

การพัฒนาเครื่องอบแห้งรมควันขนาดเล็กยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงาน
แสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล
A SMALL-SCALE PARA RUBBER SHEET SMOKING AND DRYING
SYSTEM USING SOLAR ENERGY COMBINED
WITH BIOMASS STOVE

หทัยชนก เนตรคำ และศิรินุช จินดารักษ์*

Hathaichanok Netkhamand, and Sirinuch Chindaraksa*

Faculty of Science, Naresuan University

*corresponding author e-mail: sirinuch_goi@yahoo.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องอบแห้งรมควันขนาดเล็กยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วย เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกที่มีขนาดกว้าง 2.50 x สูง 2.50 x ยาว 2.50 เมตร คลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใสที่มีแหล่งพลังงานความร้อนเสริมเป็นเตาเผาชีวมวลขนาด กว้าง 0.75 เมตร ยาว 0.80 เมตร และสูง 0.80 เมตร มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 2.50 ตารางเมตรเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Gas to Gas สามารถอบแห้งยางพาราได้ครั้งละ 20 แผ่นมีน้ำหนัก 24 กิโลกรัมโดยที่ยางพาราแผ่นมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 50 มาตรฐานแห้ง อบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 3 มาตรฐานแห้ง ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ 1) การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว 2) การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันและใช้เตาเผาชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน และ 3) อบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งในกรณีที่ 3 มีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งให้อยู่ในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส โดยเครื่องปรับความเร็วรอบต่อเข้ากับพัดลมเป่าอากาศร้อนเวลาในการอบแห้ง 60 ชั่วโมง มีการใช้พลังงานในการอบแห้งทั้งหมด 1,173 MJ/kg ซึ่งคิดเป็น 167.57 MJ/kg น้ำระเหย เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผา 1) ชีวมวลมีอายุการใช้งานของเครื่อง 5 ปี ใน 1 ปีสามารถกรีดยางพาราได้ 80 ครั้ง 2) มีผลตอบแทนการลงทุนมูลค่า 128,920 บาทต่อปี และมูลค่าเงินลงทุนทั้งหมดตลอดอายุโครงการ 459,439 บาท จะทำให้จุดคุ้มทุนจากการใช้เครื่องอบแห้งมีค่า 3.56 ปี

คำสำคัญ: ระยะเวลาคืนทุน เครื่องอบแห้งรมควัน เตาเผาชีวมวล

Abstract

A small-scale para rubber sheet smoking and drying system was developed by using solar energy combined with biomass stove. In this study, the greenhouse dryer (dimensions: 2.50 m in width, 2.50 m in height and × 2.50 m in length) using transparent polycarbonate sheet-covered greenhouse solar dryer and biomass stove

used as a auxiliary heat source (dimensions: 0.75m in width, 0.80m in length and 0.80m in height). Gas to Gas heat exchanger with total area is about 2.5 m^2 . The capacity of dryer is 20 sheets of para rubber (weight, 24 kilograms) per time at initial moisture content of 50 %db and the final moisture content of 3 %db Experimental was divided into 3 factors: 1) drying by solar energy only 2) drying by solar energy throughout the day and biomass furnace at night. 3) drying by combining solar energy and biomass furnace throughout the experiment. Factor 3, the temperature inside the drying chamber is controlled by connecting the hot-air blower at $55\text{--}60^\circ\text{C}$ for 60 hours. The drying energy consumption is 1,173 MJ/kg or equivalent to $168 \text{ MJ/kg}_{\text{H}_2\text{Oevap}}$. The payback period was considered in drying system using solar energy combined with biomass stove showed as follows: 1) the lifetime of dryer is 5 years of 80 batches of para rubber during each year 2) the return on investment is 128,920 baht per year, the total investment cost is about 459,439 baht and the payback period is 3.56 years.

Keywords: payback period, dryers smoked, biomass furnaces

บทนำ

จากสถานการณ์ยางพาราในปัจจุบัน เกษตรกรส่วนใหญ่จะเป็นเกษตรกรรายย่อยมีพื้นที่การปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ จึงมีผลผลิตยางพาราไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมทำเป็นยางก้อนถ้วยซึ่งในกรณีนี้เกษตรกรจะไม่สามารถเก็บยางไว้ได้นาน หรือทำยางแผ่นผึ่ง ซึ่งในทั้ง 2 กรณีนั้น เกษตรกรจะจำหน่ายยางพาราได้ในราคาไม่สูงมาก แต่ถ้าหากเกษตรกรต้องการที่จะผลิตยางแผ่นรมควัน ก็อาจจะประสบกับปัญหาการแห้งของแผ่นยางที่ไม่สม่ำเสมอ อาจจะเนื่องจากการกระจายตัวของอุณหภูมิหรือพลังงานที่ใช้ไม่เพียงพอสำหรับการรมควัน

ปัจจุบันเทคโนโลยีการอบแห้งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและขยายขอบเขตงานเพิ่มมากขึ้นจากเดิมที่มีเฉพาะด้านการถนอมอาหารและไปสู่อุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กกลางและขนาดใหญ่เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ คือ การนำประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการให้ความร้อนเป็นการนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังไม่เสียค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงอีกด้วย รวมไปถึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและยังช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนฝุ่นละออง อีกทั้งยังสามารถช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งอีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นกับการจัดการและพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมและมีความคุ้มค่าในการนำมาใช้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน Chansri (2017) ศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวล โดยทำการทดสอบอบแห้งพริกที่ความชื้นเริ่มต้น 664 %db จำนวน 2 กิโลกรัมอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 13.50 %db อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 80°C ผลการทดสอบพบว่า การอบแห้งด้วยความเร็วลม 7.63 m/s เหมาะสมต่อการทำให้อุณหภูมิของตู้อบแห้งสูงกว่า 50°C ภายในเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากเตาเผาชีวมวลในระดับครัวเรือน เมื่อทดสอบอบพริก 2 กิโลกรัม เป็นเวลา 15 ชั่วโมง พบว่า เครื่องอบแห้งมีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ $1.44 \text{ kg/kg}_{\text{water}}$ Tepnual et al. (2010) ศึกษาประสิทธิภาพของโรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ยางพาราออกแบบให้ด้านล่างมีการสะสมความร้อนจากการเผาไหม้ และได้หาค่ามีการสะสมความร้อนจาก

พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิภายในเฉลี่ย 53.55 ± 0.09 องศาเซลเซียส อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 10 กิโลกรัม ซึ่งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ยางพาราได้ เมื่อเทียบกับโรงอบรมควันที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบทั่วไป Intatam et al. (2014) ศึกษาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตชุมชน โดยเครื่องอบแห้งมีรูปร่างเป็นพาราโบลากว้าง 1.50 เมตร ยาว 2 เมตร และสูงจากพื้น 0.5 เมตร ซึ่งเครื่องอบแห้งดังกล่าวคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส เพื่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง พบว่า สามารถอบแห้งเห็ดนางฟ้าสด 5 กิโลกรัม ให้เหลือน้ำหนักเพียง 0.5 กิโลกรัม ภายในระยะเวลาเพียง 6 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ Sec (2009) ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลจากถ่านไม้และเศษไม้เนื้อแข็ง โดยเครื่องอบสามารถบรรจุยางพาราได้ครั้งละ 12 แผ่น ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 64 ชั่วโมง มีการพลังงานความร้อนเฉลี่ย 32.67 เมกะจูลต่อแผ่น Jeentada et al. (2016) ศึกษาการอบแห้งยางพาราแผ่น ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยพาความร้อนแบบบังคับ และการตากแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง เครื่องอบแห้งมีห้องอบขนาด $1.95 \times 1.8 \times 1.95$ เมตร (กว้าง $\times$ ยาว $\times$ สูง) เครื่องสามารถบรรจุยางพาราแผ่นได้ครั้งละ 40 แผ่น พบว่าใช้เวลาอบแห้ง 5 วัน จนความชื้นยางพาราแผ่นต่ำกว่า 3 %db เนื้อยางพาราแผ่นจะยังไม่ไสทั่วตลอดทั้งแผ่น และเมื่อใช้เวลาในการอบแห้ง 7 วัน ความชื้นของยางพาราแผ่นต่ำกว่า 1 %db เนื้อยางพาราแผ่นจึงจะไสทั่วตลอดทั้งแผ่น Chitbunsri et al. (2014) ศึกษาโรงอบยางพาราพลังงานความร้อนร่วมแสงอาทิตย์-เชื้อเพลิงกลีเซอรอลในระดับอุตสาหกรรม โดยโรงอบยางสามารถบรรจุยางพาราได้ 2,000 แผ่น ใช้แหล่งพลังงานความร้อนเสริมจากเตาเผากลีเซอรอล พบว่าใช้เวลาในการอบแห้ง 96 ชั่วโมง โดยใช้พลังงานความร้อนในการอบแห้งเฉลี่ย 0.28 เมกะจูลต่อแผ่น และโรงอบยางมีประสิทธิภาพทางความร้อนเท่ากับร้อยละ 14.67 Ninchuewong et al. (2012) ศึกษาเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งยางแผ่นดิบคุณภาพดีขนาด 10-15 แผ่นต่อวง พบว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 8-20 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ของน้ำที่ระเหยคุณภาพของยางพาราแผ่นผึ่งแห้งที่ได้ผ่านเกณฑ์คุณภาพดี (เกรด 1-3) ทุกเงื่อนไขการทดลอง และความชื้นที่เหลือของยางพาราแผ่นแห้งจะแปรตามอุณหภูมิอบแห้ง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาถึงขั้นตอนการอบแห้งรมควันยางพาราด้วยเครื่องอบแห้งขนาดเล็กสำหรับยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล และวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในการสร้างเครื่องอบแห้งขนาดเล็ก สำหรับยางพาราแผ่นเหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่การปลูกยางไม่เกิน 20 ไร่ สำหรับเป็นตัวเลือกในการเพิ่มมูลค่าของยางพารา

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งรมควันขนาดเล็กสำหรับยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล และแหล่งพลังงานความร้อนเสริมโดยใช้เตาเผาชีวมวล เพื่อการลดระยะเวลาในการรมควันยางพารา ซึ่งเครื่องอบแห้งรมควันขนาดเล็กสำหรับยางพาราแผ่นที่ใช้เป็นแบบเรือนกระจกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล แสดงดังภาพที่ 1 (Figure 1) ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 1 (Table 1)

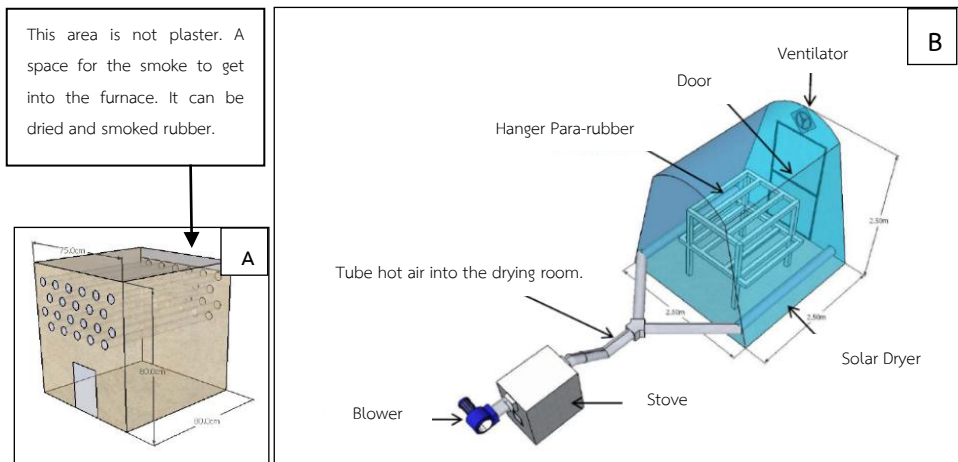


Figure 1 A Small scale Para-rubber sheet smoking and drying system using solar energy combined with biomass stove A) Stove B) Solar dryer

1. ลักษณะเฉพาะเครื่องอบแห้งรมควัน

Table 1 The structure of the machine used to dry rubber smoked sheet

Elements	Description
1. Dryer	The structure of dryer made of steel. The dimensions of the dryer greenhouse are $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ m. The dryer covered with a heat-resistant polycarbonate with a thickness of 5 mm.
2. Biomass Stove	Biomass stove are made of heat-resistant bricks measures 0.75 m long, 0.8 m wide and 0.8 m high. The internal heat exchanger tubes arranged alternately on the tube 20.
3. Heatexchanger	It are made a steel pipe radius 0.025m long, 0.8 meters that an area of 2.5 m^2 . Heat exchange is gas to gas.
4. Hanger	It are made steel that measures $0.1 \times 0.15 \times 0.15 \text{ m}^3$.
5. Ventilator	The ventilators size 25 w and air volume 320 CFM.
6. Blower	BlowerSC-164 havemotor1/4HP 4P 1Phase, 423CFM.

2. วิธีการทดสอบ

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ออกแบบ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้าไปภายใน จะทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับแผ่นยางพารา เครื่องอบแห้งได้มีการติดตั้งพัดลมบริเวณด้านบนของประตูสำหรับเป็นตัวช่วยในการกระจายลมร้อนขึ้นตอนการใช้งานเครื่องอบแห้งรมควันขนาดเล็ก สำหรับยางพารา คือนำยางพาราที่ต้องการอบแห้งแขวนบนราว ซึ่งยางพาราแผ่นขนาดมาตรฐานจำนวน 20 แผ่น โดยมีการแขวน 2 ชั้น ชั้นบน 8 แผ่น ชั้นล่าง 12 แผ่น เปิดพัดลมช่วยกระจายลมร้อนภายในเครื่องอบแห้ง หลังจากนั้นจุดเตาเผาชีวมวล หลักการทำงานของเตาเผาชีวมวล คือ เป่าอากาศอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ท่อ ซึ่งท่อจะเรียงตัวอยู่ในเตาเผา โดยท่อจะได้รับความร้อนจากการเผา

เชื้อเพลิงชีวมวล แล้วความร้อนจากท่อจะถ่ายเทให้กับอากาศ แล้วอากาศจะถูกเป่าเข้าสู่เครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งรมควั่นยางพาราที่ทำการทดสอบนี้ทำการอบแห้งได้ทั้งหมด 3 กรณีด้วยกัน คือ 1) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว 2) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา กลางวันและใช้พลังงานชีวมวลใช้เวลากลางคืน 3) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงาน ชีวมวลตลอดการทดลอง สำหรับในกรณีที่ระบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดการ อบแห้ง ขั้นตอนการใช้งานคือ นำยางพาราแขวนบนราวตากยาง แล้วเปิดพัดลมระบายอากาศ จากนั้น จุดเตาเผาชีวมวลแล้วเปิดพัดลมควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ใช้เครื่องปรับความเร็วรอบต่อเข้ากับพัดลมเป่าอากาศร้อน หลังจากนั้นวัดอุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องอบแห้งบริเวณด้านหน้า (ติดประตู) ตรงกลาง และด้านล่าง (ติดเตาเผาชีวมวล) และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมด้วย จากนั้นปิด ประตูเครื่องอบแห้ง และเปิดพัดลมระบายสำหรับช่วยการกระจายความร้อนภายในห้องอบแห้งเชื้อเพลิงที่ ใช้เป็นไม้พินจากเศษไม้ยางพารามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 นิ้ว ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในช่วงเวลากลางวันที่ใช้พลังงานความร้อนร่วมกับความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่มีการกำหนดให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งประมาณ 55-60 องศาเซลเซียส Tanwanichkul et al., (2013) คือ ประมาณ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เนื่องจากในช่วงเวลากลางวันจะมีพลังงานความร้อนจาก แสงอาทิตย์มาช่วย แต่สำหรับช่วงเวลากลางคืนมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบการอบแห้งรมควั่นยางพาราทั้ง 3 กรณี พบว่าจากภาพที่ 2 (Figure 2) เป็น การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ทั้ง 3 กรณี แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งกรณีที่ใช้พลังงาน แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว นั้น มีอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งอยู่ระหว่าง 26-50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 128 ชั่วโมง กรณีที่ 2 คือใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันและใช้เตาเผาชีวมวลในช่วงเวลา กลางคืน ในกรณีนี้อุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 30-60 องศาเซลเซียส และในกรณีนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิ ได้ในช่วงเวลากลางคืนเนื่องจากการใช้เตาเผาชีวมวลมาช่วยในการอบแห้งและทำให้การอบแห้ง ต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง และระยะเวลาในการอบแห้งลดลงเหลือเพียง 84 ชั่วโมง และใน กรณีที่ 3 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล สำหรับในกรณีนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้คงที่ อยู่ในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน เป็นกรณีที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ น้อยที่สุดเพียง 60 ชั่วโมง และจากภาพที่ 3 (Figure 3) แต่เมื่อพิจารณาทางด้านพลังงานที่ใช้ในการ อบแห้ง จากตารางที่ 2 (Table 2) จะเห็นว่า กรณีที่ 1 มีการใช้พลังงานรวมที่น้อยที่สุดเพียง 139 MJ เนื่องจากไม่มีการใช้แหล่งพลังงานความร้อนเสริม และในกรณีที่ 2 ในกรณีนี้จะสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ในช่วงเวลากลางคืน จึงทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงเหลือเพียง 84 ชั่วโมง แต่มีปริมาณการใช้ พลังงาน เพิ่มขึ้นสูงถึง 1,017 MJ

ในกรณีที่ 3 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล สำหรับในกรณีนี้สามารถควบคุม อุณหภูมิได้คงที่อยู่ในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน เป็นกรณีที่ใช้ระยะเวลา ในการอบแห้งที่น้อยที่สุดเพียง 60 h แต่มีค่าการใช้พลังงานที่สูงที่สุดถึง 1,173 MJ เนื่องจากการใช้ พลังงานความร้อนเสริมจากเตาเผาชีวมวลเพื่อควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งรมควั่นให้ได้คงที่ตลอด ระยะเวลาในการอบแห้งแต่เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับแหล่งพลังงานความร้อนเสริมได้จากไม้พิน ซึ่งเกษตรกร สามารถหาไม้พินได้ฟรีจากสวนยางพารา หรือสวนไม้ยืนต้นชนิดอื่น เนื่องจากเกษตรกรมีพฤติกรรมการ

กริดยางวันเว้นวันหรือสองวันครั้งและทำการกริดยางในช่วงประมาณเดือนสิงหาคมถึงกุมภาพันธ์ และในช่วงที่ไม่มีการกริดยางเกษตรกรสามารถเก็บไม้ฟืนไว้สำหรับนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งรมควันยางพาราได้ เมื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกรณี ที่ 2 และ 3 แล้ว พบว่า ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของกรณี ที่ 3 เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 15 เท่านั้น แต่ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงถึงร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับกรณี ที่ 2 และการควบคุมคุณภาพของยางพาราสามารถทำได้ดี เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งได้ ส่งผลให้แผ่นยางแห้งอย่างสม่ำเสมอ กว่าถ้ามีการอบแห้งด้วยกรณี ที่ 3 ส่งผลให้ราคาขายของยางแผ่นรมควันดีกว่าในกรณี ที่ 1 และ 2

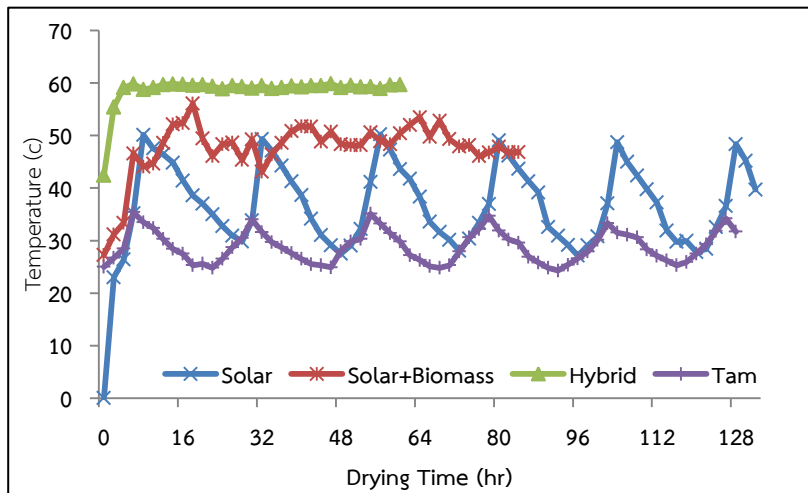


Figure 2 Comparing the change in temperature of the 3 cases

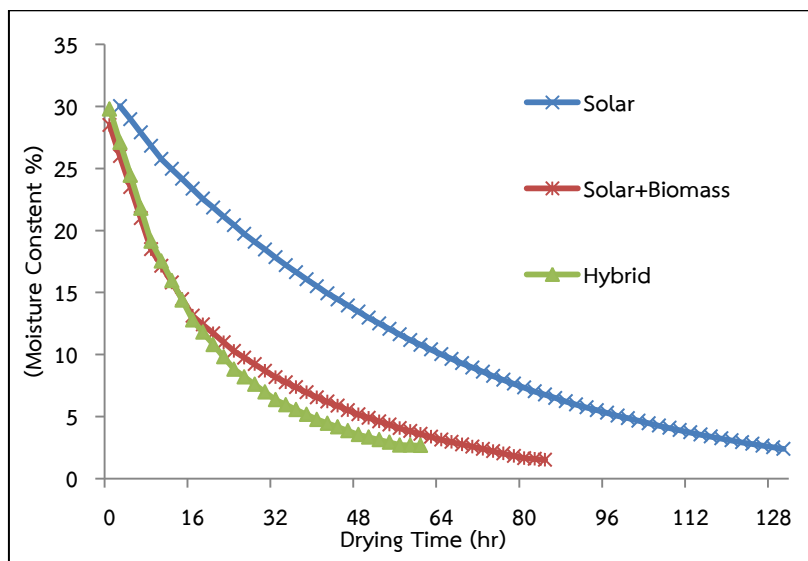


Figure 3 Compared to the control of the 3 cases

Table 2 The results of the work of the various conditions dryers smoked rubber

Descriptions	The experiment		
	Case1	Case2	Case3
Agricultural materials			
- Initial weight (kg)	24	24	24
- Final weight (kg)	18	18	18
- Initial moisture (% db)	50	50	50
- Final moisture (% db)	3	3	3
Dry weather			
- Drying temperature (°C)	26-50	30-60	55-60
- The average temperature of the air environment (°C)	26.50	28.16	29.09
Fuel data			
- Solar energy (MJ)	127	73	53
- Biomass fuelsenergy (MJ)	0	880	1,034
- Electrical energy (MJ)	12	64	86
- Total energy (MJ)	139	1,017	1,173
general information			
- Time spent on drying (h)	128	84	60

Remark The Para-rubber used in the experiment is a standard size 38-46 cm. long, 80-90 cm., thickness 3-4 mm.

The first case is the use of solar energy.

The second is the use of solar energy in daytime (06.00-18.00) and biomass during the night. (18:00 to 06:00)

The third case is the use of solar energy with biomass energy throughout the day.

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งขนาดเล็ก สำหรับยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้ จะพิจารณาการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล เนื่องจากมีระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เร็วที่สุดและสามารถควบคุมคุณภาพของยางพาราได้จากการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง ในการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งทำการวิเคราะห์ถึงระยะเวลาคืนทุน โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณีด้วยกัน คือ 1) การเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์เครื่องอบแห้งรมควันยางพารา 2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตยางก้อนถ้วยยางแผ่นดิบกับยางแผ่นรมควัน

กรณีที่ 1 การเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์เครื่องอบแห้งรมควันยางพารา
โดยสมมุติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นดังนี้ต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งยางพารา

ตัวโรงเรือน	20,000 บาท
ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	15,000 บาท
อายุการใช้งาน	5 ปี
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่อปี	ร้อยละ 7 ของราคาเครื่องอบแห้ง
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้*	ร้อยละ 7 ต่อปี กำหนดชำระเงิน ภายในระยะเวลา 3 ปี
ราคาน้ำยางสด**	45 บาท/กิโลกรัม
ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3**	51 บาท/กิโลกรัม
ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าของระบบทั้งหมด	23.88 kwh/ครั้ง
อัตราค่าไฟฟ้าของบ้านพักที่อยู่อาศัย***	2.3488 บาท/kwh
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	72 กิโลกรัม/ครั้ง
ใน 1 ปีสามารถกรีดยางได้	8 เดือน
สามารถอบยางพาราได้	80 ครั้งต่อปี
มีค่าใช้จ่ายในการจัดทำยางแผ่น	3.2 บาท/กิโลกรัม
ใช้ไฟฟ้า	2,866 kwh/ปี
ราคาค่าไฟฟ้า	2.3448 บาท/kwh
ใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ	60 ชั่วโมง
อัตราเงินเฟ้อ	2.30%

หมายเหตุ * ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ 1 ตุลาคม 2558

** ราคายางพารากลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางพาราพิจิตร 1 ตุลาคม 2558

*** การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 1 ตุลาคม 2558

กรณีที่ 2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตยางก้อนถ้วยของเกษตรกร
ยางแผ่นรมควัน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตยางพาราแบบดั้งเดิมของเกษตรกร (ยางก้อนถ้วย) กับ
การผลิตด้วยเครื่องอบแห้งรมควันที่ได้สร้างขึ้นนี้มีสมมุติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

เงื่อนไข	ขอบเขต
น้ำยางพารา (กิโลกรัม/ไร่)	2.70
น้ำยางสด 3 กิโลกรัม ผลิตยางก้อนถ้วยได้ (กก.)	2
% DRC น้ำยางสด	30
น้ำยางสด 3 กิโลกรัม ได้ยางพาราแผ่น (กก.)	1
ค่าใช้จ่ายการทำแผ่นยาง (บาท/กิโลกรัม)	3.20
1 ปี สามารถกรีดยางได้ (วัน)	120

โดยปกติเกษตรกรมีผลิตรายางประมาณ 2.70 กิโลกรัม/ไร่/วัน 1 ปี เกษตรกรกรีดยางพารา
120 วัน ดังนั้นเกษตรกรที่มีพื้นที่การปลูกยางพารา 20 ไร่ มีปริมาณน้ำยางสดที่สามารถกรีดยางได้คือ
6,480 กิโลกรัมต่อปี

โดยเกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่จะนิยมผลิตยางพาราจำหน่ายในรูปของยางก้อนถ้วย ซึ่งใน
1 ปี สามารถผลิตได้น้ำหนัก 4,320 กิโลกรัม/ปี ซึ่งเทียบเท่ากับน้ำยางสด 6,480 กิโลกรัม/ปี ผลตอบแทน

ที่ได้จากการจำหน่ายยางก้อนถ้วยมีมูลค่า 86,400 บาท/ปี เมื่อเกษตรกรผู้ปลูกยางลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราและจำหน่ายผลผลิตในรูปของยางแผ่นรมควันทดแทนยางก้อนถ้วย ได้ทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องอบแห้งรมควันในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

อภิปรายผล

กรณีอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในช่วง 55–60 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่น้อยที่สุด 60 ชั่วโมง และสำหรับการใช้พลังงานในการอบแห้งยางพาราทั้ง 3 กรณีนั้น กรณีที่อบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวนั้นมีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่น้อยที่สุด แต่จะเห็นว่ากรณีอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งถึง 128 ชั่วโมง ซึ่งใช้ระยะเวลานานที่สุดในการอบแห้งทั้ง 3 กรณี สำหรับกรณีการอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล เป็นกรณีที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่เร็วที่สุด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งอยู่ที่ 60 ชั่วโมง แต่มีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่มากที่สุด เนื่องจากต้นทุนค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจะเป็นเพียงส่วนหนึ่งในการพิจารณาตัดสินใจของกลุ่มเกษตรกร สำหรับการอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลจะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตในการอบแห้งให้แก่กลุ่มเกษตรกรได้มากขึ้น

เมื่อพิจารณาแหล่งเงินทุนและต้นทุนของเงินทุนที่จะนำมาลงทุนแล้วขั้นตอนต่อไปจะวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจในการลงทุนซึ่ง ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ถึงระยะเวลาคืนทุน ของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ดังตารางที่ 3 (Table 3) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณีด้วยกัน คือ 1) การเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์เครื่องอบแห้งรมควันยางพารา 2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตยางก้อนถ้วยยางแผ่นดิบกับยางแผ่นรมควัน

Table 3 Detail cost of rubber smoked sheet in the case of solar energy with biomass energy throughout the day

List	Year 0	year 1	year 2	year 3	year 4	year 5	Sum
Fixed cost (THB)							
- Dryer	20,000	-	-	-	-	-	20,000
- Biomass stove	15,000	-	-	-	-	-	15,000
Variable costs(THB)							
- Rubber price	-	89,492	91,550	93,656	95,810	98,014	468,522
- Electricity price	-	6,887	7,045	7,207	7,373	7,542	36,053
- Maintenance costs	-	1,750	1,790	1,831	1,874	1,917	9,162
- Interest	-	2,450	1,671	855	-	-	4,976
Total costs (THB)	35,000	100,579	102,056	103,549	105,056	107,473	553,713
Present value (THB)	35,000	93,999	89,140	84,527	80,147	76,627	459,439

สรุปผลการวิจัย

เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล มีขนาด กว้าง 2.50 เมตร ยาว 2.50 เมตร และสูง 2.50 เมตร คลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส ติดตั้ง พัดลมขนาด 25 วัตต์ บริเวณด้านบนตรงประตูสำหรับช่วยในการกระจายลมร้อนภายในเครื่องอบแห้ง สามารถอบแห้งได้ครั้งละ 20 แผ่น โดยทำการอบแห้งที่ความชื้นเริ่มต้น 50 %db อบแห้งจนมีความชื้น สุดท้าย 3 %db เตาเผาชีวมวลสร้างขึ้นด้วยอิฐทนความร้อน ภายในมีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน 2.50 ตารางเมตร การแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบ Gas to Gas เครื่องอบแห้งรมควันขนาดเล็ก สามารถทำงานได้ 3 กรณีด้วยกัน คือ 1) อบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว 2) อบด้วยพลังงาน แสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันและใช้แหล่งพลังงานเสริมจากเตาเผาชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน และ 3) ใช้ พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลตลอดระยะเวลาการอบแห้งโดยควบคุมอุณหภูมิภายในอยู่ ในช่วง 55–60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ 30 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ 3 ใช้ ระยะเวลาในการอบแห้งรมควันน้อยที่สุดเพียง 60 ชั่วโมง เนื่องจากมีการใช้แหล่งพลังงานความร้อนร่วม เสริมเข้าไปตลอดการทดลอง

เมื่อพิจารณามูลค่าเงินลงทุนตลอดอายุโครงการเท่ากับ 459,439 บาทผลตอบแทนที่ได้จาก การใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลมี มูลค่าเท่ากับ 128,920 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 3.56 ปี

ดังนั้น สำหรับในกรณีที่เกษตรกรที่จำหน่ายยางพาราในรูปของยางก้อนถ้วย มีมูลค่าของการ จำหน่ายอยู่ที่ 86,400 บาท/ปี แต่ถ้าหากเกษตรกรเปลี่ยนมาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน เกษตรกรจะมี รายได้ในการจำหน่ายยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 110,160 บาท/ปี และสำหรับส่วนต่างของราคาจำหน่าย ยางก้อนถ้วยกับยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 23,760 บาท/ปี เมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของเกษตรกรที่เปลี่ยน การจำหน่ายยางจากยางก้อนถ้วยมาเป็นยางแผ่นรมควันมีระยะเวลากลับคืนทุนอยู่ที่ 4 ปี 2 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงานที่ให้ทุนสนับสนุน งานวิจัยในครั้งนี้ คุณธงชัย ฝาริโน เจ้าของสวนยางพารา ที่ให้คำแนะนำสำหรับการออกแบบเครื่อง อบแห้งรมควัน

เอกสารอ้างอิง

- Chansri SN. study on performance of a solar biomass hybrid dryer for agricultural product, *Srinakharinwirot Engineering Journal*. 2017; 12(1): 1-10.
- Chitbunsri A, Phamong S Chomkhuntod V. Solar Energy- Glycerol Fuel Rubber Dryer in the Industrial Scale, *Laokrabang Engineering Journal*. 2014; 31(3): 19-24.
- Intatam W, Setthaphan W, Yongprayun R. Performance Improvement of Solar Green House Dryer: Case study Thung Bo Paen Village Enterprise Group Hang Chat District Lampung. The 7th Thailand renewable Energy for community conference. 12-14. November 2014; 187-195.
- Jeentada W, Phetsongkram P, Chankrachang T. Drying of Para Rubber Sheet Using Forced Convection Solar Dryer. *Burapha Science Journal*. 2016; 12(1): 87-99.

- Ninchuewong T, Ekphon A, Tirawanichakul S. et al. Drying of air dried sheet rubber using hot air dryer and solar dryer for small entrepreneurs and small rubber cooperatives, *Burapha Science Journal*. 2012; 17(2): 50-59.
- Sec-hec, S. *Para-Rubber Sheet Drying With the Combined Sources of Solar Energy and Biomass Fuel*. Master of Science (Renewable Energy), Graduate School, Naresuan University; 2009.
- Tanwanichkul B, Thepa S, Rordprapat W. Thermal modeling of the forced convection sandwich greenhouse drying system for rubber sheets, *Energy Conversion and Management*. 2013; 74: 511–523.
- Tepnual T, Phethuayluk S, Kasor S. et al. Energy consumption of rubber sheet drying house with hybrid energy of solar and biomass, *Thaksin University Journal*. 2010; 12(3): 119-128.