ำที่อุณหภูมิ 70°C ($Q_{w@70°C}$) 80°C ($Q_{w@80°C}$) และ 90°C ($Q_{w@90°C}$) และรูปที่ 4 ปริมาณความร้อนสะสมของอิฐที่อุณหภูมิ 70°C ($Q_{b@70°C}$) 80°C ($Q_{b@80°C}$) และ 90°C ($Q_{b@90°C}$) พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศป้อนเข้าน้ำและอิฐสามารถสะสมความร้อนได้มากขึ้น โดยเฉพาะอิฐจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบสารกักเก็บความร้อนทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 90°C โดยพิจารณาปริมาณความร้อนสะสมของน้ำที่อุณหภูมิ 90°C ($Q_{w@90°C}$) ปริมาณความร้อนสะสมของอิฐที่อุณหภูมิ 90°C ($Q_{b@90°C}$) และ ปริมาณความร้อนสะสมของพาราฟินที่อุณหภูมิ 90°C ($Q_{p@90°C}$) ดังรูปที่ 5 พบว่าช่วงระยะเวลา 250 นาทีแรก สารกักเก็บความร้อนทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำ อิฐ และพาราฟิน จะสะสมปริมาณความร้อนในรูปความร้อนสัมผัส ปริมาณความร้อนสะสมของน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือพาราฟินและอิฐ ซึ่งเป็นผลจากค่าความจุความร้อนของน้ำมากที่สุด หลังจาก 250 นาทีแรกพาราฟินเริ่มดึงความร้อนมาช่วยสำหรับการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็น

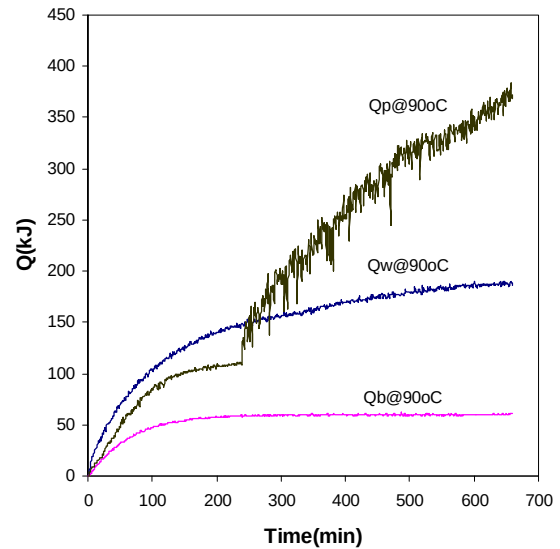
ของเหลว ทำให้ความร้อนสะสมของพาราฟินสูงกว่า
ความร้อนสะสมของน้ำ จากการป้อนความร้อนเท่าๆกัน
พาราฟินสามารถกักเก็บความร้อนได้มากที่สุดเหมาะ
สำหรับใช้เป็นสารกักเก็บความร้อนเพื่อนำความร้อน
ไปใช้ประโยชน์ต่อไป



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์กรณีป้อนความร้อน
ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมของน้ำกับเวลา



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์กรณีป้อนความร้อน
ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมของอิลูกับเวลา



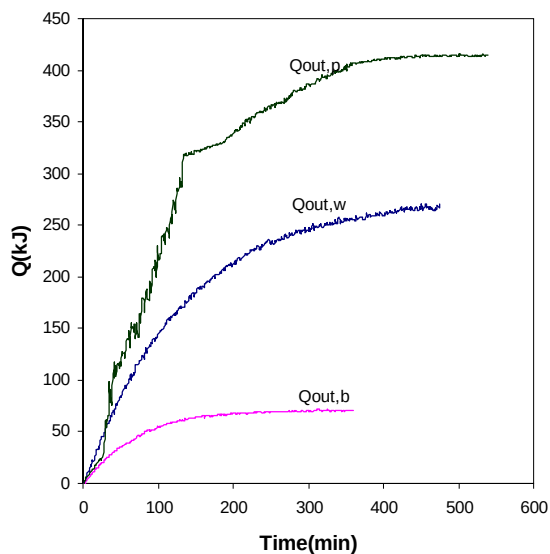
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์กรณีป้อนความร้อน
ระหว่างปริมาณความร้อนสะสมของน้ำ, อิลู และ
พาราฟินกับเวลาที่อุณหภูมิ 90°C

4.2 กรณีดึงความร้อน

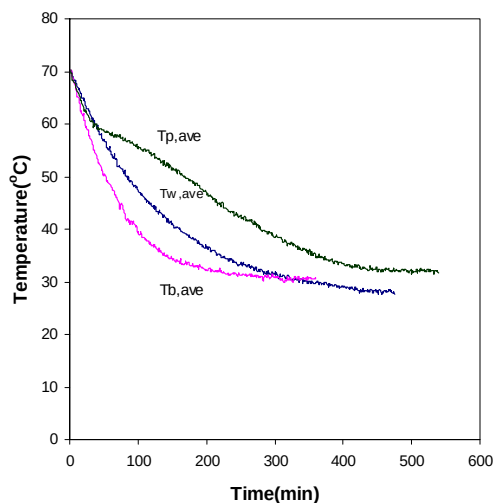
การทดลองดึงความร้อน จะป้อนความร้อนให้
อุณหภูมิในสารเฉลี่ยประมาณ 70°C จากนั้นดึงความ
ร้อนสะสมในสารกักเก็บความร้อนด้วยอุณหภูมิ
สิ่งแวดล้อมประมาณ 30°C เมื่อพิจารณาความร้อนดึง
ออกของน้ำ ($Q_{out,w}$) อิลู ($Q_{out,b}$) และ พาราฟิน ($Q_{out,p}$)
ในรูปที่ 6 และพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยกรณีดึงความ
ร้อนออกของน้ำ ($T_{w,ave}$) อิลู ($T_{b,ave}$) และ พาราฟิน
($T_{p,ave}$) ในรูปที่ 7 พบว่า ในช่วง 30 นาทีแรก อุณหภูมิ
ของพาราฟิน ($T_{p,ave}$) จะลดลงเร็วใกล้เคียงกับอุณหภูมิ
ของน้ำ ($T_{w,ave}$) แต่ปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจาก
พาราฟิน ($Q_{out,p}$) น้อยกว่าปริมาณความร้อนที่ถูกดึง
จากน้ำ ($Q_{out,w}$) เนื่องจากพาราฟินอยู่ในสถานะ
ของเหลวมีค่าความจุความร้อนของพาราฟินมีค่าน้อย
กว่าค่าความจุความร้อนของน้ำหลังจาก 30 นาทีแรก
หลังจากนาที่ที่ 30 อุณหภูมิของพาราฟินลดลงถึง
อุณหภูมิ 60°C พาราฟินจะคายความร้อนออกเพื่อ
เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งปริมาณความ
ร้อนดึงออกของพาราฟิน ($Q_{out,p}$) จะมีค่ามากที่สุด และ
อุณหภูมิของพาราฟิน ($T_{p,ave}$) จะลดลงอย่างช้าๆ ใช้
เวลานานที่สุด ส่วนปริมาณความร้อนดึงออกของอิลู
($Q_{out,b}$) จะน้อยที่สุด อุณหภูมิของอิลู ($T_{b,ave}$) ลดลงเร็ว

ที่สุด และใช้เวลาเร็วที่สุดสำหรับการคายความร้อนที่
สะสม

เนื่องจากช่วงเปลี่ยนสถานะจากของพาราฟิน
มีพลังงานสะสมมาก ส่งผลให้พาราฟินสามารถคาย
ความร้อนได้มาก ในระยะเวลานานเหมาะสำหรับช่วย
เพิ่มประสิทธิภาพเครื่องอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร
ซึ่งต้องการเผาไหม้พื้ครั้งเดียวพลังงานส่วนหนึ่งก็
เก็บในสารกักเก็บความร้อน และปล่อยความร้อนอย่าง
ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานช่วยลดภาระการเติม
เชื้อเพลิง



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์กรณีถึงความร้อน
ระหว่างปริมาณความร้อนที่ออกของน้ำ, อิฐ และ
พาราฟินกับเวลา



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์กรณีถึงความร้อน
ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ, อิฐและพาราฟิน กับ
เวลา

5. สรุป

พาราฟินสามารถกักเก็บความร้อนได้มาก
ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำและอิฐ ซึ่งมีระยะเวลา
สำหรับการคายความร้อนนานที่สุด เหมาะสำหรับ
นำไปออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับ
อบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยผู้สนับสนุน
ทุนการวิจัย และ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ผู้
เอื้อเฟื้อ เครื่องมือและสถานที่ ขอขอบคุณนายอนุสรณ์
แอมไธสง ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] มชมนต์ธรณ์ พรหมทอง, กานต์ บุญฤทธิ์,
ไพโรจน์ ศิริรัตน์, กำพล ประทีปชัยกุล และ พีระ
พงศ์ ทิมสกุล (2546) การแห้งตัวของผลิตภัณฑ์
สมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
ผสมผสานกับพลังงานความร้อนจากไม้พื้ การ
ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง
ประเทศไทยครั้งที่ 17, 15-17 ตุลาคม 2546,
จังหวัดปราจีนบุรี
- [2] ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง และ อติศักดิ์ ทองช่วย,
(2548) การศึกษาและจำลองระบบเก็บสะสม
พลังงานความร้อนแบบไม่เปลี่ยนเฟสในช่วง
อุณหภูมิ 50-150°C, วารสารวิชาการพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ ปีที่15 ฉบับที่ 2
- [3] ณัฐพล รุ่งประแสง, (2547) การอบกล้วยน้ำว้า
ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ราง
พาราโบลคร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานแบบ
เปลี่ยนเฟส, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะ
พลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าธนบุรี

- [4] El-Sebaili, A. A., Aboul-Enein, S., Ramadan, M. R. I., and El-Gohary, H. G. (2002) Empirical correlations for drying kinetics of some fruits and vegetables, *Energy*, 27(9), 845-859.
- [5] Bena, B., and Fuller, R. J. (2002) Natural convection solar dryer with biomass back-up heater, *Solar Energy*, 72(1), 75-83.
- [6] Madhlopa, A., and Ngwalo, G. (2007) Solar dryer with thermal storage and biomass-backup heater, *Solar Energy*, 81, 449-462.
- [7] ไพโรจน์ คีรีรัตน์ พีระพงศ์ ทิมสกุล และกำพล ประทีปชัยกุล, (2549) รายงานฉบับสมบูรณ์การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับกลุ่มเกษตรกร, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [8] Felix Regin, A., Solanki, S. C., Saini J. S. (2008) Heat transfer characteristics of thermal energy storage system using PCM capsules: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 2438-2458
- [9] Felix Regin, A., Solanki, S. C., Saini J. S. (2006) Latent heat thermal energy storage using cylindrical capsule: Numerical and experimental investigations, *Renewable Energy*, 31, 2025-2041
- [10] Felix Regin, A., Solanki, S. C., Saini J. S. (2009) An analysis of a packed bed latent heat thermal energy storage system using PCM capsules: Numerical investigation, *Renewable Energy*, 34, 1765-1773.