

โรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์ – เชื้อเพลิง กลีเซอรอล ในระดับอุตสาหกรรม

Solar Energy - Glycerol Fuel Rubber Dryer In The Industrial Scale

อนุสรณ์ ชิตบุญศรี¹⁾ สุรจิตร์ พระเมือง^{*2)} วีระศักดิ์ ซ่อมขุนทด³⁾

1) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย Email : kingchitboonsri@hotmail.com

*2) สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย Email : Surajitr@lru.ac.th

3) สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย Email : weerasak1963@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาโรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์ - เชื้อเพลิงกลีเซอรอลในระดับอุตสาหกรรม โดยสร้างโรงอบยางพาราชนิดเรือนกระจก ขนาด $5\text{ m} \times 7\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ ความจุ 2,000 แผ่น หลังคาทรงโค้งทำด้วยแผ่นเมทัลชีท ซึ่งใช้เป็นตัวรับรังสีในตอนกลางวัน ผนังทุกด้านเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส เพื่อเป็นฉนวนกักความร้อน ด้านหน้ากับด้านหลังทำเป็นประตูทั้งสองด้าน พื้นโรงอบเป็นคอนกรีตขัดเรียบ และเจาะแนววางท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.24 cm ขุดไปมา . เพื่อเป็นตัวนำความร้อนจากลมร้อนที่ได้จากของเตาเชื้อเพลิงกลีเซอรอล เข้าสู่ภายในโรงอบแผ่นยางพาราในตอนกลางวัน โดยตัวเตาเชื้อเพลิงกลีเซอรอลทำจากเหล็ก ที่มีความกว้าง 45 cm ยาว 1.20 m. และสูง 1.05 m หัวเตาเป็นรูปทรงกระบอก ปากปล่องมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.0 cm เจาะรูอากาศขนาด 0.7 cm ท่อหุ้มด้วยฉนวนกักความร้อน เตาให้ความร้อนได้อุณหภูมิสูงสุด $945\text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราการไหลของเชื้อเพลิงและอากาศเท่ากับ 0.003 kg/s และ 0.041 ตามลำดับ ผลการวัดอุณหภูมิภายในโรงอบมีค่าเฉลี่ยระหว่าง $38.72\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $45.80\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยอุณหภูมิภายในโรงอบและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกันคงที่เฉลี่ย $12.56\text{ }^{\circ}\text{C}$ และมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในเฉลี่ยระหว่าง 37.15% - 45.55% โดยมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในต่ำกว่าภายนอกของโรงอบยางพาราเฉลี่ย 35.38% และยางพาราแผ่นก่อนอบมีความชื้น 27.5% มาตรฐานเปียก และมีความชื้นหลังอบ 1.86% มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบ 96 ชั่วโมง จากเชื้อเพลิงกลีเซอรอลและพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้พลังงานความร้อนในการอบแห้งเฉลี่ย 0.28 MJ/แผ่น และโรงอบยางพารา มีประสิทธิภาพทางความร้อน เท่ากับ 14.67%

คำสำคัญ : โรงอบยางพารา เตากลีเซอรอล พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

This study investigated and developed a co-energy para-rubber dryer of solar energy with glycerol fuel in the industry scale. A green house para-rubber dryer was constructed in dimension of $5\text{ m} \times 7\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ for drying capacity of 2,000 sheets. The dryer's configurations were the curved roof and the rectangular clear walls. The roof made from metal sheet to be the solar collector in day-time. The left and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

right walls were rounded by the clear polycarbonate sheets for the heat insulation, while the front and the back sides were constructed to be the door with the width of 5 m. The concrete floor was drilled to lay the zigzag iron tube diameter of 15.24 cm which was used for flowing hot air in night-time. The hot air was produced by a glycerol stove. The glycerol stove made of iron sheet with the width of 45cm, the height of 1.05m and the length of 1.20 m. The cylindrical burning chamber has internal diameter of 0.13 m drilling the cyclone air hole of 0.7 cm. The outer layer was rounded by the insulation. The burning temperature obtained was 945 °C for the fuel and air flow rates of 0.003 kg/s and 0.041 kg/s respectively. The internal air temperatures of the para-rubber dryer were ranged from 38.72 °C to 43.52 °C with 12.56 °C above ambient temperature constantly, and the internal relative humidity were ranged from 37.15 %Rh to 45.55 %Rh with 33.38 %Rh below ambient humidity. The initial moisture content of para-rubber sheets was about 27.5%wb and the final moisture content was 1.80 %wb within 96 hours using both solar energy and glycerol fuel. The drying energy consumption of the co-energy sources for para-rubber sheets was averaged of 0.28 MJ per sheet. The thermal efficiency for the para-rubber dryer was 14.67%

Keywords : Para-rubber dryer, glycerol stove, solar energy

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญในหลายจังหวัดของภาคอีสานมีพื้นที่การเพาะปลูก ทั้งหมดกว่า 3,477,303 ไร่ โดยเฉพาะในจังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่การปลูกยางพาราถึง 332,383 ไร่ [1] ที่ผ่านมากเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมขายยางพาราแผ่นมากกว่าการขนาน้ำยางดิบ จึงมีการสร้างโรงอบยางพาราตามแบบที่สำนักงานสนับสนุนการทำ สวนยาง (สทช.) ออกแบบไว้แต่มีปัญหาด้านราคาและต้องการพื้นที่ในการก่อสร้าง ต่อมาสุรจิตร พระเมือง และคณะ(2552) [2] ได้พัฒนาโรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเรือนกระจก สำหรับขนาดความจุ 600,800 และ 1,000 แผ่น พบว่าฝนตกทำให้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อการอบแห้งของแผ่นยางและต้องใช้เวลาหลายวันในการอบแผ่นยางพารา เมื่ออุปสงค์คือ คง โนนกอก และคณะ

(2554) [3] ได้พัฒนาเตาเชื้อเพลิงกลีเซอรอล โดยเป็นเตาเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิการลุกไหม้สูง ซึ่งกลีเซอรอลเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์ การนำพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงกลีเซอรอลไปใช้เป็นแหล่งความร้อนให้กับโรงอบยางพาราร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ทดแทนการใช้เชื้อเพลิง อื่นๆ เช่น ฟืน ถ่าน และแก๊สธรรมชาติ ซึ่งมีต้นทุนสูงได้เป็นอย่างดี การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาโรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วม โดยขยายขนาดโรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ ให้อยู่ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และเพิ่มแหล่งความร้อนจากเตาเชื้อเพลิงที่ได้ศึกษาและพัฒนาไว้ ให้สามารถให้ความร้อนได้ทั้งวัน โดยเวลากลางวันใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ และในเวลากลางคืนใช้ความร้อนจากเตาเชื้อเพลิงกลีเซอรอลที่จะช่วยลดเวลาการอบแห้งยางพาราให้สั้นลง วิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาปริมาณการใช้พลังงานความร้อนในการอบต่อแผ่น และค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของโรงอบยางพารา

2. วิธีการทดลอง

โรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วม ได้สร้างขึ้น มีขนาด $5\text{ m} \times 7\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ ความจุ 2,000 แผ่น ซึ่งเป็นของหึ่งหุ่นส่วนจำกัดสวนยางทองคำ ตั้งอยู่ที่ บ้านโนนฐานะ ต.สร้างก่อ อ.กุดจับ จ.อุดรธานี โดยตอนกลางวันหลังคาทรงโค้งจะเป็นตัวรับรังสีจากดวงอาทิตย์นำความร้อนเข้าสู่โรงอบ และตอนกลางคืนลมร้อนจากหัวเตาเชื้อเพลิงกลีเซอรอลที่เป่าเข้าไปในท่อเหล็กนำความร้อนที่วางขดไปมาที่พื้นโรงอบ จะเป็นแผ่รังสีความร้อนให้กับโรงอบ (รูปที่ 1)

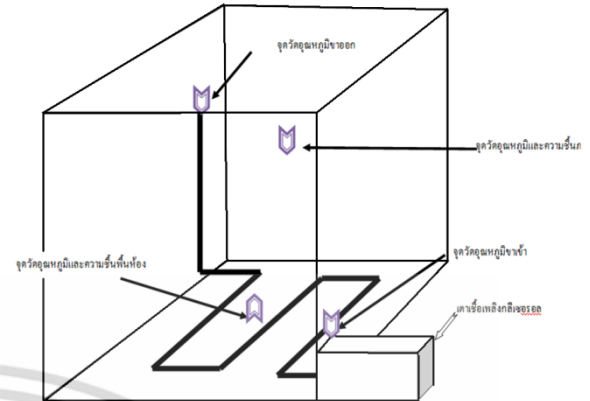


รูปที่ 1 การอบแผ่นยางพาราในโรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์-เชื้อเพลิงกลีเซอรอล

การติดตั้งเครื่องวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ ไว้ที่กึ่งกลางโรงอบและที่ความสูง 2 m ดังรูปที่ 2 ด้วย Data logger รุ่น Testo 176-H1 สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศภายในโรงอบ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงอบ อุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์อากาศสิ่งแวดล้อม ส่วนค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ Solar power meter รุ่น DT-1307ทำการบันทึกข้อมูลทุก 15 นาทีและเฉลี่ยเป็น 1 ชั่วโมง การชั่งน้ำหนักแผ่นยางพาราเพื่อหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียก ซึ่งด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล รุ่น Glass electronic kitchen scale VAVO model: EC-305 ความละเอียด 0.1 กรัม ทำการชั่งทุก ๆ 12 ชั่วโมง และวัดค่าปริมาณเชื้อเพลิงกลีเซอรอลที่ใช้จากเสกกลบอกร ปริมาตรที่ถึงบรรจุเชื้อเพลิงของเตาเชื้อเพลิงกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

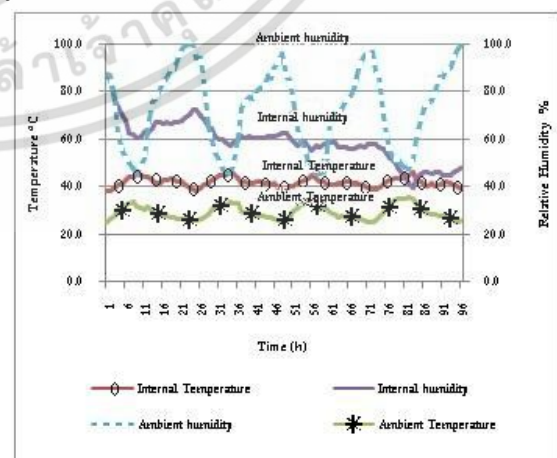
แล้วคำนวณปริมาณพลังงานความร้อน จากเชื้อเพลิงคล้ายกับวิธีของวัฒน์ชัย เทพนวลและคณะ (2553) [4]



รูปที่ 2 แผนภาพการวางจรรยาการทำงานของโรงอบยางพาราและการติดตั้งอุปกรณ์การวัด

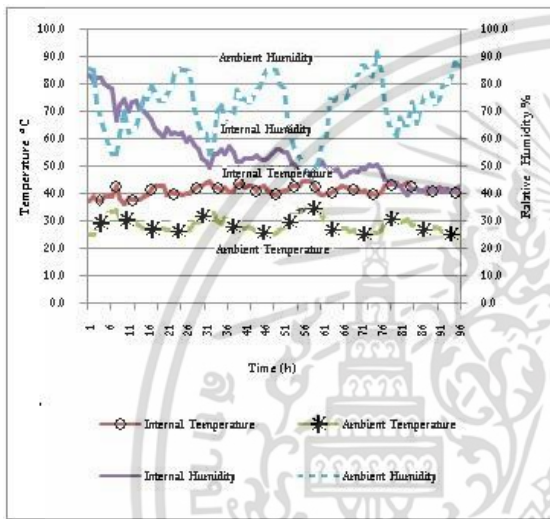
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศทั้งภายในโรงอบและสิ่งแวดล้อม ตลอดระยะเวลา 96 ชั่วโมง ในการอบยางพาราจำนวน 2,000 แผ่น การอบครั้งที่ 1 วันที่ 2-6 สิงหาคม 2555 สภาพอากาศมีความเร็วลมเฉลี่ย 1.39 m/s . ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน เท่ากับ $17.3\text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ความยาวนานของวัน 13 ชั่วโมง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในมีการลดลงตามระยะเวลาการอบจาก 86.11 % ลดลงเหลือ 39.14 % ในเวลาการอบ 96 ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกแตกต่างกันค่อนข้างคงที่ เฉลี่ยเท่ากับ $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นของการอบ

การอบครั้งที่ 2 วันที่ 23-27 กันยายน 2555 สภาพอากาศมีความเร็วลมเฉลี่ย 1.17 m/s ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวัน เท่ากับ 17.0 MJ/m²-day ความยาวนานของวัน 12 ชั่วโมง วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในมีการลดลงตามระยะเวลาการอบจาก 83.40% ลดลงเหลือ 40.49% ในเวลาการอบ 96 ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกแตกต่างกันค่อนข้างคงที่เฉลี่ยเท่ากับ 12.86 °C โดยมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 44.6 °C และมีอุณหภูมิต่ำสุด 37.1 °C ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น

การอบครั้งที่ 3 วันที่ 19-23 ตุลาคม 2555 สภาพอากาศมีความเร็วลมเฉลี่ย 0.89 m/s ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันเท่ากับ 16.8 MJ/m²-day ความยาวนานของวัน 11 ชั่วโมง 30 นาที วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในมีการลดลงตามระยะเวลาการอบจาก 83.11 % ลดลงเหลือ 39.26 % ในเวลาการอบ 96 ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกแตกต่างกันค่อนข้างคงที่เฉลี่ยเท่ากับ 11.38 °C โดยมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 44.15 °C และมีอุณหภูมิต่ำสุด 38.09 °C ดังรูปที่ 5 การคำนวณหาค่าความชื้นมาตรฐานเปียกของแผ่นยางพารา จะคำนวณจากค่าน้ำหนักของแผ่นยาง จากสมการ

$$M_w = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

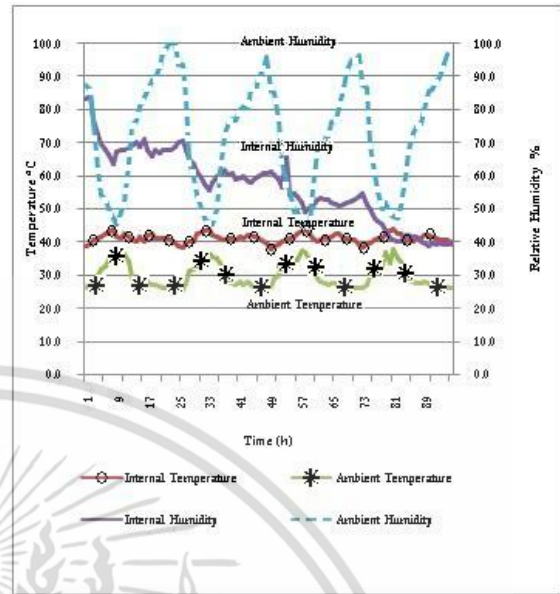
เมื่อ M_w คือ เปอร์เซนต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของ

ยางพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

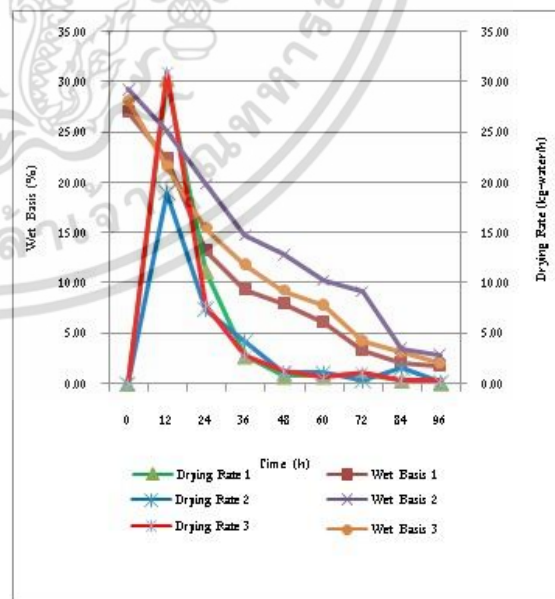
w_i คือ น้ำหนักยางพาราก่อนอบ (kg)

w_f คือ น้ำหนักยางพาราหลังอบ (kg)



รูปที่ 5 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น

ค่าความชื้นมาตรฐานเปียกของแผ่นยางพารา ก่อนอบเท่ากับ 27.5 % หลังอบลดเหลือ 1.86 % โดยความชื้นมีการลดลงอย่างรวดเร็ว ใน 24 ชั่วโมงแรก จากชั่วโมงที่ 24 - 84 จะลดลงอย่างช้าๆ และเริ่มคงที่ในชั่วโมงที่ 84 - 96 เป็นเพราะน้ำในแผ่นยางพารามีเล็กน้อย ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความชื้นมาตรฐานเปียกและอัตราการแห้งของแผ่นยาง

อัตราการระเหยของน้ำที่ออกจากแผ่นยางพารา หาได้จากซึ่งนำหนักแผ่นยางก่อนและหลัง แล้วคำนวณได้จากสมการ [5]

$$m_w = \frac{m_w}{t}$$

เมื่อ m_w คือ อัตราการระเหย (kg - water/h)
 m_w คือ ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหย (kg)
 t คือ เวลาอบแห้ง (h)

จากรูปที่ 6 พบว่ามีอัตราการระเหยของน้ำ (หรืออัตราการแห้ง) เฉลี่ยเท่ากับ 7.91 kg_{water}/h เมื่อทำการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้ในการอบยางพาราแผ่นจากสมการ [6]

$$W = Qt_{\text{drying}}$$

เมื่อ W คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ (kJ)
 Q คือ กำลังของแหล่งความร้อน (kW)
 t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (s)

พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบยางพาราในครั้งนี้เท่ากับ 0.28 MJ/แผ่น โดยมีค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งหาได้จากสมการ [6]

$$E_{\text{sun}} = \text{Energy} \times \text{Area} \times \text{Time}$$

เมื่อ Energy คือ ค่าพลังงานความร้อนจาก แสงอาทิตย์ (W/m²)

Area คือ พื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ (m²)

Time คือ เวลาที่ใช้ในการอบ (s)

พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์เท่ากับ 2835 MJ และมีค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงกลีเซอรอล ซึ่งหาได้จากสมการ [7]

$$E_{\text{fuel}} = M \times \text{HHV}$$

E_{fuel} คือ ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (kJ)

HHV คือ ค่าความร้อนสูงสุด (kJ/kg)

M คือ มวลของเชื้อเพลิง (kg.)

พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงกลีเซอรอลเท่ากับ 957.60 MJ และเมื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพทางความร้อนของโรงอบยางพาราพลังงานความร้อนรวม จะได้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับ 14.76 % โดยคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Eff} = \frac{W}{E_{\text{sun}} + E_{\text{fuel}}} \times 100$$

เมื่อ Eff คือ ประสิทธิภาพของระบบโรงอบยางพารา

W คือ พลังงานที่ใช้ในการระเหยของน้ำ

E_{sun} คือ พลังงานที่รับจากแสงอาทิตย์

E_{fuel} คือ พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงกลีเซอรอล

4. สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาและพัฒนาโรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์ - เชื้อเพลิงกลีเซอรอลในระดับอุตสาหกรรม เมื่ออบแผ่นยางพาราจำนวน 2,000 แผ่น ซึ่งมีความชื้นมาตรฐานเปียกก่อนอบเท่ากับ 27.5 % หลังอบเหลือความชื้นมาตรฐานเปียกเท่ากับ 1.86 % ใช้เวลา 96 ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศภายในโรงอบและอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม แตกต่างกันคงที่เฉลี่ย 12.56 °C มีอุณหภูมิอากาศภายในโรงอบเฉลี่ยระหว่าง 38.72 °C - 43.55 °C มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในเฉลี่ยระหว่าง 37.15 % - 45.55 % และมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและภายนอกของโรงอบยางพาราแตกต่างกันเฉลี่ย 35.38 % ค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมด 556.44 MJ หรือเฉลี่ย 0.28 MJต่อแผ่น และโรงอบยางพารามีประสิทธิภาพทางความร้อน เท่ากับ 14.67 %

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัย มหาวิทยาลัย สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว. อุตสาหกรรม ประจำปี 2554

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of the Rubber Replanting Aid Fund Para Rubber Planted Area in the North East Part: Bangkok., 2011.
- [2] Surajitr Pramuang, Pongpipat Salasuta and Manatta Salasuta “Greenhouse Para-Rubber Solar Dryer”, Proceeding of the 5th ENETT Conference, Naresuan University, Pitsanuloke , 29 April – 1 May 2009.,
- [3] Ubonsak Kongnonkok, Surajitr Pramuang and Weerasak Sonkhuntod . “Study and Development of Glycerol Kiln for the Heating Source of the Biodiesel Production Process,” Proceeding of the 3rd Science Research Conference, Naresuan University, Pitsanuloke, 17 – 18 March 2011.
- [4] Thawatchai Thepnuan.“Energy Used for Para-Rubber Dryer with Co-energy Sources of Solar Energy and Biomass,” Research Report, Thaksin University, Pattalung, 2010.
- [5] Prototo, A., Daguinet, M., Zeghmatt, B., Hirunlanh, J. and Abdurrachim, H. A Simplified Method for Sizing a Solar Dryer for Natural Rubber Sheet. 1995, [Online]. Available: http://dcms.thailis.or.th/dcms/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=60160 (28 June 2007).
- [6] Sulgiplee Gasaw, Pornsak Somprasong, Suwit Phethuayluek, Thawatchai Thepnuan and Pornpana Buaphet. “Internal Temperature Comparative of a Para-Rubber Solar Dryer and a Co-heating Source of Solar Energy and Biomass,” Proceeding of the 18th Thaksin University Conference, Songkla, 15 September 2008.
- [7] High Heating Value. Available URL: www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html, (17 August 2013).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้