

ต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์ A Small Solar House for Fibrous Tobacco Drying

เผชญิ จันทรสา*, ถวัลย์ มะลิซ้อน และ ปรีชา มะหะหมัด

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
61 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

*ติดต่อ: pachern.ja@spu.ac.th, โทรศัพท์ 0-2579-1111 ต่อ 1202, โทรสาร 0-2579-1111 ต่อ 2147

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการสร้างและทดลองต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อแก้ปัญหาการตากแห้งเส้นยาสูบของเกษตรกรที่ประสบกับสภาวะความแปรปรวนของสภาวะแวดล้อมที่ทำให้เส้นยาสูบเสียหายในระหว่างการตากแห้ง โดยต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบที่สร้างขึ้นเน้นการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก พื้นที่ของหลังคาซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำด้วยสังกะสีแผ่นลอน ผึงและพื้นรวมทั้งท่อนำความร้อนเข้าสู่โรงเรือนทำด้วยแผ่นยิปซัมแบบเรียบสองชั้น ส่วนโครงสร้างทำด้วยเหล็กกล่อง ในการทดลองมีการวัดและบันทึกค่าต่างๆ ได้แก่ มวลของเส้นยาสูบก่อนและหลังการอบแห้ง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของโรงเรือนอบแห้ง อัตราเร็วลมที่ไหลเข้าโรงเรือนอบแห้ง ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม จากการทดลองพบว่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้รับ 42.1 MJ สามารถทำการอบแห้งเส้นยาสูบจาก 6.4 kg (ของเส้นยาสูบก่อนอบแห้ง) เหลือ 2 kg คิดเป็นพลังงานการอบแห้ง 10.6 MJ โดยมีประสิทธิภาพของการอบแห้ง 25.2 %

คำหลัก: โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, เส้นยาสูบ, พลังงานการอบแห้ง, ประสิทธิภาพการอบแห้ง

Abstract

This study is an experimental test on a small solar house for fibrous tobacco drying. The aim is to solve the problem of product was damaged by climate change during drying in the field. A small solar house has been constructed by using a local material. A collector is made from corrugated iron sheets, all of the walls and air-duct are made from gypsum sheets, and frames of structure are made from steel tubes. All necessary data has been recorded during test. The result shows that, at the collected solar energy of 42.1 MJ, the product can be dried from 6.4 kg to be 2.0 kg which is equivalent to drying energy is about 10.6 MJ. And the drying efficiency of the system is 25.2%.

Keywords: a solar house dryer, fibrous tobacco, drying energy, drying efficiency

1. บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยาสูบในหลายจังหวัดทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการปลูกยาสูบจะเป็นลักษณะของพืชหมุนเวียน คือจะทำการปลูกยาสูบในนาข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จแล้วดังรูปที่ 1 การแปรรูปยาสูบที่สำคัญคือการผลิตเส้นยาสูบ ซึ่งจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่มีการผลิต (รับซื้อ) เส้นยาสูบมากที่สุด โดยมีปริมาณการผลิตในฤดูกาลผลิตปี 2551/2552 มากถึง 19,860,839 kg [2] เส้นยาสูบที่แปรรูปแล้วมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยมีราคารับซื้อ ณ

ท้องถิ่นการผลิตที่ประมาณ 110 บาทต่อกิโลกรัม การทำให้แห้งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการผลิตเส้นยาสูบ ซึ่งวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้มากที่สุดคือการตากแดดกลางแจ้ง ดังรูปที่ 2 เพราะทำได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ แต่การตากแดดกลางแจ้งมักประสบปัญหาผลผลิตเสียหายจากความแปรปรวนของสภาวะแวดล้อม ดังนั้นการอบแห้งเส้นยาสูบโดยใช้โรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถป้องกันการเสียหายต่อผลผลิต

ขณะอบแห้งได้[1] ซึ่งการออกแบบโรงเรือนอบแห้งให้มีต้นทุนต่ำโดยใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูกนั้น จำเป็นจะต้องมีสรางและทดลองจริงเพื่อให้รู้สมรรถนะและประสิทธิภาพของการอบแห้ง



รูปที่ 1 พื้นที่การปลูกยาสูบในนาหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว



รูปที่ 2 การตากแห้งเส้นยาสูบ

2.การสร้างต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาและทดลองเพื่อพัฒนาต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการสร้างโรงเรือนอบแห้งขนาดเล็กขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและทดลองจริงในสภาวะกลางแจ้ง ดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3 ต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 4 พื้นที่ส่วนหลังคาของโรงเรือนอบแห้ง



รูปที่ 5 แสดงส่วนท่อนำลมร้อน

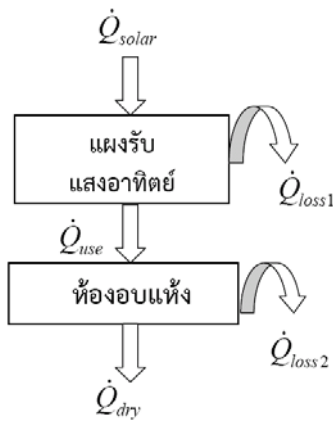
ต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเน้นการใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นและมีราคาถูก โดยใช้แผ่นพลาสติกใสปิดคลุมพื้นที่หลังคาและพื้นที่ของหลังคาซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำด้วยสังกะสีแผ่นลอนทาด้วยสีดาด้าน ผง และพื้นของโรงเรือนอบแห้งอบแห้ง รวมถึงท่อนำลมร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งทำด้วยแผ่นยิปซัมแบบเรียบสองชั้น ส่วนโครงสร้างทำด้วยเหล็กกล่อง มีพัดลมดูดอากาศซึ่งติดตั้งไว้ในท่อนำลมร้อน ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนลมร้อนจากใต้หลังคาให้เข้าไปยังห้องอบแห้ง

ในการสร้างต้นแบบโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบนั้นได้ทำการกำหนดขนาดพื้นที่หลังคาที่ใช้เป็นตัวรับแสงอาทิตย์เท่ากับ 3 m^2 (กว้าง 1.5 m ยาว 2.0 m) ซึ่งจากปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยของประเทศไทยที่ $18.2 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{day}$ [1] จะทำให้ได้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่หลังคาประมาณ 54.6 MJ/day ดังนั้นถ้าคิดประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ตามเงื่อนไขสภาพอากาศของประเทศไทยเท่ากับ [1] 26 % ซึ่งจะได้พลังงานที่นำไปใช้ในการอบแห้งเท่ากับ

14.2 MJ/day ดังนั้นจะทำให้สามารถอบแห้งเส้นยาสูบได้ครั้งละประมาณ 6.0 kg เมื่อคิดสัดส่วนมวลเส้นยาสูบหลังอบแห้งต่อมวลเส้นยาสูบก่อนอบแห้งเท่ากับ 1/3 (จากการสำรวจจริงของวิธีการตากแห้ง) และคิดค่าความร้อนแฝงของน้ำที่ 2385 kJ/kg (ที่อุณหภูมิ 49 °C [1])

3. การถ่ายเทความร้อนของระบบ

การรับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อนำมาทำความร้อนให้กับอากาศ และใช้อากาศหรือลมร้อนเป็นตัวกลางในการนำพาพลังงานความร้อนไปใช้ในการอบแห้งเส้นยาสูบที่อยู่ในห้องอบแห้งสามารถแสดงเป็นแผนภาพการถ่ายเทพลังงานความร้อน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงการถ่ายเทพลังงานความร้อน

3.1 สมดุลพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์

สมการสมดุลพลังงานที่แผงรับแสงอาทิตย์สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$\dot{Q}_{use} = \dot{Q}_{abs} - \dot{Q}_{loss1} \quad (1)$$

$$= (\tau\alpha)_e A_c I_T - U_L A_c (T_c - T_o)$$

โดยที่ $\dot{Q}_{use}$ = พลังงานความร้อนที่ลมร้อนได้รับจากแผงรับแสงอาทิตย์ (W), $\dot{Q}_{abs}$ = พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงรับแสงอาทิตย์สามารถดูดซับไว้ได้ (W), $\dot{Q}_{loss1}$ = ความร้อนสูญเสียจากแผงรับแสงอาทิตย์ (W), $(\tau\alpha)_e$ = ค่าผลคูณประสิทธิภาพระหว่างค่าการส่งผ่านแสงของกระจก (τ_c) และค่าการดูดซับแสงอาทิตย์ของวัตถุอบแห้ง (α_c) = $1.01 \times \tau_c \times \alpha_c$ (Duffie and Beckman, 1992), A_c = พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์ (m^2), I_T = ค่าความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ (W/m^2), U_L = ค่าสมประสิทธิ์การถ่ายเท

ความร้อนรวมของแผงรับแสงอาทิตย์ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$), T_c = อุณหภูมิเฉลี่ยของแผงรับแสงอาทิตย์ ($^\circ C$), T_o = อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ($^\circ C$)

3.2 สมดุลพลังงานความร้อนของห้องอบแห้ง

สมการสมดุลพลังงานความร้อนที่ห้องอบแห้งสามารถหาได้ดังนี้

$$\dot{Q}_{dry} = \dot{Q}_{use} - \dot{Q}_{loss2} \quad (2)$$

$$= (\tau\alpha)_e A_c I_T - U_L A_c (T_c - T_o) - U_r A_r (T_r - T_o)$$

โดยที่ $\dot{Q}_{dry}$ = พลังงานความร้อนที่ใช้อบแห้ง (W), $\dot{Q}_{loss2}$ = ความร้อนสูญเสียจากห้องอบแห้ง (W), U_r = ค่าสมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังห้องอบแห้ง ($W/m^2 \cdot ^\circ C$), A_r = พื้นที่รวมด้านข้างและด้านล่างของห้องอบแห้ง (m^2), T_r = อุณหภูมิเฉลี่ยของห้องอบแห้ง ($^\circ C$)

3.3 การถ่ายเทพลังงานความร้อนของอากาศชื้น

กระบวนการอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์อาศัยการทำความร้อนให้กับอากาศ เพื่อทำให้สถานะเงื่อนไขของอากาศชื้นจากภายนอกก่อนเข้าห้องอบ มี ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแผงรับแสงอาทิตย์ ($\dot{Q}_{use}$) สามารถที่จะหาได้จากการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปีของอากาศที่ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ ดังสมการต่อไปนี้

$$\dot{Q}_{use} = \dot{m}_o (h_{out} - h_{in}) \quad (3)$$

โดยที่ $\dot{m}_o$ = อัตรามวลไหลของอากาศที่ไหลเข้าโรงเรือนอบแห้ง (kg/s), h_{out} = เอนทาลปีจำเพาะของอากาศที่ทางออกแผงรับแสงอาทิตย์ (J/kg), h_{in} = เอนทาลปีจำเพาะของอากาศก่อนที่ทางเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ (J/kg)

และสำหรับพลังงานความร้อนที่ใช้ออบแห้ง ($\dot{Q}_{dry}$) ที่ส่งผลให้เส้นยาสูบแห้งลง ก็จะสามารถหาได้จากความร้อนแฝงของน้ำในเส้นยาสูบที่หายไปในช่วงของการอบแห้ง ดังสมการต่อไปนี้

$$\dot{Q}_{dry} = \frac{m_w h_{w@T_r}}{\Delta t} \quad (4)$$

โดยที่ m_w = มวลของน้ำในเส้นยาสูบที่หายไปจากการอบแห้ง (kg), $h_{w@T_r}$ = เอนทาลปีจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ยของการอบแห้ง (J/kg), Δt = ช่วงเวลาของการอบแห้ง (s)

3.4 ประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\eta_c = \frac{\dot{Q}_{use}}{\dot{Q}_{solar}} = \frac{\dot{m}_o (h_2 - h_1)}{A_c I_T} \quad (5)$$

โดยที่ $\dot{Q}_{solar}$ = พลังงานจากแสงอาทิตย์ (W)

ส่วนประสิทธิภาพของห้องอบแห้งสามารถหาได้จาก

$$\eta_r = \frac{\dot{Q}_{dry}}{\dot{Q}_{use}} = \frac{m_w h_{w@T_r} / \Delta t}{\dot{m}_o (h_2 - h_1)} \quad (6)$$

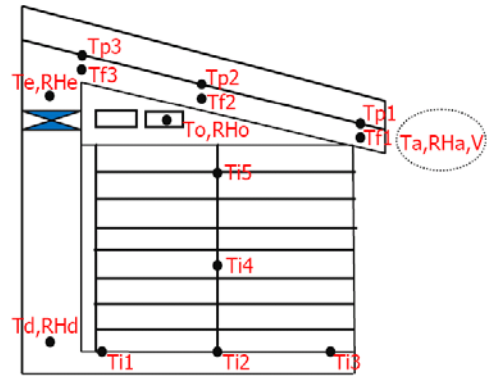
และสำหรับประสิทธิภาพของโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบพลังงานแสงอาทิตย์คือสัดส่วนของพลังงานของการอบแห้งต่อพลังงานจากแสงอาทิตย์ดังสมการ

$$\eta_{sys} = \frac{\dot{Q}_{dry}}{\dot{Q}_{solar}} = \frac{m_w h_{w@T_r} / \Delta t}{A_c I_T} \quad (7)$$

4. การทดลองเก็บข้อมูล

ในการทดลองจริงกลางแจ้งกับต้นแบบโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นนั้น ได้มีการวัดและบันทึกค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการหาค่าพลังงานและประสิทธิภาพของการอบแห้งในระยะเวลาทุกๆ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 8:00 น. จนถึงเวลา 15:45 น. ซึ่งได้แก่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่จุดต่างๆ ของโรงเรือนอบแห้ง อัตราเร็วลมที่ไหลเข้าโรงเรือนอบแห้ง ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม โดยก่อนทดลองได้มีการชั่งมวลของเส้นยาสูบ แล้วนำเส้นยาสูบเกลี่ยลงบนตะแกรง ซึ่งมีตะแกรงทั้งหมด 8 ชั้น แล้วจึงนำตะแกรงบรรจุเส้นยาสูบใส่เข้าไปในห้องอบแห้งดังรูปที่ 5 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการอบแห้งก็จะนำเส้นยาสูบออกมาทำการชั่งมวลอีกครั้ง ผลต่างของมวลเส้นยาสูบก่อนและหลังการอบแห้ง ก็จะนำไปใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากการ

เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของอากาศ โดยตำแหน่งของจุดวัดต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตำแหน่งต่างๆของจุดวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอบแห้งที่ไหลผ่านโรงเรือนอบแห้ง



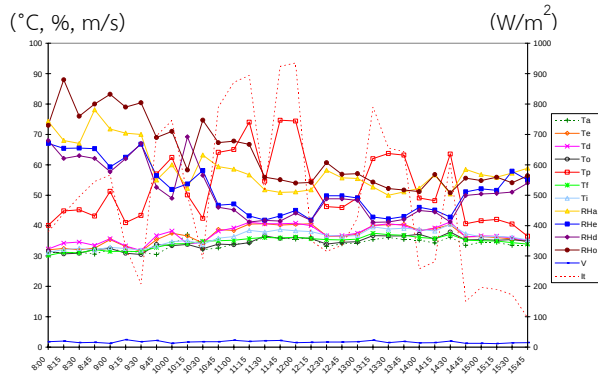
รูปที่ 6 การเกลี่ยเส้นยาสูบลงบนตะแกรง



รูปที่ 7 การจัดเรียงตะแกรงในห้องอบแห้ง

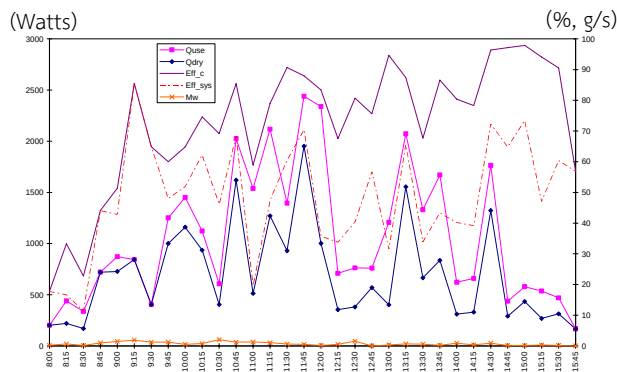
5. ผลการทดลอง

รูปที่ 8 แสดงข้อมูลจากการวัดในการทดลองจริงของต้นแบบโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งได้แก่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ จุดต่างๆ ดังรูปที่ 5, ความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ และอัตราเร็วลมที่ทางเข้าตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (ทางเข้าใต้หลังคา)



รูปที่ 8 ผลการทดลองการอบแห้งของโรงเรือนอบแห้ง
พลังงานแสงอาทิตย์

จากข้อมูลการวัดที่ได้ตั้งรูปที่ 8 สามารถนำไปวิเคราะห์และคำนวณหาค่าพลังงานและปริมาณความชื้นของการอบแห้งได้ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการคำนวณสมรรถนะต่างๆของโรงเรือนอบแห้ง

ซึ่งข้อมูลที่คำนวณได้ตั้งรูปที่ 9 จะสัมพันธ์กับค่าพลังงานและปริมาณความชื้นของการอบแห้งที่ได้จากผลต่างของมวลของเส้นยาสูบก่อนและหลังการอบแห้ง โดยสามารถแสดงค่าเปรียบเทียบระหว่างค่าที่คำนวณจากกระบวนการเปลี่ยนเอนไซม์ของอากาศตามสมการที่ (3) และค่าพลังงานที่คิดจากผลต่างมวลของเส้นยาสูบก่อนและหลังอบแห้งตามสมการที่ (4) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปเปรียบเทียบผลการคำนวณ

เอนไซม์การคำนวณ	Q_{solar} (MJ)	Q_{dry} (MJ)	m_w (kg)	η_{sys} (%)
เอนไซม์อากาศ	42.1	12.7	4.96	33.2
มวลเส้นยาสูบ	42.1	10.6	4.4	25.2

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าค่าสมรรถนะต่างๆของโรงเรือนอบแห้งเส้นยาสูบที่คำนวณได้จากการ

เปลี่ยนแปลงเอนไซม์ของอากาศ จะมีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณจากผลต่างของมวลเส้นยาสูบก่อนและหลังอบแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าที่คำนวณจากเอนไซม์ของอากาศต้องใช้ข้อมูลที่ผ่านมาการวัดและการสังเคราะห์หลายขั้นตอน จึงทำให้ผลการคำนวณเกิดความคลาดเคลื่อนได้

6.สรุป

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าที่พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับ 42.1 MJ ต้นแบบโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นสามารถทำการอบแห้งเส้นยาสูบจาก 6.4 kg (ของเส้นยาสูบก่อนอบแห้ง) เหลือ 2.0 kg คิดเป็นพลังงานการอบแห้งประมาณ 10.6 MJ โดยมีประสิทธิภาพของการอบแห้งเฉลี่ย 25.2 % ซึ่งถึงแม้จะมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างต่ำ แต่ด้วยลักษณะของการออกแบบที่ใช้พื้นที่หลังคาที่จำกัดเป็นตัวบังคับ และใช้วัสดุที่ทำซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงในท้องถิ่นของการเพาะปลูก จึงอาจเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาให้การตากแห้งเส้นยาสูบของเกษตรกรได้

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณกลุ่มนักศึกษา สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีปทุม (ปิยะบุตร ผลผลา, ภูวนาถ พรหมดนตรี, สุธะเชษฐ์ พรหมแสง และอุดมพงศ์ ผลพิมาย) สำหรับการสร้างและช่วยเก็บข้อมูลในการทดลองต้นแบบโรงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่มีส่วนสนับสนุนการนำเสนอบทความนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] เผชญ จันทรสา, บัณฑิต ลีมีโชคชัย และจำนง สรพิพัฒน์ (2550). การศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย: สมรรถนะเชิงพลังงานและแนวทางการส่งเสริม, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, โรงแรมไบฮายกสกาย กรุงเทพมหานคร
- [2] ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ (2552). เอกสารสรุปสถานการณ์ควบคุมการบริโภคยาสูบประเทศไทย 2552, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.trc.or.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 30/11/2553.