



รายงานฉบับสมบูรณ์

การใช้พลังงานจากเตาชีวมวลปลดละอียดเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการแห้งยางพารา

Utilization of biomass gasifier for drying rubber sheet

โดย คมศักดิ์ หารไชย และคณะ

สิงหาคม 2560

รายงานฉบับสมบูรณ์

การใช้พลังงานจากเตาชีวมวลปลดละอียดเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการแห้งยางพารา
Utilization of biomass gasifier for drying rubber sheet

คณะผู้วิจัย สังกัด

1. นายคมศักดิ์ หารไชย
2. นายเกียรติพงษ์ อ่อนบัตร
3. นายสทธิพงษ์ อุดมบุญญานุภาพ
4. นายชาญชัย นวลงาม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการแห้งยางพารา
(ภาษาอังกฤษ) Utilization of biomass gasifier for drying rubber sheet

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงาน สังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล นายคมศักดิ์ หารไชย

หน่วยงาน สังกัด สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

ที่อยู่ 214 ม.12 ต.หนองญาติ อ.เมือง จ.นครพนม 48000 โทรศัพท์ 042-511-484

E-mail address komsak@npu.ac.th

นักศึกษา / ผู้ร่วมวิจัย

1. นายเกียรติพงษ์ อ่อนบัตร์
2. นายสทธิพงษ์ อุดมบุญญานุกาพ
3. นายชาญชัย นวลงาม

งบประมาณทั้งโครงการ 149,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 9 เดือน ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2554 ถึง 30 เมษายน 2555

ปัญหาที่ท้าวิจัยและความสำคัญ (โดย ย่อประมาณ 5 บรรทัด)

การอบแห้งยางแผ่นในปัจจุบันโรงรมควัน/อบแห้งส่วนใหญ่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงที่หายากขึ้นเรื่อย ๆ ที่ผ่านมามีความพยายามศึกษาทางเลือกของแหล่งเชื้อเพลิงทางเลือกอื่น เช่น เตาเผาชีวมวลผลิตก๊าซเชื้อเพลิงกับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร (เกียรติไกร และพิมพ์รัตน์, 2542) แต่พบปัญหาระบบมีความซับซ้อนและมีน้ำหนักมาก การใช้เชื้อเพลิงก๊าซปริโตรเลียมเหลว (LPG) ก็มีต้นทุนสูงมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการใช้เตาวัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง ในการอบแห้งยางแผ่น เนื่องจากเตาชีวมวลบดละเอียด ใช้เชื้อเพลิงน้อย สามารถให้ความร้อนต่อเนื่องได้ 8-10 ชั่วโมง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้เตาชีวมวลวัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้โรงอบแห้งยางพาราของเกษตรกรผู้ทำสวนยางพารา

ผลการดำเนินงาน

การใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการแห้งยางพารา เป็นการศึกษาแนวทางการใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดในการอบแห้งยางแผ่น เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้พลังงานทางเลือกในการอบแห้งยางแผ่นโดยมีผลการศึกษาดังนี้

1. การกระจายอุณหภูมิของโรงอบแห้งยางพารา

ในกระบวนการอบแห้งทั่วไปจะทำให้ไอน้ำระเหยออกจากวัตถุหรือสิ่งที่เราต้องการอบแห้ง ซึ่งในการอบแห้งยางพารา จะใช้ความร้อน หรือลมร้อนช่วยนำความชื้นออกจากเนื้อยาง แต่การให้ความร้อนกับยางแผ่น จำเป็นต้องให้ในอัตราที่เหมาะสม และให้อุณหภูมิกระจายตัวทั่วห้องอบ และให้ความร้อนนำความชื้นออกจากห้องอบได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาคุณภาพของยางที่อบ ในการศึกษาการกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งยาง ขนาด 4x4x4.5 เมตร ปกติยางแผ่นดิบจะมีขนาดประมาณ 50 x 100 เซนติเมตร หากนำไปแขวนบนราวแขวน จะเหลือขนาดประมาณ 50 x 50 เซนติเมตร ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบราวแขวนยางแผ่นเพื่อใช้ในการศึกษาการไหลอุณหภูมิ เป็น 5 ชั้น ชั้นแรกจะสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร แต่ละชั้นห่างกัน 65 เซนติเมตร แต่ละชั้นมีราวแขวนยางประมาณ 40 ราว แต่ละราวแขวนวางห่างกัน 7.5 เซนติเมตร ราวยางแผ่น ราวแขวนละ 5 แผ่น จึงมียางแผ่นในราวแขวนที่ออกแบบไว้ประมาณ 1,000 แผ่นต่อห้องอบ เพื่อให้ลมร้อนจากกระจายตัวได้ดียิ่งขึ้น จึงมีการออกแบบวางท่อนำลมร้อน ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว เจาะรูระบายลมร้อนบนท่อนำลมร้อน ห่างกัน 20 เซนติเมตร กำหนดตำแหน่งช่องระบายความชื้นของห้องอบยางแผ่น เป็น 6 จุดให้กระจายตัวอยู่ด้านบนห้องอบ เพื่อให้ระบายความชื้นออกจากห้องอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของไหล ด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัว และการไหล ของอากาศในห้องอบแห้ง ที่กระจายตัวอย่างทั่วถึง และตำแหน่งของช่องระบายความชื้น ช่วยทำให้การกระจายตัว และการไหลของอากาศสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยให้การระบายความชื้นต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอทั่วห้องอบ จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ พบว่าความเร็วและการกระจายตัวของความร้อนในห้องอบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องอบแห้งยางแผ่น สูงสุดไม่เกิน 5°C

2. ขนาดและปริมาณของเตาชีวมวลบดละเอียดที่เหมาะสมกับการอบแห้ง

เตาชีวมวลบดละเอียดเป็นแหล่งให้ความร้อนโดยตรงกับเครื่องอบแห้งยางแผ่น ซึ่ง เปลวความร้อนจากเตาชีวมวลบดละเอียดจะเผาให้ความร้อนท่อเหล็กในเครื่องอบ แล้วความร้อนจะถูกดูดจากห้องเผาเป็นลมร้อนเข้าไปในห้องอบยางแผ่น จากการทดลองเป่าลมร้อนจากเครื่องอบเข้าไปในห้องอบ โดยใช้เตาชีวมวลบดละเอียดในเครื่องอบแห้ง 2 และ 3 เตา เป่าให้ความร้อนที่เครื่องเป่าลมเฉลี่ย 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าเครื่องอบแห้งที่ใช้ 2 เตาจะให้ความร้อนในห้องอบได้ช้ากว่า และ เผาไหม้หมดเร็วกว่า เครื่องอบแห้งที่ใช้ 3 เตา เนื่องจากจำนวนเตาที่มากกว่าทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเตาลดลงแต่ยังสามารถให้ความร้อนรวมที่ป้อนเครื่องเป่าลมร้อนได้เท่าเดิม และยังสามารถควบคุมอัตราการเผาไหม้ให้อยู่ในระดับต่ำได้

3. การควบคุมอุณหภูมิของชุดเป่าลมร้อน

เนื่องจากเตาชีวมวลบดละเอียด มีลักษณะการเผาไหม้ที่ไม่คงที่ ทำให้อุณหภูมิของเตาอยู่ในช่วงอุณหภูมิเฉลี่ย แต่อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการให้ความร้อนห้องอบแห้งยางแผ่น โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่ปากปล่องพัดลมเป่าความร้อนที่ 150 °C และเมื่อจุดเตาต่อเนื่อง 1-5 ชั่วโมง จะได้ความร้อนเฉลี่ยที่ปากปล่องชุดเป่าลมร้อนที่ 90 °C ซึ่งเพียงพอต่อการป้อนความร้อนให้กับห้องอบแห้งยางแผ่น

วิธีการควบคุมความร้อนของชุดเป่าลมร้อนมี 3 วิธีคือ

(1) การควบคุมการเผาไหม้ในเตาชีวมวลบดละเอียดโดยตรง ด้วยการปิดกั้นท่ออากาศเข้า เพื่อลดอากาศที่ช่วยในการเผาไหม้ให้น้อยลง จะทำให้อุณหภูมิในเตาลดลงด้วย ซึ่งหากต้องการปิดหรือดับเตาก็สามารถปิดรูเข้าอากาศที่ท่อทางเข้าอากาศได้

(2) การลดจำนวนเตาชีวมวลบดละเอียดลง จาก 3 เตา เหลือ 2 เตา ซึ่งเป็นกรณีที่ต้องการลดความร้อนลงอย่างต่อเนื่อง

(3) การเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน ด้วยการขยาย หรือเปิดช่องทางเข้าอากาศของชุดเป่าลมร้อน ให้อากาศเย็นไหลเข้าไปลดอุณหภูมิของท่อนำความร้อนที่ถูกเผาด้วยเปลวไฟจากเตาชีวมวลบดละเอียด ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของลมร้อนที่ถูกเป่าเข้าไปในห้องอบแห้งยางพาราลดลงได้อย่างรวดเร็ว

(4) การเพิ่มอากาศเย็นให้กับลมร้อนที่ถูกเป่าเข้าไปในห้องอบด้วยการเพิ่มช่องอากาศเย็น ดังบริเวณทางออกของลมร้อนก่อนจะเข้าไปยังห้องอบแห้งยางแผ่น

ดังนั้นแนวทางการลดอุณหภูมิของห้องอบแห้งยางแผ่น ทำด้วยการปรับเพิ่มอากาศเย็นให้กับระบบก่อน จากนั้นจึงลดอากาศเข้าเตาชีวมวลบดละเอียดเพื่อลดอัตราการเผาไหม้ และเมื่อเริ่มหยุดให้ความร้อนในห้องอบแห้ง หรือการค่อย ๆ ลดอุณหภูมิจนกระทั่งถึงอุณหภูมิห้องที่ 150 °C ก็ลดจำนวนเตาลง จากการพิจารณาวิธีการลดอุณหภูมิของห้องอบแห้งแล้ว วิธีการที่สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้ชุดควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ คือการควบคุมช่องเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน ให้สัมพันธ์กันกับอุณหภูมิตรงทางออกของลมร้อนหรืออุณหภูมิภายในห้องเผา

สรุปผลการวิจัย

เตาชีวมวลบดละเอียดเป็น สิ่งประดิษฐ์ที่ให้พลังงานความร้อนสูง จากการนำเศษชีวมวลที่บดละเอียดมาเป็นวัตถุดิบ เป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งนอกจากเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ฟืน และเชื้อเพลิงเหลว เช่น LPG เศษชีวมวลที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้มีหลายชนิด เช่น ชี้อ้อย ชังข้าวโพดบด ทลายปาร์เมต ใบไม้บด เหง้ามัน สัมปะหลังบด เปลือกและเมล็ดลำไยบด ฯลฯ เมื่อนำเชื้อเพลิงชีวมวลบดละเอียดมาอัดแน่นลงในเตาชีวมวลบดละเอียดตามขั้นตอน ก็จะได้แท่งเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนเปลวสูงสามารถนำมาใช้ในครัวเรือนและในงานอุตสาหกรรมได้ จากการศึกษการใช้พลังงานจากเตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง เพื่อการอบแห้งยางพารา ทำให้ทราบว่าเตาชีวมวลบดละเอียดสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการอบแห้งยางแผ่นได้ จากคุณสมบัติการให้ความร้อนสูง และการให้ความร้อนที่ต่อเนื่องทำให้เตาชีวมวลบดละเอียดเป็นเสมือนแท่งเชื้อเพลิงสำเร็จรูปชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์กระจายความร้อน เช่น ชุดเป่าลมร้อน หรือเตาอบลมร้อน โดยอาศัยหลักการเป่าลมผ่านท่อเหล็กที่ได้รับความร้อนจากเตาชีวมวลบดละเอียด จากการทดสอบพลศาสตร์ของไหล ทางคอมพิวเตอร์ พบว่าใช้เตาชีวมวลบดละเอียดจำนวนสามเตาในชุดเป่าลมร้อนมีความเหมาะสมกับการอบแห้งยางแผ่น ในห้องอบ ขนาด 4x4x4.5 ลูกบาศก์เมตร ควบคุมความร้อนในห้องอบด้วยการปรับอากาศเข้าเตาชีวมวลบดละเอียด การเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน การเพิ่มอากาศเย็นที่

ทางออกของลมร้อน และการลดจำนวนเตาชีวมวลบดละเอียดออกจากชุดเป่าลมร้อน ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนเชื้อเพลิงแข็งที่เกษตรกรใช้ คือ ฟืน ซึ่งหายากขึ้นเรื่อย ๆ เตาชีวมวลบดละเอียดมีศักยภาพในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในการอบแห้งยางพาราได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการพัฒนาต่อยอดสู่ภาคการปฏิบัติจริง

ควรศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมความร้อนของชุดเป่าลมร้อนเพิ่มเติม การนำวัสดุชีวมวลในสวนยางพารา เช่น ใบยางพารา เมล็ดยางพารา มาทำเป็นเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลบดละเอียด และการขยายผลการใช้เตาชีวมวลบดละเอียดไปทดลองใช้ในพื้นภาคใต้ซึ่งมีการผลิตยางแผ่นดิบเป็นจำนวนมาก

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

บทความวิจัยทางวิชาการเพื่อนำไปเสนอในที่ประชุมทางวิชาการ หรือวารสารทางวิชาการ

รหัสโครงการ : RDG5450052
ชื่อโครงการ : การใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงเพื่อการแห้งยางพารา
ชื่อหัวหน้าโครงการ : นายคมศักดิ์ หารไชย
สังกัด : สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม
โทรศัพท์ : 0878003094
E-mail address : komsak@npu.ac.th
ระยะเวลาดำเนินการ : 9 เดือน ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2554 ถึง 30 เมษายน 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ในการอบแห้งยางแผ่น ซึ่งเตาชีวมวลบดละเอียด เป็นสิ่งประดิษฐ์ของของนายจรัส ดินเชิดชู นักประดิษฐ์ชาวนครพนม ได้รับสิทธิบัตรเลขที่ 28196 ชื่อสิ่งประดิษฐ์เตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง ออกให้ ณ วันที่ 12 กรกฎาคม 2553 จากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของไหล ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของอากาศและอุณหภูมิของโรงอบแห้งยางพารา ขนาด 4x4x4.5 เมตร ที่มียางแผ่นดิบแขวนบนราวแขวนประมาณ 1,000 แผ่น พบว่าหากออกแบบวางท่อน้ำลมร้อน ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 ท่อ เจาะรูระบายลมร้อนบนท่อน้ำลมร้อน ห่างกัน 20 เซนติเมตร และออกแบบช่องระบายความชื้นของห้องอบยางแผ่น เป็น 6 จุดให้กระจายตัวอยู่ด้านบนห้องอบ จะทำให้ความเร็วและการกระจายตัวของความร้อนในห้องอบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องอบแห้งยางแผ่น สูงสุดไม่เกิน 5°C และการใช้เตาชีวมวลบดละเอียดในชุดเป่าลมร้อน 3 เตา จะให้ความร้อนกับห้องอบแห้ง ได้อย่างต่อเนื่องและนานกว่าการใช้เตาชีวมวลบดละเอียด 2 เตา การควบคุมอุณหภูมิของชุดเป่าลมร้อน สามารถทำได้ 4 วิธี คือ (1) การควบคุมการเผาไหม้ในเตาชีวมวลบดละเอียดโดยตรงด้วยการปิดกั้นท่อก๊าซเข้า (2) การลดจำนวนเตาชีวมวลบดละเอียดลง (3) การเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน และ (4) การเพิ่มอากาศเย็นให้กับลมร้อนที่ถูกเป่าเข้าไปในห้องอบแห้ง

คำสำคัญ : เตาชีวมวลบดละเอียดทรงกระบอก, ยางแผ่นดิบ, อบแห้งยาง

Project code : RDG5450052
Project title : Utilization of biomass gasifier for drying rubber sheet
Investigator : Mr.Komsak Harachai
E-mail Address : komsak@npu.ac.th
Project Period : 1 August 2554 – 30 April 2555

Abstrac

This research aims to study on the use of biomass gasifier for drying rubber sheet. This machine is the invention of Mr. Jing Dincherdchoo, the inventor from Nakhon Phanom, which has got patent no. 28196 issued on July 12, 2010 and called “The biomass gasifier using biomass crushed material as fuel.” Based on fluid dynamics analysis with computer program of 4x4x4.5 meter drying rubber building's air and temperature with has about 1,000 rubber sheets hanging on the hanging rail, we found that if we design hot air duct with 3 inches of diameter, 3 meters in length for 5 tubes and drill the hot air vent on the hot air tubes for 20 centimeters apart and design the moisture chamber of the rubber sheet drying room into 6 spots to disperse on top of the drying room will let the speed and the distribution of heat in the drying room go consistently. The difference of the temperature within the rubber drying room will go up to 5 °C and using of the biomass gasifier for drying rubber sheet in 3 hot air blowers will continuously heat up the drying room and longer than the use of 2 biomass gasifiers. The temperature control of the hot air blower can be achieved in four ways as follow; 1) Burning control directly in the biomass gasifier by blocking the air inlet, 2) Reducing of the amount of the biomass gasifier, 3) Adding cool air to the hot air blower, and 4) Adding cool air to the hot air blown into the drying room.

Keywords: Cylindrical biomass gasifier, Raw rubber sheet, Rubber drying

1. ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

การทำยางแผ่นอบแห้งและยางแผ่นรมควัน เกษตรกรจะใช้ไม้พินจากต้นยางพาราและต้นไม้อื่นที่หาได้ในพื้นที่มาทำเป็นเชื้อเพลิง แล้วนำก๊าซร้อนที่ได้จากห้องเผาไปถ่ายเทให้กับแผ่นยางเพื่อกำจัดความชื้นออกไป ประสิทธิภาพการใช้ไม้พินเป็นเชื้อเพลิงเป็นปัญหาหนึ่งของการรมควัน/อบแห้งยางแผ่น เนื่องจากไม้พินมีราคาสูงและมีแนวโน้มจะขาดแคลนในอนาคต สหกรณ์ผู้ทำสวนยางที่ผลิตยางแผ่นรมควันจะมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง/รมควันสูง จากค่าใช้จ่ายในการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยางบ้านหัวถนน ต.ปริก อ.สะเตา จ.สงขลา ในปี 2547 มีต้นทุนค่าไม้พินคิดเป็น ร้อยละ 69.5 มากเกินครึ่งหนึ่งของค่าใช้จ่าย (พีระพงศ์ และคณะ, 2548) ส่งผลถึงต้นทุนในการผลิตยางแผ่นของเกษตรกร ที่ผ่านมามีความพยายามพัฒนาโรงรมควัน และอบยางแผ่นให้มีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน เช่น การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงจากไม้พินในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยางภาคใต้ ด้วยการปรับลดการปล่อยทิ้งของของก๊าซร้อน และการปรับปรุงการกระจายอุณหภูมิในห้องรมให้สม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งสามารถลดการใช้พินได้ 45% (วจร และ คณะ, 2545) จากการศึกษา การปรับปรุงห้องรมควันยางของสหกรณ์กองทุนสวนยางในภาคใต้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการกรองแก๊สร้อนก่อนให้ไหลผ่านแผ่นยางโดยตรง เพื่อลดเขม่าควันที่เกาะบนแผ่นยาง ฆณะรมควันให้น้ำในเนื้อยางสามารถระเหยออกมาได้ง่ายและยังทำให้ยางที่รมมีสีสวยนอกจากนี้งานวิจัยปรับปรุงห้องรมควันเพิ่มเติมให้ลมไหลได้สม่ำเสมอและสามารถกระจายความร้อนได้ดี ซึ่งสามารถลดการใช้พินในการรมควันช่วงฤดูฝน ได้ถึงร้อยละ 57.4 โดยงานวิจัยได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการแห้งของยางแผ่นมี 3 ประการคือ อุณหภูมิ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอก โดยอุณหภูมิในการรมควัน/อบแห้งยางแผ่นอยู่ระหว่าง 49-63 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 4 วัน ในวันแรกของการอบ อุณหภูมิห้องอบอยู่ระหว่าง 49-52 °C ในวันที่สอง 52-57 °C วันที่สาม 57-60 °C และวันสุดท้าย 60-63 °C หากอุณหภูมิน้อยเกินไปจะทำให้ใช้เวลาในการอบนานหากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ยางแผ่นเกิดฟองอากาศ และละลาย (พีระพงศ์ และคณะ, 2548) และในการศึกษาการพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับกลุ่มสหกรณ์ ได้นำมาพัฒนากระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม้พิน และการใช้วัสดุในการเก็บกักความร้อนในห้องอบได้นานขึ้น เช่น การกองอิฐไว้ในห้องอบ นอกจากนี้ยังได้แนะนำให้มีการพัฒนาระบบการป้อนไม้พินแบบต่อเนื่องให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่ต้องการตามช่วงเวลา ซึ่ง ในการรมควัน/อบแห้งทั่วไปของสหกรณ์กองทุนสวนยางในภาคใต้ จะใส่พินในเตาเผา 3-4 ชั่วโมงต่อครั้ง ในลักษณะการใส่พินเช่นนี้มีปัญหาที่ การใส่พินหลังเที่ยงคืน พนักงานอาศัยความชำนาญ และต้องดูแลการใส่ไม้พินตลอดเวลา ส่งผลต่อการควบคุมอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นตามช่วงการอบที่เหมาะสม (กำพล และคณะ, 2549) ปัจจุบันมีการศึกษาโรงอบยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จากศึกษาการพัฒนาห้องอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ ที่อบยางแผ่นได้ 180 แผ่น ในสภาพอากาศภายนอกห้องอบสูงถึง 36 องศาเซลเซียส จะทำให้อุณหภูมิในห้องอบสูง 49 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 3 วัน ให้ความชื้นแผ่นยางหลังการอบน้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งสามารถลดต้นทุนการอบได้ แต่การใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีข้อจำกัดในเวลากลางคืน และในช่วงฤดูฝนที่ไม่มีแสงแดดเพียงพอในการอบ ทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้ (ปรีดีเปรม, 2550) ในการศึกษาการเปรียบเทียบการอบแห้งยางพาราด้วยการรมควัน และอบแห้ง

ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าการอบแห้งด้วยการรมควันห้องอบมีอุณหภูมิต่อเนื่องและสามารถลดความชื้นได้เร็วกว่าการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูงเฉพาะช่วงกลางวัน (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2550) ในพื้นที่ปลูกใหม่จะกระจายในพื้นที่ภาคเหนือและภาคอีสานของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันต้นยางพาราในพื้นที่ปลูกใหม่ในภาคอีสานมีอายุที่สามารถกรีดน้ำยางได้ และเกิดอุตสาหกรรมที่ตามมาคืออุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา เช่น การทำน้ำยางข้น การทำยางแผ่นดิบ ฯลฯ ซึ่งโรงงานแปรรูปยางพารากะกระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นต้น โดยเกษตรกรผู้ทำสวนยางในพื้นที่ภาคเหนือและภาคอีสาน ได้เริ่มผลิตยางแผ่นอบแห้งจำหน่ายเพิ่มมากขึ้น โดยใช้กระบวนการอบแห้งด้วยการผึ่งลมและแดด และใช้การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ จากการลงพื้นที่สอบถามเกษตรกรผู้ทำสวนยาง ในเขตอำเภอเมือง อำเภอกำแพงแสน และอำเภอสว่างวีรกรรม จังหวัดนครพนม พบว่าเกษตรกรผู้ทำสวนยางจะออกแบบโรงอบแห้งยางแผ่นตามคำแนะนำของสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) หรือสร้างตามความเข้าใจและการดูแบบจากเกษตรกรรายอื่นที่สร้างโรงอบก่อน แต่เตาอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปัญหาในการอบในฤดูฝน เวลาอากาศชื้น และช่วงเวลาที่ไม่มีแดด เกษตรกรจึงได้สร้างช่องเตาเผาที่ทำจากถังน้ำมัน 200 ลิตร ให้ความร้อนร่วมกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งด้วย ซึ่งถึงแม้ว่าเกษตรกรจะยังไม่มีการผลิตยางแผ่น หรือผลิตได้น้อย แต่เกษตรกรในพื้นที่ที่มีจะสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ สกย. แนะนำไปสร้างอย่างแพร่หลาย ทั้งโรงอบขนาดใหญ่ และโรงอบขนาดเล็ก เพื่อรองรับการผลิตในอนาคต และถึงแม้ว่าเกษตรกรผู้ทำสวนยางในพื้นที่ภาคเหนือและภาคอีสานจะมีการสร้างโรงอบแห้งยางแผ่น แต่ยังคงขาดความรู้ความเข้าใจกระบวนการอบแห้งของยางแผ่น ซึ่ง อาจเป็นปัญหาสำคัญของการอบแห้งยางแผ่นในพื้นที่ เนื่องจากการอบแห้งยางแผ่นต้องอาศัยการให้อุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นตามช่วงเวลาที่เหมาะสมความเพื่อให้ได้ยางแผ่นที่มีความชื้นตามที่ต้องการ การอบยางแผ่นที่ขาดความรู้ ส่งผลต่อคุณภาพยางแผ่น และราคาขาย อาจทำให้ยางแผ่นเกิดฟอง ละลาย หรืออบไม่แห้งพอทำให้ยางแผ่นขึ้นรา

ปัญหาหลักสำคัญของการรมควัน/อบแห้งยางแผ่น คือการใช้เชื้อเพลิงในการทำให้อย่างแห้งซึ่งปัจจุบันโรงรมควัน/รมควัน/อบแห้งส่วนใหญ่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงหลัก มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์บ้างในเกษตรกรขนาดเล็ก ปัญหาด้านการไหลของอากาศและการกระจายตัวอุณหภูมิของห้องอบที่ไม่สม่ำเสมอ และปัญหาการควบคุมอุณหภูมิของห้องอบให้เพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งจากปัญหาและการพัฒนาวิธีการและทางเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหา ที่ผ่านมามีการปรับปรุงห้องรมควัน/อบแห้งยางแผ่น และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิง ที่ผ่านมามีความพยายามศึกษาทางเลือกของแหล่งเชื้อเพลิงทางเลือกอื่น จากการศึกษาการใช้ประโยชน์เตาเผาชีวมวลผลิตก๊าซเชื้อเพลิงกับการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร ในการอบแห้งยางแผ่นรมควัน ใช้เวลา 4 วัน พบว่าในการควบคุมอุณหภูมิห้องอบที่ 60°C อัตราการสูญเสียเชื้อเพลิง (ยูคาลิปตัส) เท่ากับ 21 kJ/hr แต่ต้องเติมเชื้อเพลิงทุก 2 ชั่วโมงใน 3 วันแรก และหยุดใส่ในวันสุดท้าย (เกียรติไกร และพิมพ์รัตน์, 2542) แต่ปัญหาของการใช้เตาชีวมวลผลิตก๊าซเชื้อเพลิง คือ ระบบมีความซับซ้อน มีน้ำหนักกว่า 1,300 กิโลกรัม (เตาในงานวิจัยของ เกียรติไกร) และต้องคอยเติมเชื้อเพลิงทุก 2 ชั่วโมง ส่วนทางเลือกในการใช้เชื้อเพลิงก๊าซโปรโตเลียมเหลว (LPG) เพื่ออบแห้งยางแผ่นซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ก็เป็นทางเลือกที่มีต้นทุนสูง ทำให้เกษตรกรผู้ทำสวนยางเลือกใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการใช้เชื้อเพลิง

ทางเลือกจากเตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง สิ่งประดิษฐ์ที่ได้รับสิทธิบัตรเลขที่ 28196 ของ นายจริง ดินเชิดชู ซึ่งเป็นนักประดิษฐ์ชาวจังหวัดนครพนม ในการอบแห้งยางแผ่น ซึ่งเตาชีวมวลฯ เป็นเตาที่มี ประสิทธิภาพ ใช้เชื้อเพลิงน้อย และมีรูปแบบการให้ความร้อนที่สะดวก สะอาด มีมลพิษน้อย สามารถให้ความ ร้อนต่อเนื่อง 8-12 ชั่วโมง ใช้ได้กับการอบแห้งยางแผ่นในระดับครัวเรือน และขยายสู่การอบระดับอุตสาหกรรม เชื้อเพลิงที่ใช้สามารถหาได้จากเศษวัสดุทางการเกษตรหรือชีวมวลทั่วไป เช่น ใบไม้แห้ง ชังข้าวโพด ชี้อ้อย ชานอ้อย เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้เตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้โรง อบแห้งยางพาราของเกษตรกรผู้ทำสวนยางพารา

3. ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

3.1 เตาชีวมวลบดละเอียดหรือเตาชีวมวลทรงกระบอก

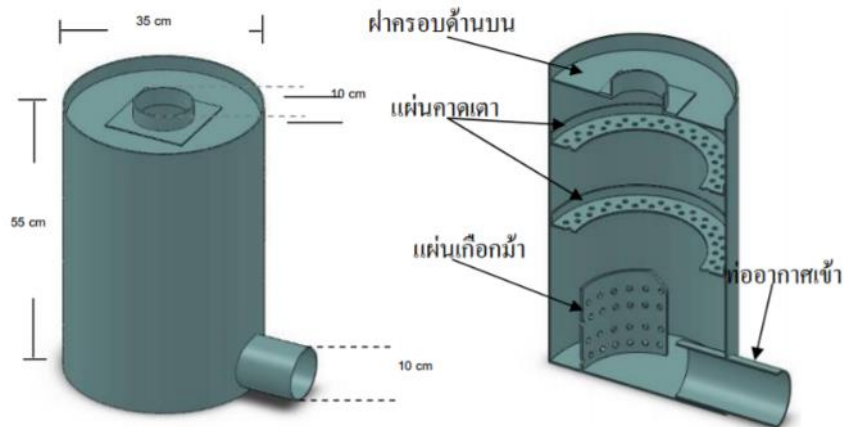
ทางเลือกในการใช้พลังงานทางเลือกในการอบแห้งยางแผ่นโดยใช้เตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวล บดละเอียดเป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการอบเนื่องจาก เป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ ให้ความร้อนสูง ใช้ เชื้อเพลิงน้อย ซึ่งเตาชีวมวลบดละเอียดหรือเตาชีวมวลทรงกระบอก เป็นสิ่งประดิษฐ์ของนายจริง ดินเชิดชู นักประดิษฐ์ชาวนครพนม ได้รับสิทธิบัตรเลขที่ 28196 ชื่อสิ่งประดิษฐ์เตาชีวมวลใช้วัสดุชีวมวลบดละเอียดเป็น เชื้อเพลิง ออกให้ ณ วันที่ 12 กรกฎาคม 2553 ลักษณะเตาชีวมวลทรงกระบอกตัวเตาชีวมวลบดละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 1 ใช้เชื้อเพลิงเป็นชีวมวล ชนิดต่าง ๆ เช่น ชี้อ้อย แกลบ ชานอ้อย ฯลฯ ที่บดละเอียดนำ เชื้อเพลิงมาอัดเข้าไปในเตาดังรูปที่ 2 ก. และรูปที่ 2 ข. ตามความดันที่กำหนด โดยมี อุปกรณ์ที่ช่วยรักษา สภาพเตาชีวมวลทรงกระบอกไม่ให้พังทลายขณะเผาไหม้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 4 ชนิด คือ

1) ที่กั้นทางเข้าอากาศหรือเกือกม้า เป็นอุปกรณ์ที่วางกั้นภายในเตาตรงทางเข้าอากาศทำ หน้าที่กั้นการเผาไหม้ไม่ให้รวดเร็วเกินไป ตรึงฐานล่างภายในเตา และป้องกันการพังของชีวมวลในขณะที่เตา กำลังเผาไหม้มีลักษณะโค้งตามความโค้งของเตามีขนาด $\frac{1}{2}$ เท่าของเตา

2) ที่กั้นตัวเตาหรือที่คาคด เป็น อุปกรณ์ที่กั้นระหว่างเตาตามแนวรัศมีของเตา มีขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเตา ทำหน้าที่กั้นไม่ให้เชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้พังลงมา และ ให้เตาคงสภาพดั้งเดิมจนกระทั่งการเผาไหม้สิ้นสุด

3) ฝาปิด เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปิดเตาชีวมวล หลังการอัดเชื้อเพลิงเตาชีวมวล

4) ฝาครอบชั้นบน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปิดฝาปิดเตา มีขนาดเท่ากับ ทางเข้าของปล่อง อากาศ



รูปที่ 1 ส่วนประกอบเตาชีวมวลบดละเอียด

3.2 เชื้อเพลิง เตาชีวมวลบดละเอียด

เชื้อเพลิงที่ใช้ในได้แก่เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีขนาดเล็ก เช่น แกลบ ชีเลื่อย ใบไม้ ชานอ้อย เป็นต้น ทำการอัดเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ เพื่อให้เชื้อเพลิงอัดตัวแน่น ทำให้เกิดปฏิกิริยา gasification ที่เหมาะสมในระหว่างการเผาไหม้ หลักการทำงานของเตาชีวมวลทรงกระบอกที่ได้รับการบรรจุเชื้อเพลิงเรียบร้อยแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 1 ข. ในการเริ่มต้นใช้งานจะใช้เปลวไฟ (จากไม้ฟืนติดไฟ หรือ กระจกติดไฟ) จุดที่ด้านล่างดังแสดงใน เปลวไฟนี้จะวิ่งเข้าตามช่องทางเดินอากาศภายในเตาตามกระแสของอากาศร้อน ทำให้เชื้อเพลิงในเตาเกิดการติดไฟเพราะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมและมีอากาศร้อนที่เพียงพอต่อการสันดาป และในช่วงเริ่มผิวของเชื้อเพลิงบริเวณแกนกลางของเตาจะติดไฟเกิดการเผาไหม้แบบตรง (Direct combustion) จนกระทั่งใช้งานไปได้ระยะหนึ่งเมื่ออุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิในเตาสูงถึง 1,000-1,200 องศาเซลเซียส จะเกิดกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เป็นกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยการจำกัดอากาศเข้าทำปฏิกิริยา ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ได้ผลผลิตเป็นก๊าซที่สามารถติดไฟได้ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์มีเทน และไฮโดรเจน ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวไม่สามารถออกไปทางอื่นได้ นอกจากแกนกลางจึงถูกเผาไหม้โดยเปลวไฟและอากาศที่ไหลเข้ามาทำให้เกิดความร้อนมากและมีมลพิษต่ำเนื่องจากคาร์บอนมอนอกไซด์ถูกเผาไหม้ซ้ำจนหมด อธิบายการเกิดกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันได้ดังนี้

- โซนเผาไหม้ชีวมวลซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือคาร์บอน ไฮโดรเจน (H_2) และออกซิเจน(O_2) ถูกเผาไหม้และได้ผลิตภัณฑ์คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และปลดปล่อยความร้อนสูง 1,000-1,200 องศาเซลเซียส
- โซนรีดักชัน (Reduction Zone) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจากกระบวนการเผาไหม้จะทำปฏิกิริยากับถ่าน(คาร์บอน) ที่อุณหภูมิ 700-900 องศาเซลเซียส ได้ก๊าซผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H_2) และมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซติดไฟได้

- **โซลไพโรไลซิส (Pyrolysis)** ความร้อนที่เหลือจากการรีดักชันจะไปกลั่นสลายสารระเหยที่อยู่ในเนื้อไม้จนหมดทำให้ไม้กลายเป็นถ่าน(คาร์บอน) ก่อนจะเข้าไปสู่กระบวนการรีดักชันต่อไปซึ่งในโซลไพโรไลซิสนี้มีอุณหภูมิ 200 - 700 องศาเซลเซียส

ความร้อนที่เหลือจากกระบวนการไพโรไลซิสประมาณ 100-200 องศาเซลเซียสจำทำให้ไอน้ำที่อยู่ในชีวมวลเกิดการระเหยออกทำให้ชีวมวลแห้ง

โดยสรุป การเผาไหม้ในเตาชีวมวลบดละเอียดจึงเป็นการเผาไหม้ของชีวมวล(คาร์บอน)โดยตรง ร่วมกับการเผาไหม้ก๊าซชีวมวล หรือก๊าซผลิตภัณฑ์ (producer gas) ที่เกิดจากชั้นเชื้อเพลิงอัดแน่นทำให้ได้เปลวไฟที่สะอาด และอุณหภูมิสูงกว่าปกติ (เมื่อเปรียบเทียบกับเตาชีวมวลทั่วไป) สามารถประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ เช่น การใช้เป็นแหล่งความร้อน (heat source) กับงานอบแห้งลำไย หรืองานหมักไอน้ำขนาดเล็ก 500-1,000 กก/ชม.)

จากการศึกษาของ สุพิน จอดนอกและคณะ (2553) ได้ศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้และทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลทรงกระบอก ที่ได้มีการเผยแพร่ใช้งานในนาม “เตาเทวดา” โดยเตาที่ใช้ในการทดลองมีทรงกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร สูง 55 เซนติเมตร ทางเข้าอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ทางออกของเปลวไฟมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบ 3 ชนิด คือ แกลบ ชี้อ้อย ชานอ้อย บรรจุในเตาชีวมวลทรงกระบอกด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ความดัน 80 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว จากการทดสอบเตาเชื้อเพลิง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้และหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่าการเผาไหม้ด้วยเตาชีวมวลรูปแบบนี้ให้การเผาไหม้แบบเผาชีวมวลโดยตรงร่วมกับการเผาไหม้ของก๊าซโปรดิวเซอร์ จากขบวนการแก๊ซิฟิเคชัน (Gasification process) ที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซโปรดิวเซอร์ พบว่าเกิดมีองค์ประกอบของก๊าซที่ติดไฟได้คือ H_2 , CH_4 , และ CO ในปริมาณสูงกว่าเตาผลิตก๊าซชีวมวล (Gasifier) ทั่วไปคือ H_2 2.3221, CH_4 13.2276, และ CO 27.324 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร โดยเฉลี่ยเตาชีวมวลที่ให้ปริมาณก๊าซมากที่สุดคือชีวมวลแกลบที่บรรจุอัดด้วยความดัน 120 psi มีปริมาณโปรดิวเซอร์มากที่สุด ซึ่ง ค่าความร้อนของก๊าซ 4.2848 MJ/m³ โดยทั่วไปการเผาไหม้ของเตาชีวมวลนี้ให้การเผาไหม้ค่อนข้างสมบูรณ์ และมลพิษต่ำ และผลการวิเคราะห์มลพิษจากการเผาไหม้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และต่ำกว่าการเผาไหม้ชีวมวลทั่วไป

3.3 การทดสอบและประยุกต์ใช้งานของเตาชีวมวล

จากเอกสารข้อเสนอเข้ารับรางวัล Thailand Energy Awards 2011 ด้านพลังงานสร้างสรรค์ เตาเทวดา ภูมิปัญญาไทย ส่วนนวัตกรรมพลังงาน โดย หจก.พลังเทวดา ร่วมกับ ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้อ้างถึงการทดสอบ เตาชีวมวลบดละเอียดว่าหลังจากผ่านการอัดบรรจุชีวมวลแล้วสามารถใช้งานเตาได้ทันที โดยการทำกราดจุดไฟที่ปล่องทางเข้าของอากาศด้านล่างของเตา เปลวไฟในตอนเริ่มต้นจะเผาไหม้ชีวมวลทางเดินอากาศจนถึงปล่องทางออกของเตา อุณหภูมิของการเผาไหม้เตาชีวมวลทรงกระบอกจะสูงมากเนื่องจากการเผาไหม้ระหว่างเตาเผาไหม้โดยตรงกับก๊าซโปรดิวเซอร์เกิดขึ้นขณะที่เผาไหม้ ซึ่งพิสูจน์ได้จากการปิดทางออกของอากาศ ดังรูปที่ 2 ก. แล้วทดสอบการติดไฟของก๊าซที่ไหลออก

จากเตาซึ่งพบว่าก๊าซที่ออกมาสามารถติดไฟได้ดังแสดงในรูปที่ 2 ข. และจากการวิเคราะห์ก๊าซที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบของคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน(H_2) และมีเทน (CH_4) ดังแสดงในตารางที่ 1 และจากการวัดอุณหภูมิเปลวไฟที่ทางออกเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เปลวไฟมีอุณหภูมิเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 2 ก. วิธีดับเตาเพื่อเก็บแก๊สตัวอย่าง



รูปที่ 2 ข. เปลวไฟที่เกิดขึ้นหลังดับเตา

ตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซโปรดิวเซอร์ ที่ความดันในการอัดเชื้อเพลิง 120 psi

ชนิด เชื้อเพลิง	ร้อยละโดยปริมาตร			Calorific Value (MJ/ m ³)
	H ₂	CO	CH ₄	
แก๊ส	2.3221	27.324	13.2776	4.2848
ขี้เลื่อย	1.650	12.4859	9.294	4.1406
ขานอ้อย	2.4304	24.6557	13.9278	4.2356

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเตาชีวมวลบดละเอียดที่ความดันในการอัดเชื้อเพลิง 120 psi

ข้อมูล	ชนิดเชื้อเพลิง	
	ขี้เลื่อย	แก๊ส
น้ำหนักเตาก่อนการทดลอง kg	34.4	36.5
น้ำหนักเตาหลังการทดลอง kg	19.6	24.4
น้ำหนักของน้ำก่อนการทดลอง kg	30	22
น้ำหนักของน้ำหลังการทดลอง kg	23	6.4
อุณหภูมิสูงสุดของเปลวไฟ (Max. Temp.) °C	794.1	568.6
อุณหภูมิต่ำสุดของเปลวไฟ (Min. Temp.) °C	280.9	245
อุณหภูมิเฉลี่ยของเปลวไฟ (Ave. Temp.) °C	606.8	455

3.4 การประยุกต์ใช้งานของเตาชีวมวล

การประยุกต์ใช้งานของเตาชีวมวลกับหม้อไอน้ำไทยประดิษฐ์ หม้อไอน้ำจะได้รับความร้อนจากเตาชีวมวลโดยจะมีช่องด้านล่างของหม้อไอน้ำจะใช้ครั้งละ 4 เตา ดังรูปที่ 3 จะให้พลังงานความร้อนที่สูงมาก ในการให้ความร้อนหม้อจะรับความร้อนผ่านท่อเหล็ก จากนั้นจะส่งผ่านความร้อนต่อไปยังน้ำที่อยู่ภายในหม้อไอน้ำจนกระทั่งน้ำกลายเป็นไอส่วนใหญ่แล้วจะมีหน้าที่ในการสร้างไอน้ำเพื่อใช้ส่งผ่านความร้อนไปยังเครื่องจักร และยังนำเอาความร้อน จากไอน้ำมาใช้ในหม้อหุงต้มอาหาร, หม้ออบแห้ง, หม้อต้มน้ำอ้อย, หม้อเคี้ยวน้ำตาล เป็นต้น การประยุกต์ใช้ร่วมกับหม้อไอน้ำชีวมวลที่โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยววินครพนม จากเดิมใช้น้ำมันเตาวันละ 230 ลิตร คิดเป็นเงิน 3,795 บาท หลังจากเปลี่ยนมาใช้หม้อไอน้ำชีวมวลจะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตไอน้ำวันละ 300 บาท และ หจก.นางรองทรัพย์อนันต์ ได้ใช้หม้อไอน้ำชีวมวล ทดแทนหม้อไอน้ำเดิมที่ใช้ก๊าซแอลพีจี พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตได้จาก 2,400 บาท เหลือ 800 บาทต่อวัน ซึ่งหม้อไอน้ำชีวมวลที่ออกแบบได้รับการรับรองจากสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย กรมโรงงานอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เตาชีวมวลในการอบลำไยของสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ และเครือข่ายในจังหวัดเชียงใหม่ ดังรูปที่ 4 โดยเครื่องอบแห้งลำไยจะรับความร้อนจากเตาชีวมวลโดยความร้อนจะไหลผ่านไปในท่อเหล็กและจะมีพัดลมดูดอากาศให้ไหลผ่านท่อเหล็กขนาดเล็กที่วางเรียงกันในเครื่องอบแห้งโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับท่อเหล็ก(ได้รับความร้อนจากเตาชีวมวล) ในตอนแรกเป็นการอุ่นอากาศทำให้เกิดอากาศร้อนขึ้นอุณหภูมิประมาณ 40-45 °C ซึ่งอากาศที่อุ่นจะไหลผ่านท่อความร้อน ช่วงนี้อุณหภูมิจะอยู่ที่ 145-150 °C จึงนำไปเอาอากาศร้อนที่ได้ไปอบแห้งลำไย ซึ่ง เมื่อเข้าสู่ถึงพักลำไย อากาศร้อนจะไล่ความชื้นในผลลำไยออกโดยอุณหภูมิในถังพักอยู่ที่ 85 °C ใช้เวลาในการอบลำไยประมาณ 48-50 ชั่วโมง โดยใช้ครั้งละ 3 เตา อบครั้งละ 8 ชั่วโมง ใช้เตาในการอบลำไยประมาณ 18 เตา ต่อการอบลำไยต่อครั้งหนึ่ง สามารถลดต้นทุนจากเดิมที่ใช้ก๊าซก๊าซปริโตเลียมเหลว (LPG) จาก 3,425 บาท เหลือ 660 บาท ต่อรอบการอบ ได้กำไรเพิ่มขึ้น 68,500 บาทต่อปี



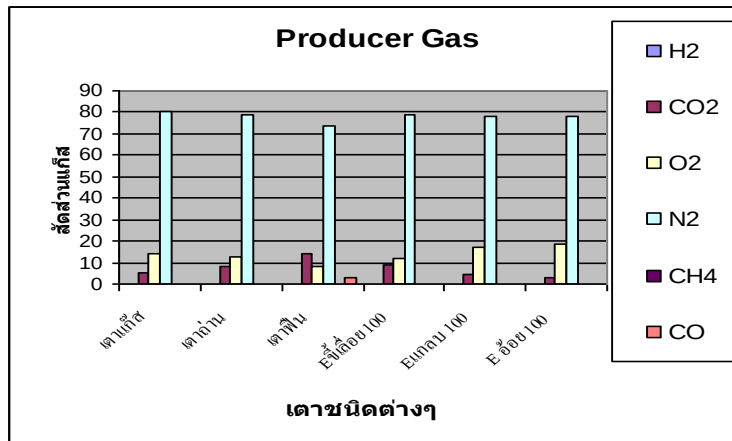
รูปที่ 3 หม้อไอน้ำไทยประดิษฐ์



รูปที่ 4 เครื่องอบแห้งลำไย

3.5 มลภาวะที่เกิดจาก เตาชีวมวลบดละเอียด

จากการวิจัยของคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เรื่องการปล่อยก๊าซมลพิษทางอากาศพบว่า เตาชีวมวลบดละเอียดมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เป็นพืชต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเตาชีวมวลชนิดอื่น ดัง แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดง Producer Gas ที่เกิดหลังการเผาไหม้ (ไอเสีย) ของเตาชนิดอื่นกับเตาชีวมวลบดละเอียด

3.6 การนำเตาชีวมวลบดละเอียดไปใช้ในการอบแห้งแผ่นยางพารา

จากปัญหาของการอบยางแผ่น เตาชีวมวลบดละเอียดจึงเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในการอบแห้งยางแผ่น โดย ให้ความร้อนผ่านชุดเตาซึ่งเป็นชุดให้ความร้อนด้วยการใช้เตาชีวมวลบดละเอียดเผาเหล็กให้ร้อนแล้วเป่าลมร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งยางพารา โดยชุดเป่าลมร้อน ดังแสดงในรูปที่ 4 จะรับความร้อนจากเตาชีวมวลบดละเอียดโดยความร้อนจะไหลผ่านไปไ้ในท่อเหล็กและจะมีพัดลมดูดอากาศให้ไหลผ่านท่อเหล็กขนาดเล็กที่วางเรียงกันในเครื่องอบแห้งโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับท่อเหล็ก(ได้รับความร้อนจากเตาชีวมวล) ในตอนแรกเป็นการอุ่นอากาศทำให้เกิดอากาศร้อนขึ้นอุณหภูมิประมาณ 40-45 °C ซึ่งอากาศที่อุ่นจะไหลผ่านท่อความร้อน ช่วงนี้อุณหภูมิจะอยู่ที่ 145-150 °C การเพิ่มอุณหภูมิเตาชีวมวลบดละเอียดสามารถทำได้โดยการ เติมฟืนเข้าที่ทางเข้าอากาศของเตาเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเผาไหม้ขึ้น เตาจะมีเปลวไฟพุ่งแรงขึ้น ในการลดอุณหภูมิสามารถลดได้ด้วยการลดขนาดช่องทางเข้าอากาศของเตาลงจะทำให้ลดการเผาไหม้ในเตา และเปลวไฟจะลดความแรงลง การเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนที่เป่าออกจากชุดเป่าลมร้อนสามารถทำได้โดยการเพิ่มความร้อนของเตาโดยตรง และการเพิ่มจำนวนเตาที่เผาต่อชุดให้ลมร้อน การลดความเร็วอย่างฉับพลันในขณะที่ติดตั้งกับชุดเป่าลมร้อน จะสามารถลดความร้อนได้ด้วยการเปิดช่องอากาศตรงท่อทางออกของอากาศร้อนก่อนจะเข้าห้องอบ เพื่อเพิ่มอากาศเย็นก่อนเข้าสู่ห้องอบลดความร้อนของลมร้อนได้อย่างรวดเร็ว และชุดเป่าลมร้อนจะมีเกจวัดอุณหภูมิของลมร้อนก่อนเข้าสู่ห้องอบด้วย

3.7 อัตราความร้อน และการคายความร้อนในการอบแห้งของยางแผ่น

จากงานวิจัยเรื่องการปรับปรุงห้องรมยางของสหกรณ์กองทุนสวนยางในภาคใต้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการกรองแก๊สร้อนก่อนให้ไหลผ่านแผ่นยางโดยตรง (พีระพงศ์, 2548) โดยใช้อุณหภูมิในการไล่ความชื้นจากการรมควัน เป็นเวลา 4 วัน อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 49-52 , 52-57, 57-60 และ 60-63 องศาเซลเซียสตามลำดับ และโดยทั่วไปห้องรมควันของสหกรณ์จะหยุดใส่เชื้อเพลิงในวันสุดท้ายและห้องอุณหภูมิห้องรมจะลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจากผลสำรวจในงานวิจัยดังกล่าว พบว่าสหกรณ์มีค่าเฉลี่ยการใช้เชื้อเพลิงประมาณ 1,000-1,200 กิโลกรัมต่อตันยาง ซึ่งคิดเป็น 69.5 % ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้ งานวิจัยเรื่องการตากแห้งยางแผ่นที่เหมาะสมต่อการรมควันโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (พีระพงศ์, 2550) พบว่าการพาดยางแผ่นในการรมควันควรให้ราวพาดยางแผ่นห่างกันระหว่าง 2.5-7.5 เซนติเมตร ซึ่งระยะห่าง 7.5 เซนติเมตรจะทำให้ยางแผ่นแห้งเร็วกว่าแต่จะทำให้ปริมาณการรมควันต่อ ครั้งลดลงครึ่งหนึ่ง สอดคล้องกับข้อมูลในคู่มือการผลิตยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพ ของสถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตรที่ระบุว่าราวตากยางควรห่างกันอย่างน้อย 1 เซนติเมตร และจากงานศึกษาการคลายความชื้นของยางแผ่น (สุรศักดิ์, 2534) พบว่ายางแผ่นรีดเสร็จพอสะเด็ดน้ำนั้น มีความชื้นอยู่ระหว่าง 16.22 ถึง 30.46 % และในการทดลองอบยางแผ่นในตู้อบทดลองจำนวน 18 แผ่น จากงานการพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับกลุ่มสหกรณ์ (กำพล, 2549) พบว่าความชื้นเริ่มต้นของยางแผ่นอยู่ที่ 25 ถึง 35 % อบแห้ง 4 วัน เมื่ออบแห้งวันแรกด้วยอุณหภูมิเริ่มต้น 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส ทุก 12 ชั่วโมง จนได้อุณหภูมิถึง 60 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนถึงวันสุดท้าย ปรากฏว่า การระเหยของน้ำมีปริมาณมากที่สุดในวันแรกประมาณ 86.8% ของน้ำทั้งหมดที่ระเหย (0.26 กก./ กก.ยางแผ่น) วันที่ 2 ประมาณ 11.5% ของน้ำทั้งหมดที่ระเหย (0.034 กก./ กก.ยางแผ่น) และในวันที่ 3 ประมาณ 1.7% ของน้ำทั้งหมดที่ระเหย (0.005 กก./ กก.ยางแผ่น) และในการอบแห้งหากใช้ความร้อนจากการเผาผลาญช่วยในการอบแห้ง จะทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น และช่วยทำให้การกระจายความร้อนในห้องดียิ่งขึ้น ซึ่ง จากการศึกษาเรื่องการอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานความร้อนรวมจากแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวมวล (สยาม, 2552) ซึ่งสามารถอบแห้งยางแผ่นโดยใช้ห้องอบพลังงานร่วมแสงอาทิตย์กับชีวมวล ขนาด 1.8x3.8x2.7 เมตร สามารถบรรจุยางแผ่นได้ 12 แผ่น มีความชื้นแผ่นยางเริ่มต้น 28.57 % ความชื้นหลังอบ 3.91% ใช้เวลาอบ 64 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า การอบแห้งใช้ความร้อนในการอบแห้ง 533.82 MJ มีอัตราการลดลงของน้ำหนัก 2 ช่วง คือ ชั่วโมงที่ จะมีน้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากน้ำอยู่บริเวณผิวเนื้อยางระเหยออกมาได้ง่าย ส่วนชั่วโมงที่ 37-64 มีอัตราการลดลงของน้ำหนักแผ่นยางอย่างช้า ๆ เนื่องจากน้ำในเนื้อยางชั้นในระเหยออกมาได้ยาก พลังงานเฉลี่ยในการอบต่อแผ่นจึงเท่ากับ 32.67 MJ

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดในการอบแห้งยางพาราด้วยการเป่าลมร้อนทดสอบกับโรงอบแห้งยางพาราด้วยการเป่าลมร้อนเข้าสู่ห้องอบแห้งยางพารา โดย อาศัยแนวทางแนวทางจากงานวิจัยที่ผ่านมาศึกษาวิธีการกระจายลมร้อนให้สม่ำเสมอทั่วห้องอบ และศึกษาลักษณะอัตราการให้ความร้อนของเตาในช่วงอุณหภูมิการอบแห้งยางพาราที่แตกต่างกันเพื่อกำหนดขนาดและปริมาณของเตาชีวมวลบดละเอียด เพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการตามช่วงอุณหภูมิการอบ ซึ่งการ

การทดลองเตาสามารถให้ลมร้อนได้มากถึง 150 องศาเซลเซียสในปล่องทางออกของลมร้อน ซึ่งข้อมูลข้างต้นจะเป็นส่วนสำคัญในการออกแบบการทดลอง

4. วิธีการ

1. ศึกษาการกระจายอุณหภูมิของโรงอบแห้งยางพารา ขนาด 4x4x4.5 เมตร โดยใช้การคำนวณเชิงพลศาสตร์ของไหล (Computation Fluid Dynamic : CFD) โดยกำหนดให้ผนังโรงอบแห้งยางพาราบุด้วยฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน

- ออกแบบตำแหน่งและรูปแบบการกระจายลมร้อน การไหล อุปกรณ์ช่วยในการไหลของอากาศ
- ศึกษาความเร็วของอากาศและลมร้อนในห้องอบแห้งยางพาราที่เหมาะสมให้อากาศสามารถ

กระจายตัวได้อย่างทั่วถึง สม่ำเสมอ

- ศึกษาช่องระบายความชื้น ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงห้องอบแห้งยางที่เหมาะสม

2. ศึกษาขนาดและปริมาณของเตาชีวมวลบดละเอียดที่เหมาะสมกับการอบแห้ง

- ศึกษาชุดเป่าลมร้อนใช้ปริมาณเตาชีวมวลบดละเอียดผลิตลมร้อนได้อุณหภูมิตามที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาของการอบ โดยในการทดลองครั้งนี้จะใช้ ซีล้อย ซึ่งเป็นชีวมวลที่หาได้ง่ายในพื้นที่จังหวัดนครพนม เป็นเชื้อเพลิงในการทดลอง

3. ศึกษาแนวทางการควบคุมความร้อน การเพิ่ม และหรือลดอุณหภูมิของชุดเป่าลมร้อนให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาของการอบโดยหาแนวทางการควบคุมโดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์

4. ทดลองอบห้องอบเป่าตามแบบจำลองการกระจายตัวของอากาศตามลักษณะห้องอบที่ได้ออกแบบไว้ ใช้เทอโมคัปเปิล ชนิด k วัดอุณหภูมิตามจุดที่กำหนด โดยใช้ชุดเป่าลมร้อนที่ใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดในการอบแห้ง ในการทดสอบจะใช้ซีล้อยบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงในการอบห้องอบเป่า โดยกำหนดปัจจัยควบคุมคือ อุณหภูมิเพียง และความเร็วลมร้อน

- เพื่อทดสอบการไหลของอากาศและลมร้อนในห้องอบ
- ศึกษาอุณหภูมิตามจุดที่กำหนด ตามช่วงเวลา
- ศึกษาการใช้เชื้อเพลิงในห้องอบเป่า

5. ทดลองอบแห้งยางแผ่นในห้องอบ

- ศึกษาอุณหภูมิตามจุดที่กำหนดและผลของการอบยางแผ่น
- ทดสอบการใช้เชื้อเพลิงในการอบจริง
- ทดสอบคุณภาพยางแผ่นที่ได้จากการอบโดยใช้พลังงานจากเตาชีวมวลบดละเอียดในการอบ

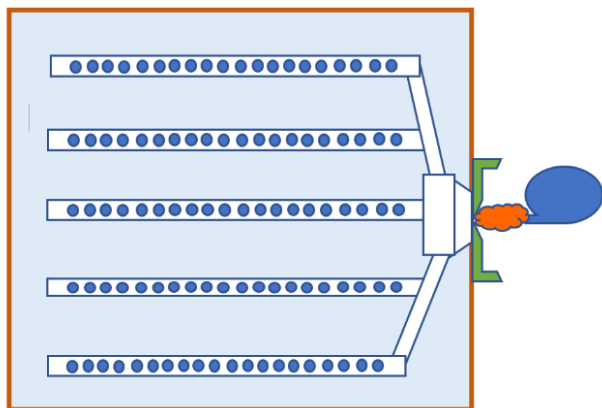
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

- คุณภาพยางที่ได้จากการอบ จากตัวอย่างยางที่ได้จากการอบ ตามคุณภาพยางแผ่นดิบ
- การใช้เชื้อเพลิงในการอบ
- วิธีการและแนวทางการปรับอุณหภูมิในการอบของชุดเป่าลมร้อนและเตาชีวมวลบดละเอียด
- วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

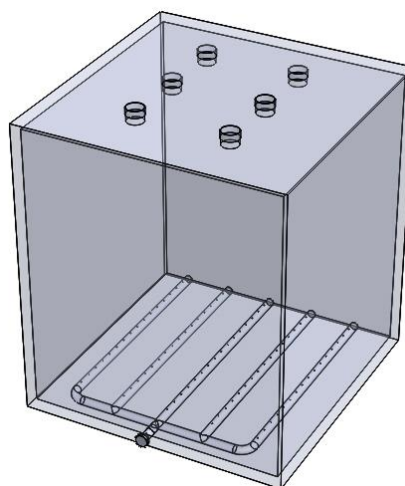
5. ผลการวิจัย

5.1 การกระจายอุณหภูมิของโรงอบแห้งยางพารา

ในกระบวนการอบแห้งทั่วไปจะทำให้ไน้ระเหยออกจากวัตถุหรือสิ่งที่เราต้องการอบแห้ง ซึ่งในการอบแห้งยางพารา จะใช้ความร้อน หรือลมร้อนช่วยนำความชื้นออกจากเนื้อยาง แต่การให้ความร้อนกับยางแผ่นจำเป็นต้องให้อัตราที่เหมาะสม และให้อุณหภูมิกระจายตัวทั่วห้องอบ และให้ความร้อนนำความชื้นออกจากห้องอบได้อย่างต่อเนื่อง เพื่อรักษาคุณภาพของยางที่อบ และเพื่อให้ลมร้อนจากกระจายตัวได้ดียิ่งขึ้น จึงมีการออกแบบวางท่อนำลมร้อน ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว เจาะรูระบายลมร้อนบนท่อนำลมร้อน ห่างกัน 20 เซนติเมตร และกำหนดตำแหน่งช่องระบายความชื้นของห้องอบยางแผ่น เป็น 6 จุดให้กระจายตัวอยู่ด้านบนห้องอบ เพื่อให้ระบายความชื้นออกจากห้องอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 6 - 7



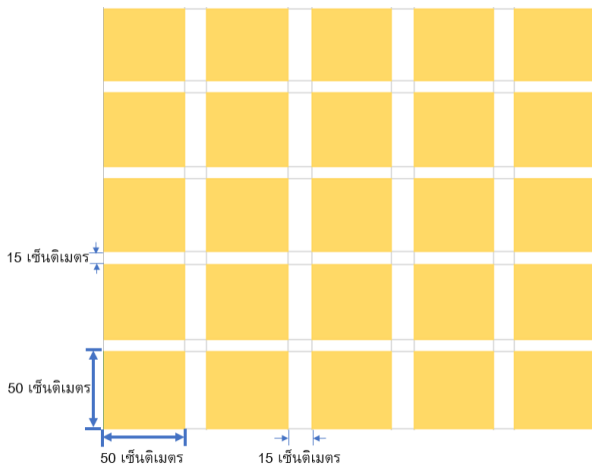
รูปที่ 6 การวางท่อนำลมร้อนในห้องอบ



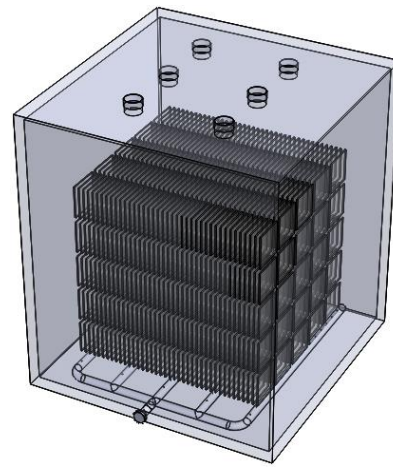
รูปที่ 7 ภาพสามมิติช่องระบายความชื้นท่อนำลมร้อนในห้องอบ

จากการศึกษาการกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งยาง ขนาด 4x4x4.5 เมตร ปกติยางแผ่นดิบจะมีขนาดประมาณ 50 x 100 เซนติเมตร หากนำไปแขวนบนราวแขวนจะเหลือขนาดประมาณ 50 x 50 เซนติเมตร ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบราวแขวนยางแผ่นเพื่อใช้ในการศึกษาการไหลอุณหภูมิ เป็น 5 ชั้น ชั้นแรกจะสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร แต่ละชั้นห่างกัน 65 เซนติเมตร แต่ละชั้นมีราวแขวนยางประมาณ 40 ราว แต่ราวแขวนวางห่างกัน 7.5 เซนติเมตร แขนงยางแผ่น ราวแขวนละ 5 แผ่น จึงมียางแผ่นในราวแขวนที่ออกแบบไว้ประมาณ 1,000 แผ่นต่อห้องอบ ดังแสดงในรูปที่ 8-9

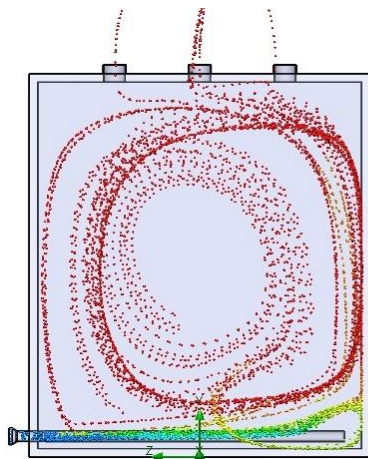
และจากการวิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของไหล ด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัว และการไหล ของอากาศในห้องอบแห้ง ที่กระจายตัวอย่างทั่วถึง และตำแหน่งของช่องระบายความชื้น ช่วยทำให้การกระจายตัว และการไหลของอากาศสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยทำให้การระบายความชื้นต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอทั่วห้องอบ ดังแสดงในรูปที่ 9 จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ พบว่าความเร็วและการกระจายตัวของความร้อนในห้องอบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูป ที่ 10 - 11 ความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องอบแห้งยางแผ่น สูงสุดไม่เกิน 5°C



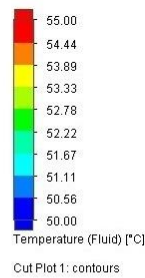
รูปที่ 8 แสดงภาพการออกแบบราวแขวนยางแผ่น



รูปที่ 9 ภาพสามมิติราวแขวนยางแผ่น

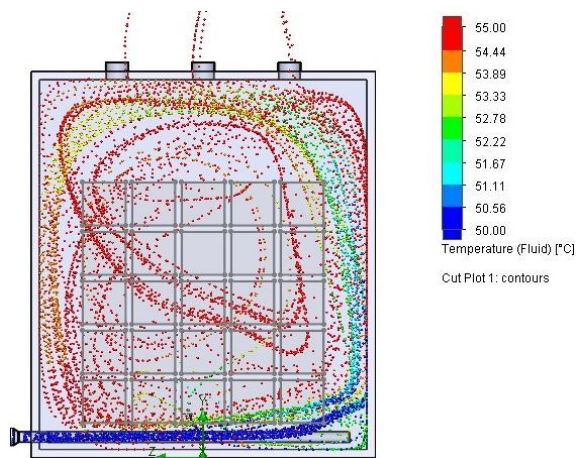


รูปที่ 10 การกระจายตัวของอากาศในห้องอบแห้ง

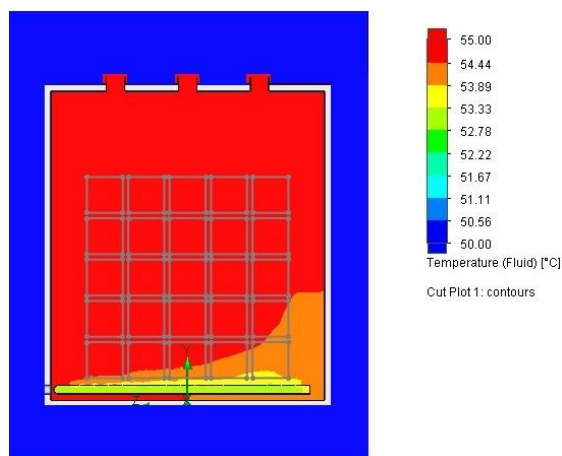


รูปที่ 11 การกระจายตัวของอุณหภูมิในห้องอบแห้ง

เมื่อทดสอบนำยางแผ่นดิบเข้าไปในห้องอบ แล้ววิเคราะห์เชิงพลศาสตร์ของไหล ด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ จะเห็นการไหลของอากาศที่กระจายตัวทั่วห้องอบอย่างทั่วถึง มีการไหลของอากาศขึ้นออกทางช่องระบายความชื้นด้านบน ดังแสดงในรูป ที่ 13 และเมื่อจำลองสภาพอุณหภูมิของห้องอบแห้งเมื่อมีแผ่นยางพาราอยู่ข้างในก็จะเห็นสภาพอุณหภูมิห้องอบที่กระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งอุณหภูมิของห้องอบแห้งยางที่มีแผ่นยางพาราอยู่ข้างใน เมื่ออุณหภูมิสูงสุดที่ประมาณ 60 °C อุณหภูมิห้องอบจะแตกต่างกันไม่ถึง 5 °C ซึ่งถือว่าอุณหภูมิมีการกระจายตัวได้ดี อย่างทั่วถึงแผ่นยางพาราที่ตากอยู่ทั้งหมด



รูปที่ 13 การกระจายตัวของอากาศในห้องอบที่มียาง



รูปที่ 14 การกระจายตัวของอุณหภูมิในห้องอบที่มียาง

5.2 ขนาดและปริมาณของเตาชีวมวลบดละเอียดที่เหมาะสมกับการอบแห้ง

เตาชีวมวลบดละเอียดเป็นแหล่งให้ความร้อนโดยตรงกับเครื่องอบแห้งยางแผ่น ซึ่ง เปลวความร้อนจากเตาชีวมวลบดละเอียดจะเผาให้ความร้อนท่อเหล็กในเครื่องอบ แล้วความร้อนจะถูกดูดจากห้องเผาเป็นลมร้อนเข้าไปในห้องอบยางแผ่น จากการทดลองเป่าลมร้อนจากเครื่องอบเข้าไปในห้องอบ โดยใช้เตาชีวมวลบดละเอียดในเครื่องอบแห้ง 2 และ 3 เตา ดังแสดงในรูปที่ 11-12 เป่าให้ความร้อนที่เครื่องเป่าลมเฉลี่ย 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าเครื่องอบแห้งที่ใช้ 2 เตาจะให้ความร้อนในห้องอบได้ช้ากว่า และ เผาไหม้หมดเร็วกว่า เครื่องอบแห้งที่ใช้ 3 เตา เนื่องจากจำนวนเตาที่มากกว่าทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเตาลดลงแต่ยังสามารถให้ความร้อนรวมที่ป้อนเครื่องดูดอากาศได้เท่าเดิม และยังสามารถควบคุมอัตราการเผาไหม้ให้อยู่ในระดับต่ำได้



รูปที่ 11 ชุดเป่าลมร้อนขนาด 2 เตา



รูปที่ 12 ชุดเป่าลมร้อนขนาด 3 เตา

5.3 การควบคุมอุณหภูมิของชุดเป่าลมร้อน

เนื่องจากเตาชีวมวลบดละเอียด มีลักษณะการเผาไหม้ที่ไม่คงที่ ทำให้อุณหภูมิของเตาอยู่ในช่วงอุณหภูมิเฉลี่ย แต่อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการให้ความร้อนห้องอบแห้งยางแผ่น โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่ปากปล่องพัดลมเป่าความร้อนที่ 150°C และเมื่อจุดเตาต่อเนื่อง 1-5 ชั่วโมง ได้ความร้อนเฉลี่ยที่ปากปล่องพัดลมเป่าความร้อนที่ 90°C ซึ่งเพียงพอต่อการป้อนความร้อนให้กับห้องอบแห้งยางแผ่น

วิธีการควบคุมความร้อนของชุดเป่าลมร้อนมี 3 วิธีคือ

(1) การควบคุมการเผาไหม้ในเตาชีวมวลบดละเอียดโดยตรง ด้วยการปิดกั้นท่ออากาศเข้า ดังแสดงในรูปที่ 1 เพื่อลดอากาศที่ช่วยในการเผาไหม้ให้น้อยลง จะทำให้อุณหภูมิในเตาลดลงด้วย ซึ่งหากต้องการปิดหรือตั้งเตาก็สามารถเปิดรูเข้าอากาศที่ท่อทางเข้าอากาศได้

(2) การลดจำนวนเตาชีวมวลบดละเอียดลง จาก 3 เตา เหลือ 2 เตา ซึ่งเป็นกรณีที่ต้องการลดความร้อนลงอย่างต่อเนื่อง

(3) การเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน ด้วยการขยาย หรือเปิดช่องทางเข้าอากาศของชุดเป่าลมร้อน ให้อากาศเย็นไหลเข้าไปลดอุณหภูมิของท่อนำความร้อนที่ถูกเผาด้วยเปลวไฟจากเตาชีวมวลบดละเอียดดังแสดงในรูปที่ 13 ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของลมร้อนที่ถูกเป่าเข้าไปในห้องอบแห้งยางพาราลดลงได้อย่างรวดเร็ว

(4) การเพิ่มอากาศเย็นให้กับลมร้อนที่ถูกเป่าเข้าไปในห้องอบด้วยการเพิ่มช่องอากาศเย็น ดังแสดงในรูปที่ 14 บริเวณทางออกของลมร้อนก่อนจะเข้าไปยังห้องอบแห้งยางแผ่น

ดังนั้นแนวทางการลดอุณหภูมิของห้องอบแห้งยางแผ่น ทำด้วยการปรับเพิ่มอากาศเย็นให้กับระบบก่อน จากนั้นจึงลดอากาศเข้าเตาชีวมวลบดละเอียดเพื่อลดอัตราการเผาไหม้ และเมื่อเริ่มหยุดให้ความร้อนในห้องอบแห้ง หรือการค่อย ๆ ลดอุณหภูมิจนกระทั่งถึงอุณหภูมิห้องที่ 150°C ก็ลดจำนวนเตาลง จากการพิจารณาวิธีการลดอุณหภูมิของห้องอบแห้งแล้ว วิธีการที่สามารถควบคุมได้ด้วยการใช้ชุดควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ คือการควบคุมช่องเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน ให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิตรงทางออกของลมร้อนหรืออุณหภูมิภายในห้องเผา



รูปที่ 13 ช่องเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน



รูปที่ 14 ช่องเพิ่มอากาศเย็นให้กับลมร้อน

5.4 ทดลองอบห้องอบเปล้า และทดลองอบแห้งยางแผ่นในห้องอบตามแบบจำลองการกระจายตัวของอากาศตามลักษณะห้องอบที่ได้ออกแบบ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ยางพาราในพื้นที่ภาคอีสานมีอายุพร้อมกรีดยางน้ำยางทำให้เกษตรกรเริ่มกรีดยางพาราเพื่อผลิตเป็นยางก้อนถ้วยออกจำหน่าย รวมถึงการรวบรวมน้ำยางมาเพื่อทำเป็นยางแผ่นดิบซึ่งจะเห็นได้อย่างแพร่หลายในชุมชน เกษตรกรจะซื้อเครื่องรีดยางขนาดเล็กมาใช้ในครัวเรือนกันอย่างแพร่หลาย และเริ่มมีการทำโรงอบยางแผ่นดิบเพื่อเก็บไว้จำหน่าย โดยได้รับการสนับสนุนแบบโรงอบยางแผ่นดิบจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการทำสวนยาง และการสนับสนุนเงินกู้จาก ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ในการสร้างโรงอบยางแผ่นดิบ ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ แม้ว่าจะมีความพยายามในการผลิตยางแผ่นดินกันอย่างแพร่หลายในภาคอีสาน แต่ด้วยพฤติกรรมของเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราในภาคอีสานที่มีอาชีพหลักคือการทำนา ทำให้เกษตรกรไม่มีเวลาในการผลิตยางแผ่นดิบ และเริ่มนิยมผลิตยางก้อนถ้วยเนื่องจากผลิตได้ง่ายและมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำไม่ยุ่งยาก สามารถขายได้เงินทันที ประกอบด้วยภาวะเศรษฐกิจและราคายางที่ตกต่ำในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ยิ่งทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่ไม่ผลิตยางแผ่นดิบเลย ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถหายางแผ่นดิบมาใช้ในการทดลองในส่วนของการทดลองอบยางแผ่นจริงได้ แม้กระทั่งโรงอบยางของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครพนมและใกล้เคียงที่สร้างไว้ ส่วนใหญ่ก็จะปรับเป็นโรงเรือนเพื่อเก็บของและอุปกรณ์ทางการเกษตรอื่น ไม่ได้นำมาใช้ในการอบแห้งยางแผ่น

6. วิจารณ์ผล

การกระจายอุณหภูมิของโรงอบแห้งยางพารา

ในโรงอบแห้งยางพาราจำเป็นต้องให้มีการกระจายตัวของลมร้อนที่เป่าเข้าไปในห้องอบแห้งแต่โรงอบแห้งยางพาราของเกษตรกรทั่วไปจะไม่ได้มีการกระจายตัวของลมร้อนให้ทั่วถึง หรือไม่ได้คำนึงถึงการไหลของอากาศร้อนและการระบายความชื้นในห้องอบแห้งเท่าที่ควร การคำนวณพลศาสตร์ของไหล ของอากาศในห้องอบแห้งด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้เห็นว่าจำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์ช่วยกระจายลมร้อนที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดลมร้อนด้วย รวมถึงความสำคัญของจำนวนและตำแหน่งของช่องระบายความชื้น เพื่อให้ลมร้อนและอุณหภูมิในห้องอบแห้งการกระจายทั่วถึงยางแผ่นที่แขวนไว้ในห้องอบ

ขนาดและปริมาณของเตาชีวมวลบดละเอียดที่เหมาะสมกับการอบแห้ง

เนื่องจากเตาชีวมวลบดละเอียดมีขนาดที่เฉพาะ การให้ความร้อนแก่ชุดเป่าลมร้อนจึงต้องพิจารณาจำนวนของเตาชีวมวลบดละเอียดที่ใช้ด้วย ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนที่ออกมาจากชุดเป่าลมร้อนเข้าไปยังห้องอบแห้งยางพารา มีปัจจัยต้องควบคุมหลายอย่างเพื่อรักษาความต่อเนื่องของอุณหภูมิซึ่งจากการทดสอบ ชุดเป่าลมร้อนควรใช้เตาชีวมวลบดละเอียด 3 เตาเพื่อให้ความร้อนอย่างคงที่ต่อเนื่องนานที่สุด เพราะการควบคุมอัตราการเผาไหม้ในเตาชีวมวลบดละเอียดให้ต่ำ จะทำได้ง่ายกว่าการเพิ่มอัตราการเผาไหม้หรือการเพิ่มอุณหภูมิของเตาชีวมวลบดละเอียด

การควบคุมอุณหภูมิของชุดเป่าลมร้อน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนที่ออกจากชุดเป่าลมร้อนเข้าไปยังห้องอบแห้ง ยางพารา ประกอบด้วย จำนวนเตาชีวมวลบดละเอียดที่ใช้ การควบคุมอัตราการเผาไหม้ของเตาชีวมวลบดละเอียดซึ่งส่งผลต่ออุณหภูมิเปลวไฟของเตาชีวมวลบดละเอียด การควบคุมการเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน การเพิ่มอากาศเย็นที่ทางออกของลมร้อน ซึ่งแม้ว่าปัจจัยต่างๆ จะช่วยให้สามารถปรับลดอุณหภูมิระบบลงได้ แต่การควบคุมให้อุณหภูมิให้อยู่ในระดับใดระดับหนึ่งอาจทำได้ยาก เช่น เมื่อลดอุณหภูมิด้วยการเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน แล้วต้องมาปรับอัตราการเผาไหม้ในเตาชีวมวลบดละเอียดให้สัมพันธ์กันอีก ทั้งยังต้องคำนึงถึงกำลังไฟที่จะลดลงเรื่อย ๆ ตามเวลา ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาการควบคุมอุณหภูมิชุดเป่าลมร้อนเพิ่มเติมโดยเฉพาะ

7. สรุปผล

เตาชีวมวลบดละเอียดเป็น สิ่งประดิษฐ์ที่ให้พลังงานความร้อนสูง จากการนำเศษชีวมวลที่บดละเอียดมาเป็นวัตถุดิบ เป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งนอกจากเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ฟืน และเชื้อเพลิงเหลว เช่น LPG เศษชีวมวลที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้มีหลายชนิด เช่น ชี้อ้อย ชังข้าวโพดบด ทลายปาร์มบด ใบไม้บด เหง้ามัน สัมปะหลังบด เปลือกและเมล็ดลำไยบด ฯลฯ เมื่อนำเชื้อเพลิงชีวมวลบดละเอียดมาอัดแน่นลงในเตาชีวมวลบดละเอียดตามขั้นตอน ก็จะได้แท่งเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนเปลวสูงสามารถนำมาใช้ในครัวเรือนและในงานอุตสาหกรรมได้ จากการศึกษาการใช้พลังงานจากเตาชีวมวลชีวมวลชีวมวลบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิง เพื่อการอบแห้งยางพารา ทำให้ทราบว่าเตาชีวมวลบดละเอียดสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการอบแห้งยางแผ่นได้ จากคุณสมบัติการให้ความร้อนสูง และการให้ความร้อนที่ต่อเนื่องทำให้เตาชีวมวลบดละเอียดเป็นเสมือนแท่งเชื้อเพลิงสำเร็จรูปชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์กระจายความร้อน เช่น ชุดเป่าลมร้อน หรือเตาอบลมร้อน โดยอาศัยหลักการเป่าลมผ่านท่อเหล็กที่ได้รับความร้อนจากเตาชีวมวลบดละเอียด จากการทดสอบพลศาสตร์ของไหล ทางคอมพิวเตอร์ พบว่าใช้เตาชีวมวลบดละเอียดจำนวนสามเตาในชุดเป่าลมร้อนมีความเหมาะสมกับการอบแห้งยางแผ่น ในห้องอบ ขนาด 4x4x4.5 ลูกบาศก์เมตร ควบคุมความร้อนในห้องอบด้วยการปรับอากาศเข้าเตาชีวมวลบดละเอียด การเพิ่มอากาศเย็นให้กับชุดเป่าลมร้อน การเพิ่มอากาศเย็นที่ทางออกของลมร้อน และการลดจำนวนเตาชีวมวลบดละเอียดออกจากชุดเป่าลมร้อน ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนเชื้อเพลิงแข็งที่เกษตรกรใช้ คือ ฟืน ซึ่งหายากขึ้นเรื่อย ๆ เตาชีวมวลบดละเอียดมีศักยภาพในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในการอบแห้งยางพาราได้เป็นอย่างดี

8. ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิของชุดเป่าลมร้อนให้กับห้องอบแห้งยางพาราเพิ่มเติม
- ควรมีการทดลองอบยางแผ่นดิบเพิ่มเติม ซึ่งอาจจะต้องลดขนาดห้องอบให้เล็กลงเพื่อให้สามารถหาวัตถุดิบยางแผ่นได้อย่างเพียงพอ หรืออาจจะต้องมีการรวบรวมวัตถุดิบเพิ่มเติมจากนอกพื้นที่

- ควรมีการทดลองนำชีวมวลในสวนยางพารามาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาชีวมวลบดละเอียด เช่น ใบยางพารา เม็ดยางพารา เป็นต้น

- เนื่องจากภาคอีสานไม่นิยมผลิตยางแผ่นดิบ แม้กระทั่งเตาอบยางแผ่นที่สร้างไว้ก็ไม่ได้มีการนำมาใช้ อบยางแผ่นดิบ จึงควรนำเตาชีวมวลบดละเอียดไปทดลองใช้ในเตาอบแห้งยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ที่มีการผลิตยางแผ่นดิบจำนวนมาก

9. เอกสารอ้างอิง

การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงานหมุนเวียน จังหวัดนครพนม ระหว่างปี 2546-2551. สืบค้นผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์แหล่งสืบค้น. http://www.thaienergydata.in.th/energynew/energyReview/epotential/rotation_potential.php?prv_id=48&year=2551&main=potential&tab=3&subtab=33 สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2554

เกียรติไกร आयुวัฒน์ และพิมลรัตน์ พุทธิมิลินประทีป. 2542. การใช้ประโยชน์เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงกับการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 3-5 กุมภาพันธ์ 2542

กำพล ประทีปชัยกุลและคณะ. 2549. การพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับกลุ่มสหกรณ์, รายงานฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คู่มือการผลิตยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพ. 2547, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

จริง ดินเชิดชู. 2553. แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลบดละเอียด. สิทธิบัตรเลขที่ 28196 ออกให้เมื่อ 12 กรกฎาคม 2553 ,กรมทรัพย์สินทางปัญญา

ปรีดีเปรม ทศนกุล. 2550, เพิ่มคุณภาพยางแผ่นดิบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารยางพารา. ปีที่ 28 ฉบับที่ 2 พ.ค.-ส.ค. 2550. หน้า 36 - 49

พีระพงศ์ ทิฆมสกุล และคณะ. 2548. การปรับปรุงห้องรมยางของสหกรณ์กองทุนสวนยางในภาคใต้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยการกรองแก๊สร้อนก่อนให้ไหลผ่านแผ่นยางโดยตรง, รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

พีระพงศ์ ทิฆมสกุล และคณะ. 2550. การตากแห้งยางแผ่นดิบที่เหมาะสมต่อการรมควัน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์, รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

วชร กาลาสีและคณะ. 2546. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงจากไม้พืนในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยางภาคใต้, การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 17 15-17 ตุลาคม 2546 ปราจีนบุรี

สยาม แซ่เฮ้. 2552. การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวมวล, วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2552