# การศึกษาประสิทธิภาพของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก

## The Performance Study of Parabolic Solar Cooker

รพีพงศ์ เปี่ยมสุวรรณ[1*] ภราดร หนูทอง[1] อนุชา กล่ำน้อย[2] ฉลอง สวัสดี[2] ปฏิวัติ วรามิตร[3]
บัณฑิต กฤตาคม[3] และภาณุวัฒน์ จันทร์มาก[4]

[1] สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[3] ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน (DiTo-Lab)
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[4] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
7/1 ถนนนนทบุรี ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
*ติดต่อ: rapeepong.pe@rmuti.ac.th, โทรศัพท์ 044 233 073, โทรสาร 044 233 074

***บทคัดย่อ***

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก โดยใช้แผงสะท้อนรังสีอาทิตย์ติดตั้งอยู่บนแพงจานพาราโบลิก สำหรับรวมแสงอาทิตย์จากการตกกระทบกับจานและสะท้อนไปรวมที่จุดโฟกัส เพื่อเป็นทางเลือกในการนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้งานในครัวเรือน โดยจะทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความร้อนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำจากวัสดุสะท้อนแสง 2 ชนิด คือ อลูมิเนียมฟอยล์และฟิล์มปรอท จากผลการศึกษา พบว่า เตาพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุสะท้อนแสงชนิดอลูมิเนียมฟอยล์ จะให้ประสิทธิภาพการทำความร้อนได้ดีกว่าแบบชนิด ฟิล์มปรอท โดยที่เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบอลูมิเนียมฟอยล์จะใช้เวลาต้มน้ำเดือด 15 นาที ในขณะที่เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบฟิล์มปรอทจะใช้เวลาต้มน้ำเดือด 17 นาที โดยผลสำเร็จของงานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นทางเลือกในการนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้งานในครัวเรือน

***คำหลัก:*** เตาพลังงานแสงอาทิตย์, อะลูมิเนียมฟอยล์, ฟิล์มปรอท, พาราโบลิก

***Abstract***

This study was to investigate the parabolic solar by installing the solar reflectors on solar parabolic dish. There is a surface used to reflect sunlight to the focal point in order to use as household renewable energy. The experiment was compared between two different materials of the heat generating efficiency of solar cooker namely; aluminum foils and film coating. The experimental results revealed that the heat generating efficiency of aluminum foil was higher than the film coating type. The boiling time of the aluminum foil type of solar cooker yields 15 min while the film coating type was 17 min. The results of this study would be considered as an alternative way to use renewable energy for household.

***Keywords:*** Solar cooker; Aluminum foil; film coating; Parabolic.

## 1. บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วไม่หมดไป เรารู้จักการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาตั้งแต่บรรพบุรุษ โดยการใช้ประโยชน์โดยตรงจากแสงและความร้อนของดวงอาทิตย์ ความร้อนที่ได้จากแสงแดดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ซึ่งหนึ่งในวิธีการที่น่าสนใจคือ การนำแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการหุงต้มอาหาร โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าพาราโบลา สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ช่วยในการรวบรวมรังสีแบบรางพาราโบลานั้นมีมาอย่างต่อเนื่อง ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบพาราโบลาเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะของรูปร่างผิวโค้ง มีวัตถุสะท้อนแสงบริเวณผิวทำหน้าที่สะท้อนแสงอาทิตย์ให้ไปรวมที่จุดโฟกัส [1] โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ช่วยในการรวบรวมรังสีแบบรางพาราโบลิก ดังต่อไปนี้

ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ และ ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง [2] ได้สร้างจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา โดยทำการวิเคราะห์แบบฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมที่ทำให้การผลิตชิ้นส่วนสำหรับตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสามารถทำได้อย่างแม่นยำในเชิงตัวเลข จากการทดสอบในสภาพแสงแดด พบว่าระบบที่เหมาะสมสามารถสร้างพลังงานความร้อนได้โดยเฉลี่ย 4,180 กิโลจูล ในช่วงการทดสอบ 5 ชั่วโมง

กระวี ตรีอำนรรค และคณะ [4] ศึกษาการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบล่า ตัวเครื่องประกอบด้วยจานรับทำจากเหล็กแผ่นอาบสังกะสีทรงพาราโบล่า ตัวจานรับถูกวางให้หันไปทางทิศใต้และทำมุมยก 15 องศา กับระนาบเพื่อรับรังสีจากดวงอาทิตย์ ทำการประเมินสมรรถนะการอบแห้งด้วยการระเหยน้ำอิสระ เปรียบเทียบกับการตากแห้งแบบทั่วไป ช่วงเวลาการทดสอบคือ 10.00 น. - 16.00 น. ของแต่ละวัน ผลการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพการใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ 51% และสามารถลดความชื้นของพริกให้เหลือน้อยที่สุดได้ 5.49 %db นอกจากนี้เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้น ยังช่วยป้องกันฝุ่นและแมลงรบกวนได้ดีกว่า และใช้เวลาการอบแห้งน้อยกว่าการตากแห้งทั่วไป

สุระ ตันดี และคณะ [4] ศึกษาและออกแบบจานรับพลังงานแสงอาทิตย์พาราโบลิคแบบปรับองศาตามดวงอาทิตย์ และไม่ปรับตามดวงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับความร้อนของจานทั้งสองแบบ ผลจากการศึกษาพบว่าจานรับพลังงานแสงอาทิตย์พาราโบลิคชนิดปรับองศาตามดวงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพการรับความร้อนเท่ากับ 57.04 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประสิทธิภาพการรับความร้อนของ ชนิดไม่ปรับตามดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 12.77 เปอร์เซ็นต์

หริรักษ์ ควรประดิษ อัมพร กุญชรรัตน์ และธนรัตน์ แต้วัฒนา [5] ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ผลิตกล้วยอบม้วนพัฒนาวิธีการถนอมอาหารและเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยออกแบบจานรวมรังสีขนาดพื้นที่ 4 ตารางเมตร โดยจะทำการทดลองอบกล้วยน้ำว้าที่น้ำหนักมวลรวม 5 กิโลกรัมเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 52.5 องศาเซลเซียส สามารถผลิตปริมาณความร้อนได้เท่ากับ 2800 วัตต์ สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์ลงได้ร้อยละ 62.1 ของน้ำหนัก

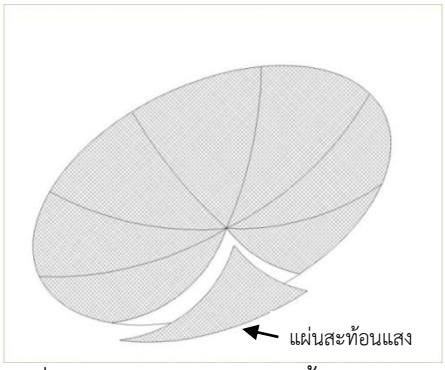
สรวิศ สอนสารี และคณะ [6] ทำการวิจัยและพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบล่า โดยการออกแบบสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดฮีทไปป์

ร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบล่า ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9806-1 พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 78%

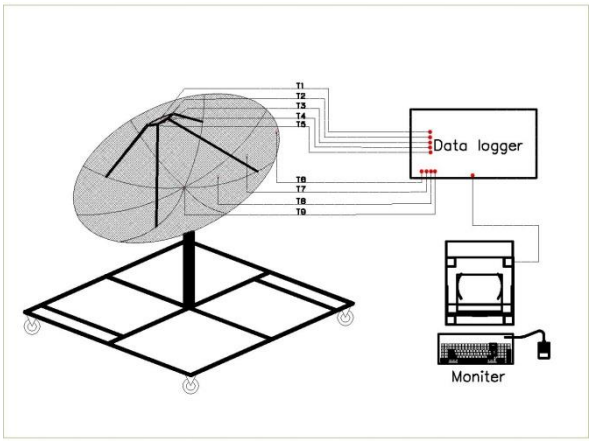
ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพกาทำความร้อนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก โดยได้ทำการออกแบบและทดลองใช้ประโยชน์จากความร้อนของแสงอาทิตย์ ซึ่งรูปทรงของพาราโบลิกผิวด้านในทำด้วยวัสดุสะท้อนแสงเพื่อรวมแสงอาทิตย์จากการตกกระทบกับจานและสะท้อนไปรวมที่จุดโฟกัส ซึ่งเราสามารถนำความร้อนจากจุดโฟกัสนี้มาใช้ เพื่อเป็นทางเลือกในการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ในครัวเรือนโดยการประกอบอาหารได้อย่างเหมาะสม

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการสะท้อนแสงที่ผู้วิจัยเลือกทำการทดลอง คือ อะลูมิเนียมฟอยล์ โดยนำพลาสติกลูกฟูกสีขาวมาตัดเป็นกลีบทั้งหมด 8 กลีบให้มีขนาดพอดีกับจานดาวเทียม โดยจะมีพื้นที่ที่ใช้ในการสะท้อนแสงทั้งหมด 2 ตารางเมตร ตัดวัสดุสะท้อนแสงให้มีขนาดเท่ากับกลีบของพลาสติกลูกฟูกแล้วนำมาเย็บติดกัน จากนั้นนำไปติดบนจานดาวเทียม ดังแสดงในรูปที่ 1 แล้วนำไปติดตั้งบนฐานรองรับ พร้อมทั้งต่อเข้ากับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำการทดลองต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2




รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง




รูปที่ 2 แสดงชุดอุปกรณ์การทดลอง

จากภาพที่ 2 ผู้วิจัยจะนำเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก ไปตั้งไว้ในที่โล่งแจ้งเพื่อใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการทำให้น้ำ 300 กรัม มีอุณหภูมิสูงที่สุด จึงได้เลือกช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 13.00 น. ในการทำการทดลอง โดยใช้วัสดุสะท้อนแสงชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์และฟิล์มปรอท วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนการทดลองและอุณหภูมิของอากาศในวันที่ทำการทดลอง จากนั้นทำการทดลองโดยนำน้ำ 300 กรัม เทใส่ในภาชนะสำหรับทดลอง แล้วนำไปวางไว้ยังจุดโฟกัส ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งจะอ่านค่าด้วย Data logger จะทำการบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที โดยจะเริ่มทดลองครั้งที่ 1 ที่ช่วงเวลา 11.00 น. - 11.20 น. ครั้งที่ 2 ที่ช่วงเวลา 11.45 น. - 12.05 น. และครั้งที่ 3 ที่ช่วงเวลา 12.30 น. - 12.50 น. โดยจะทำการเปลี่ยนน้ำทุกครั้งสำหรับการทดลอง หลังจากทำการทดลองทุกช่วงเวลาเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการทดลองซ้ำอีกครั้งในวันถัดไปเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ก่อนนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง

## 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความร้อนและกำลัง (power) จากสมการดังต่อไปนี้ [7]

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

$$P = \frac{Q}{t} \qquad (2)$$

ประสิทธิภาพการทำความร้อน คำนวณจากสมการที่ (3)

$$\eta = \frac{P}{IA_C} \qquad (3)$$

โดยที่

P คือ พลังงานความร้อน (W),

Q คือ ปริมาณความร้อน (J)

t คือ เวลา (s)

m คือ มวลของน้ำ 300 g

c คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg.°C)

$\Delta T$ คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (°C)

$\eta$ คือประสิทธิภาพการทำความร้อน (%)

I คือความเข้มรังสีอาทิตย์ ($W/m^2$)

$A_C$ คือพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ ($m^2$)

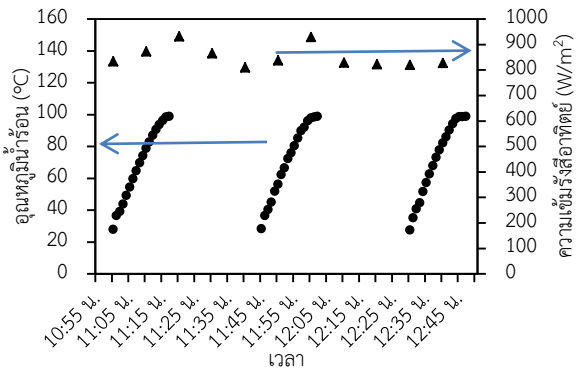
## 4. ผลการทดลอง

### 4.1 ผลของการทำน้ำร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิก

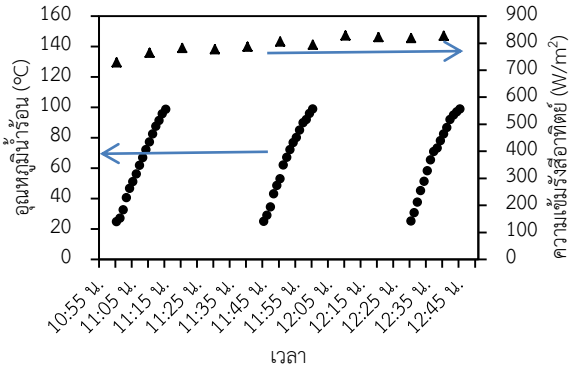
การทดสอบการทำน้ำร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิกเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำความร้อนด้วยการต้มน้ำจำนวน 300 g โดยติดตั้งภาชนะบรรจุน้ำไว้บริเวณจุดโฟกัสของจานพาราโบลาทำการทดลองในช่วงเวลา 11:00 น. ถึง 13:00 น. เป็นเวลาที่มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เพื่อทำน้ำร้อนจากอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 25 °C จนถึงอุณหภูมิประมาณ 99 °C และใช้ตัวสะท้อนรังสี 2 ชนิด คือ ฟิล์มปรอท และอลูมิเนียมฟอยล์ โดยมีพื้นที่สะท้อนรังสี 2.00 $m^2$ และมีพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ 1.77 $m^2$

จากการศึกษา พบว่า การใช้ตัวสะท้อนรังสีที่ทำจากฟิล์มปรอทใช้เวลา 17 นาที และอลูมิเนียมฟอยล์ใช้เวลา 15 นาที ในการทำอุณหภูมิประมาณ 99 °C แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 และตารางที่ 1 ทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ โดยมีความเข้มรังสีอยู่ในช่วง 746 ถึง 883 $W/m^2$ จากการทำความร้อนในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่า พลังงานความร้อนจากการผลิตน้ำร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิก กรณีใช้ฟิล์มปรอทเป็นตัวสะท้อนรังสีสามารถทำพลังงานความร้อนอยู่ในช่วง 86.8 ถึง 87.8 W กรณีใช้อลูมิเนียมฟอยล์ตัวสะท้อนรังสีสามารถทำพลังงานความร้อนอยู่ในช่วง 102.7 ถึง 102.8 W โดยกรณีการใช้ฟิล์มปรอทเป็นตัวสะท้อนรังสีทำพลังงานความร้อนได้น้อยกว่าการใช้อลูมิเนียมฟอยล์ทุกช่วงเวลาของการทดสอบ

เนื่องจากผิวของฟิล์มปรอทมีลักษณะผิวมันและบางทำให้รังสีแสงอาทิตย์ทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม และอีกส่วนสะท้อนไปยังภาชนะบรรจุน้ำ โดยรังสีที่สะท้อนไปยังภาชนะบรรจุน้ำจะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีลักษณะทึบทำให้รังสีทะลุผ่านน้อยกว่า ให้เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิกที่ใช้ตัวสะท้อนรังสีทำจากอลูมิเนียมฟอยล์มีประสิทธิภาพสูงกว่า




**รูปที่ 3** ผลการทำความร้อนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิกโดยใช้ตัวสะท้อนรังสีที่ทำจากฟิล์มปรอท



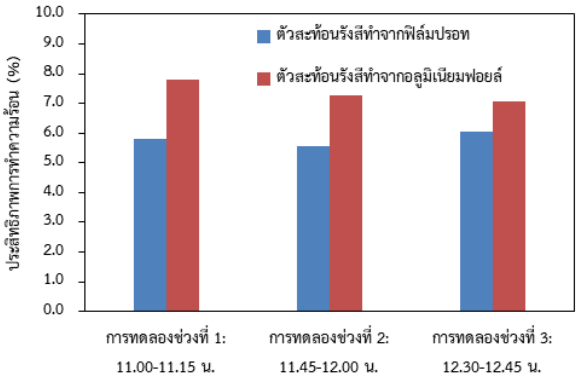

**รูปที่ 4** ผลการทำความร้อนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิกโดยใช้ตัวสะท้อนรังสีที่ทำจากแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์

**ตารางที่ 1** ผลการคำนวณค่าพลังงานและประสิทธิภาพการทำน้ำร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิก

| ตัวสะท้อนรังสี | ช่วงเวลาทดสอบ | ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย (W/m2) | พลังงานความร้อน (W) | ประสิทธิภาพการทำความร้อน (%) |
|---|---|---|---|---|
| ฟิล์มปรอท | 11:00-11:15 น. | 853 | 87.3 | 5.8 |
| | 11:45-12:00 น. | 883 | 86.8 | 5.6 |
| | 12:30-12:45 น. | 823 | 87.8 | 6.0 |
| อลูมิเนียมฟอยล์ | 11:00-11:15 น. | 746 | 102.8 | 7.8 |
| | 11:45-12:00 น. | 800 | 102.8 | 7.3 |
| | 12:30-12:45 น. | 823 | 102.7 | 7.1 |

### 4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิก

จากการคำนวณประสิทธิภาพการทำความร้อนด้วยการผลิตน้ำร้อนด้วยเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิก พบว่า กรณีใช้ฟิล์มปรอทเป็นตัวสะท้อนรังสีมีประสิทธิภาพการทำความร้อนอยู่ในช่วง 5.6 ถึง 6.0 % กรณีใช้อลูมิเนียมฟอยล์ตัวสะท้อนรังสีสามารถทำพลังงานความร้อนอยู่ในช่วง 7.1 ถึง 7.8 % โดยกรณีการใช้ฟิล์มปรอทเป็นตัวสะท้อนรังสีมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้อลูมิเนียมฟอยล์ทุกช่วงเวลาของการทดสอบ




**รูปที่ 5** ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความร้อนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิก

### 5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิกที่มีการใช้ฟิล์มปรอทและอลูมิเนียมฟอยทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนรังสี พบว่า การใช้อลูมิเนียมฟอยล์เป็นตัวสะท้อนรังสีสำหรับเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบจานพาราโบลิคจะมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าการใช้ฟิล์มปรอททำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนรังสี

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้เงินทุนสนับสนุนโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561 โดย “โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ NKR2561REV046” ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และได้ให้คำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

### 7. เอกสารอ้างอิง

[1] Garg, H.P. and Prakash, J. (2000). *Solar Energy Fundamentals and Application,* Tata McGraw Hill, New Delhi.

[2] ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ และธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง. 2554. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กระบี่.

[3] ภควัต โอวาท. 2551. *การศึกษาเชิงทดลองหุงข้าวด้วยจานรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก*, ปริญญานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

[4] กระวี ตรีอำนรรค, เทวรัตน์ ทิพยวิมล, ชนินทร์ จิตรเจริญ และดวงพร วงษ์วัฒนพงษ์. 2555. การอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบล่า. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* 43(3): หน้า 43-46.

[5] สุระ ตันดี, ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐม พงษ์สิริ สารบรรณ และวิษณุ ทัพทะมาตย์. 2555. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับความร้อนของจานรับพลังงานแสงอาทิตย์พาราโบลิกชนิดปรับองศาตามดวงอาทิตย์และไม่ปรับตามดวงอาทิตย์, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, เชียงราย.

[6] หริรักษ์ ควรประดิษ อัมพร กุญชรรัตน์ และธนรัตน์ แต้วัฒนา. 2556. *การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร*, วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 7(2): หน้า 81-90

[7] สรวิศ สอนสารี, วิสุทธิ์ แช่มสะอาด, สุขฤดี สุขใจ, ไพฑูรย์ เหล่าดี และฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงษ์. 2557. การพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 19 (2): หน้า 105–121.

[8] สมชัย อัครทิวา และขวัญจิต วงษ์ชารี. (2554). *เทอร์โมไดนามิกส์ (แปล)*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชันแนล เอนเตอร์ไพรส์ อิงค์.