บทสรุปผู้บริหาร

. โครงการวิจัย การตากแห้งยางแผ่นดิบที่เหมาะสมต่อการรมควัน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นโครงการหนึ่งในชุดโครงการ "การพัฒนาอุตสาหกรรมยางพารา" เนื่องจากเป็นการส่งเสริมให้อุตสาหกรรมขนาดย่อมที่มีการจัดการในรูปแบบสหกรณ์สวนยางพารา ได้มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตยางแผ่นดิบรมควัน เป็นการลดต้นทุนในการผลิต สหกรณ์สวนยางพาราที่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ คือ สหกรณ์สวนยางทุ่งโพธิ์ ต.ทุ่งโพธิ์ อ.นาหม่อม จ.สงขลา ทั้งนี้กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน ในขั้นตอนการรมควัน ต้องใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงจำนวนมาก ปัจจุบันปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ในการรมควันยางแผ่นของสหกรณ์สวนยางพาราโดยทั่วไปเท่ากับ 1.2-1.5 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมยางแผ่นรมควัน ประกอบกับปัจจุบันไม้ยางพาราที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้น ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควัน การลดความชื้นยางแผ่นดิบก่อนการรมควัน สามารถช่วยลดการใช้ไม้ฟืนลงได้ เนื่องจากเป็นการลดปริมาณพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำในเนื้อยางแผ่นดิบออกไป หากสามารถลดความชื้นในยางแผ่นดิบก่อนรมควันออกได้มากเท่าใด ก็ยิ่งประหยัดการใช้ไม้ฟืน ดังนั้นการลดความชื้นยางแผ่นดิบก่อนรมควันจึงมีความจำเป็น พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการลดความชื้นยางแผ่นดิบ เนื่องจากไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการสร้างความร้อน แต่ก็มีข้อจำกัดในความไม่แน่นอนของความเข้มแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ซึ่งเปลี่ยนไปตามฤดูกาลและแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามหากมีการศึกษาวิจัย และทดลองการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ให้เหมาะกับลักษณะงานและพื้นที่ จะทำให้ได้วิธีการและอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

ในงานวิจัยนี้เป็นการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาช่วยในการลดความชื้นยางแผ่นดิบ โดยศึกษาสภาวะเงื่อนไขที่เหมาะสมในการตากแห้งยางแผ่นดิบ ออกแบบสร้างโรงตากยางแผ่นดิบขนาดปริมาณความจุยางแผ่นเท่ากับ 1 ห้องรมควัน และทดลองตากแห้งยางแผ่นดิบในโรงตากยางที่สร้างขึ้น ผลที่ได้ทำให้ทราบเงื่อนไขการทำงานกับโรงตากยางแผ่นดิบอย่างเหมาะสม

ขั้นตอนวิจัยเริ่มจากการศึกษา ทดลองอบแห้งยางแผ่นดิบในห้องปฏิบัติการ เพื่อจำลองสภาพบรรยากาศที่จะเกิดขึ้นในโรงตากยาง ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วลม ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งหรือใช้ในการตากยางแผ่นดิบ โดยตัวแปรความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ถูกจำลองด้วยสภาวะความชื้นสูง (มากกว่า 60%) ด้วยการสเปรย์น้ำให้กับอากาศก่อนเข้าตู้อบ และความชื้นปกติ (50-60%) ซึ่งไม่สเปรย์น้ำให้กับอากาศก่อนเข้าตู้อบ ระยะห่างระหว่างแผ่นยางที่แขวนบนกระบะตากยางที่ใช้ในสหกรณ์สวนยางพารา ก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่สนใจ การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ ทำโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง ซึ่งสามารถใช้ในการมองภาพการเปลี่ยนแปลงของ

ผลตอบสนองที่สนใจคือ ความชื้นยางแผ่นดิบหลังการอบและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง เมื่อเงื่อนไขหรือตัวแปรอิสระ คือ อุณหภูมิและความเร็วลมเปลี่ยนแปลงไป ได้ชัดเจน และสามารถใช้ในการทำนายผลตอบสนองในเงื่อนไขที่ไม่ได้ทำการทดลองได้

ผลการวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนองและกราฟ contour ของตัวแปรอิสระ พบว่าแม้อุณหภูมิในตู้อบแห้งไม่สูงมาก ประมาณ 33-35°C ทั้งในกรณีที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงและต่ำ ก็สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งยางแผ่นดิบให้เหลือความชื้น 15% ลงได้โดยการเพิ่มอัตราการระบายอากาศหรือความเร็วลมให้สูงขึ้น แม้ว่าจะเป็นตรรกที่เป็นที่ทราบกันดี แต่เนื่องจากการออกแบบโรงตากแห้งยางแผ่นดิบโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ควรใช้พลังงานจากแหล่งอื่นในการช่วยการทำงานของโรงตากให้น้อยที่สุด แต่เพียงพอที่จะทำให้โรงตากยางสามารถทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นลักษณะของโรงตากยางที่มีการระบายอากาศที่ดี จำเป็นต้องมีการไหลเวียนของอากาศโดยธรรมชาติร่วมกับการติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศช่วย เพื่อให้สามารถระบายอากาศชื้นออกจากโรงตากให้ได้มากที่สุดโดยใช้พลังงานให้น้อยที่สุด แต่ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องระมัดระวังความชื้นจากภายนอกที่อาจจะเข้ามาทำให้อัตราการแห้งตัวของยางแผ่นช้าลง ผลการทดลองอบแห้งยางแผ่นดิบที่อุณหภูมิการอบแห้งสูง (42-47°C) ต้องการอัตราการระบายอากาศเพียง 800-900 ลบ.ม./ชม. เพียงพอสำหรับทำให้ยางแผ่นดิบแห้งตัวลงเหลือความชื้น 15% ในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันกับการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่าแต่อัตราการระบายอากาศต้องเป็น 1200-1500 ลบ.ม./ชม. ส่วนการเว้นระยะห่างระหว่างยางแผ่นดิบในการอบแห้งจะให้อัตราการแห้งที่สูงกว่าการไม่เว้นระยะ และใช้เวลาในการอบแห้งที่สั้นกว่า แต่ทั้งนี้การเว้นระยะห่างระหว่างแผ่นยาง ต้องคำนึงถึงปริมาณยางแผ่นดิบที่มี หรือที่สหกรณ์สวนยางผลิตได้ในแต่ละวัน

จากผลการทดลองอบแห้งยางแผ่นดิบในห้องปฏิบัติการ ได้นำมาออกแบบโรงตากยางแผ่นดิบ โดยโรงตากยางแผ่นดิบที่สร้างขึ้นเพื่อวิจัย มีลักษณะเป็นโรงเรือนหลังคาจั่ว กว้าง 3 เมตร ยาว 7.2 เมตร สูง 3.4 เมตร เมื่อบรรจุกระบะแขวนยางแผ่นเต็ม 3 กระบะ จะมีพื้นที่ว่างด้านข้างด้านละ 0.5 เมตร ผนังด้านในโรงตากยางและพื้นคอนกรีตทาด้วยสีดำ หลังคาโรงเรือนปูด้วยกระเบื้องลอนคู่โปร่งใสเอียงทำมุม 20 องศา มีพัดลมระบายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว จำนวน 3 ตัว ติดตั้งอยู่ด้านบน โดยอาศัยการระบายอากาศโดยธรรมชาติ ส่วนประตูโรงเรือนทำด้วยแผ่นสังกะสีด้านในทาสีดำ ระหว่างกลางบุด้วยฉนวนโฟมเช่นเดียวกับผนังโรงเรือนด้านข้าง มีติดพัดลมระบายอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว จำนวน 6 ตัว ติดอยู่บริเวณประตู ใช้ไฟฟ้า 220 VAC ใช้กำลังไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 300 วัตต์ เมื่อเปิดพัดลมพร้อมกันทั้ง 6 ตัว จะทำให้อากาศไหลผ่านภายในโรงตากยางแผ่นด้วยความเร็วประมาณ 0.25-0.5 m/s บริเวณผนังด้านตรงข้ามประตูมุงด้วยตะแกรงลวดแล้วปิดด้วยแผ่นพลาสติกใสเปิดช่องบางส่วนให้อากาศไหลผ่านเข้ามาได้ และเพื่อให้แสงอาทิตย์ในทางทิศตะวันตกส่องผ่านเข้ามาได้

ในช่วงบ่าย ในสภาวะปกติที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 32°C อุณหภูมิในโรงตากขณะไม่มียางและไม่ได้เปิดพัดลมระบายอากาศมีค่าประมาณ 45°C

ผลการทดลองตากยางแผ่นดิบในโรงตาก พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในโรงตากยางแห้งแผ่นดิบที่สร้างขึ้นเพื่อวิจัยมีค่าประมาณ 32°C ซึ่งค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเมื่อบรรจุยางแผ่นดิบในโรงตากเต็มความจุ คือ 1300 แผ่น ภายในโรงตากยางค่อนข้างมีความชื้นสูงและมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกโรงตากยาง แต่เนื่องจาก มีการระบายอากาศชื้นออกจากโรงตากยางโดยธรรมชาติทางหลังคาโรงตากยาง และใช้พัดลมดูดอากาศที่ติดตั้งบริเวณประตูด้านหน้า รวมถึงมีผนังโรงตากยางที่บุฉนวนป้องกันความร้อนสูญเสีย ช่วยส่งผลให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในโรงตากมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 30-49% ทำให้สามารถลดความชื้นยางแผ่นดิบลงได้ถึง 20% เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

ยางแผ่นดิบที่ผ่านการตากแห้งในโรงตาก เมื่อนำไปรมควัน พบว่า ประหยัดการใช้ไม้ฟืนลงได้ 0.3-0.4 กิโลกรัมไม้ฟืนต่อกิโลกรัมยางแผ่นรมควัน หรือใช้ไม้ฟืนลดลง 31-39% คิดเป็นต้นทุนที่ลดลง 24 – 32 สตางค์/แผ่น หรือประหยัดได้ 312-416 บาท ต่อการรมควันยางแผ่น 1 ห้องรม จะใช้เวลาคืนทุนสำหรับโรงตากยางแผ่นประมาณ 2 ปี 8 เดือน ถึง 3 ปี 8 เดือน โดยปกติการรมควันยางแผ่นของสหกรณ์ที่ร่วมโครงการจะใช้เวลาประมาณ 4 วันต่อครั้ง เนื่องจากไม่มีการตากแห้งยางแผ่นดิบเพื่อลดความชื้น เมื่อมีการใช้โรงตากยางแผ่นดิบเพื่อลดความชื้น ระยะเวลาในการรมควันยางแผ่นลดลงเหลือ 2.5-3 วัน คุณภาพยางแผ่นรมควันที่ได้อยู่ในระดับชั้นคุณภาพ 1-3 ไม่มียางที่เกิดราหรือตำหนิจากยางพอง

EXECUTIVE SUMMARY

The main objective of this project is to enhance capability of the village-scale rubber smoking cooperatives using technology to improve fuel consumption efficiency in producing ribbed smoked sheet (RSS) rubber. This in turn will reduce the production cost. In rubber smoking process, fuel wood, usually fresh rubberwood, is used as a heat source. In general, fuel consumption rate for cooperatives ranges from 1.2 to 1.5 kg per kg of RSS. The steady increase of the fuel wood price directly affects the RSS production cost. An alternative in the reduction of fuel wood consumption is by proper moisture removal from the rubber sheets prior to the smoking process. Solar energy is one of the renewable energy source that has been widely used in drying of various agricultural products and it is possible to use for rubber sheet pre-drying because there is no energy cost to worry. However, variation of solar intensity is a constraint that causes difficulty in control of product drying. Nonetheless it is worth considering if appropriate method and device are implemented.

In this project, solar energy has been used to reduce moisture from the raw rubber sheets before they are dried in a smoking process. Optimal conditions in this pre-drying are studied. A prototype solar pre-dryer that its capacity can contain rubber sheets equal to one smoking-room is constructed. Experiments are then conducted to investigate the optimal conditions.

Initially, drying characteristics of raw rubber sheets simulating solar pre-drying conditions are investigated in a laboratory dryer. Parameters studied include air temperature, velocity, drying time, relative humidity, and spacing between rubber sheets. The relative humidity in this experiment is divided to low and high levels, in which water is sprayed into the system under high-level RH and no water is sprayed otherwise. Result analysis is attained by the Response Surface Method (RSM) that enables the visualization of the change of the response (final moisture content of the rubber sheets and drying time) when the conditions or

independent variables (temperature and velocity) are clearly changed. This method can be used to predict the response to the conditions beyond the experiment.

Results from analysis of response surfaces and contours of independent variables show that drying time to reduce the moisture content to 15% can be achieved by increasing air velocity under low temperature of 33-35°C no matter how high the relative humidity is. In designing a pre-dryer using solar energy, it is preferred to minimize use of other energy sources to obtain proper ventilation of moisture. In the mean time, introduction of moisture from outside to the dryer should be avoid as this can retard the drying rate of the rubber sheets. Results from drying at high temperature (42-47°C) show that ventilation rate of 800-900 m^3/hr is sufficient to dry the rubber sheets to 15% MC using approximately the same time as low temperature drying with ventilation rate of 1,200-1,500 m^3/hr. Increase of the spacing between the rubber sheets results in higher drying rate and shorter drying time. In practice, the spacing also depends on the number of rubber sheets available in each production.

The designed pre-dryer has a gable-shaped roof with the dimension of W x L x H = 3 m x 7.2 m x 3.4 m. When fully loaded with three carts, there is a space of 0.5 m from the side walls. Inside surface of the doors, side walls and concrete floor are painted black. The roof is made of clear curled tiles. It is tilted 20 degree to each side. Three natural-flow turbine ventilators (24-inch-diameter) are installed on top of the roof. The doors and side walls are made of zinc plates sandwiching the Styrofoam used as insulator. Six electrical suction fans (7-inch-diameter, 220 VAC, total of 300 W) are installed on both doors. When all fans are turned on, it can pull the air to the dryer with velocity from 0.25-0.5 m/sec. The wall opposite to the doors is made of rough steel mesh lined with a clear plastic sheet so that solar radiation can penetrate to the dryer from the West direction. Several holes are made on the plastic sheet to allow air from outside to flow into the dryer. When the ambient temperature is 32°C, the dryer is empty and the fans are turned off, maximum temperature achievable in the dryer reaches 45°C.

Results from drying the rubber sheets in the pre-dryer constructed show that average maximum temperature achievable is 32°C which is quite low. This is because when the pre-dryer is fully loaded with 1,300 sheets of the raw rubber, the air inside is extremely moist and the temperature is lower than the ambient temperature. Ventilation of the moisture by the turbine ventilators and suction fans as well as insulation to reduce heat loss helps reducing the relative humidity in the pre-dryer to about 30-49%. The moisture content of the rubber sheets is reduced by about 20% as planned.

Pre-drying the rubber sheets results in energy saving of 0.3-0.4 kg of fuel wood per kg of RSS, or 31-39%. This is equivalent to 0.24-0.32 Bahts per sheet of RSS or 312-416 Bahts for the entire smoking room of RSS. Payback period for a single cooperative is 2 years 8 months to 3 years 8 months. In general, the cooperative takes 4 days for each batch of RSS smoking under no pre-drying process condition. When pre-drying is applied, the smoking time is reduced to 2.5-3 days. Quality of the produced RSS falls in grades 1-3, and no mould and air bubbles are developed on the rubber sheets.