การพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

หทัยชนก เนตรคำ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
กรกฎาคม 2559
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล"

ของนางสาวหทัยชนก เนตรคำ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ์)

.....ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี)

อนุมัติ

.....

(ดร.ภาณุ พุทธวงศ์)

รองคณบดีฝ่ายบริหารและวางแผน ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

21 มี.ค. 2559

ประกาศคุณูปการ

การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งยังได้ให้ทั้งความรู้ แนวคิด และคำแนะนำต่างๆ ที่ดีตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านอันประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา พันธุ์เหล็ก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่ได้สอนวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและประสบการณ์ต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานงาน ที่ได้มอบเงินสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานการยางจังหวัดพิจิตร และคุณลุงธงชัย ผาริโน ที่ให้ข้อมูลการอบแห้งยางพารา และสนับสนุนยางพาราแผ่นที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนทุนการศึกษา และส่งเสริมให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา รวมถึงทุกท่านที่ได้กล่าวนาม และผู้ที่มิได้กล่าวนาม สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

หทัยชนก เนตรคำ

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล
ผู้วิจัย	หทัยชนก เนตรคำ
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2558
คำสำคัญ	อบแห้ง ยางแผ่นรมควัน ระยะเวลาคืนทุน

บทคัดย่อ

ประเทศไทยได้มีการปลูกยางพารา และมีการขยายพื้นที่การปลูกยางพาราไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ส่งผลให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากขึ้น ทำให้มีผลกระทบต่อราคายางพารา ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรรายย่อย ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ให้เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นที่สามารถอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกนี้มีขนาดความ 2.5 ×2.5 × 2.5 m^3 คลุมด้วยแผ่นโพลิคาร์บอเนต แหล่งพลังงานความร้อนเสริมเป็นเตาเผาไหม้ชีวมวลมีขนาดความกว้าง 0.75 ×0.8 ×0.8 m^3 ผนังทำด้วยอิฐทนความร้อน มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 2.5 m^2 โดยทำการเปรียบเทียบอบแห้งยางพาราแผ่น 3 กรณี คือ 1) อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว 2) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลเสริมในช่วงกลางคืน 3) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลโดยควบคุมอุณหภูมิในห้องอบแห้ง ให้อยู่ในช่วง 55 – 60 °C ตลอดช่วงเวลาการอบ ความชื้นเริ่มต้นของยางพารา 50% มาตรฐานแห้ง และได้ทำการอบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายของยางพาราแผ่น 3% มาตรฐานแห้ง จากการทดลองพบว่า กรณีที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 128 ชั่วโมง อัตราการใช้พลังงาน 18 $MJ/kg_{น้ำระเหย}$ ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 10.69 ปี กรณีที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 84 ชั่วโมง อัตราการใช้พลังงาน 145.29 $MJ/kg_{น้ำระเหย}$ ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 10.08 ปี และกรณีที่ 3 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 60 ชั่วโมง อัตราการใช้พลังงาน 167.5 $MJ/kg_{น้ำระเหย}$ ระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 9.95 ปี

Title	A DEVELOPMENT SMALL SCALE PARA-RUBBER SHEET SMOKED DRYER BY USING SOLAR ENERGY COMBINED BIOMASS STOVE
Author	Hathaichanok Netkham
Advisor	Assistant Professor Sirinuch Chindaruk, Ph.D.
Academic Paper	Thesis M.S. in Applied Physics, Naresuan University, 2015
Keywords	Dryer, Ribbed Smoked Sheet, payback period

ABSTRACT

Thailand has para-rubber and the expansion of rubber cultivation throughout all regions of Thailand. In the past it was widely planted in southern Thailand. But now has many regions of Thailand rubber plantation. As a result, output market. Thus affecting the price of rubber. Which mainly affects small farmers. This research was to development of para-rubber sheet dryer with using combined solar energy and biomass stove in small scale to be suitable for small farmers. The design and construction of a rubber sheet drying using solar energy with auxiliary heat source can be dried para-rubber 20 sheets per cycle with the para-rubber drying machine can be built with 2.5 meters width, 2.5 meters length, and 2.5 meters height. The auxiliary heat source was biomass stove with a 0.75 m long, 0.8 m wide and 0.8 m high wall made of refractory brick and area heat exchanger 2.5 m^2. The para-rubber initial moisture 50% dry-basic after drying the final moisture is 3% dry-basic. The Comparison of dried rubber sheet 3 cases. The first case is solar drying have period of drying 128 hours and specific energy consumption is 18 $MJ/kg_{H2Oevap}$. The Second case is solar drying in the day and biomass energy in the night have period of drying 84 hours and specific energy consumption is 145.29 $MJ/kg_{H2Oevap}$. The third case is solar combined biomass energy by controlling the temperature at 55-60 °C have period of drying 60 hours and specific energy consumption is 167.57 $MJ/kg_{H2Oevap}$.The payback period are 10.69, 10.08 and 9.95 years respectively.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษา	2
	ขอบเขตของงานวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	พลังงานแสงอาทิตย์	4
	ทฤษฎีการอบแห้ง	5
	คุณสมบัติของอากาศ	6
	แผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart)	8
	การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	10
	การประเมินสมรรถนะของการอบแห้ง	12
	การคำนวณหาขนาดของแหล่งความร้อน	13
	การคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง	14
	เชื้อเพลิง (Fuel)	14
	การคำนวณหาปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวล	16
	การใช้ประโยชน์พลังงานจากชีวมวล	17
	การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์	18
	ทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
	สรุปสาระสำคัญจากการสำรวจเอกสาร	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	25
	การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล	25
	การทดลองอบแห้งยางพาราด้วยเครื่องอบแห้งรมควันที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล	31
	การวัดคุณภาพยางพารา	33
4	**การออกแบบ ผลการวิจัยและวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์**	36
	การออกแบบเครื่องอบแห้ง	36
	การออกแบบเตาเผาชีวมวล	45
	องค์ประกอบของเครื่องอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล	47
	การทดสอบการใช้เครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล	51
	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งยางพารา ขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลทั้ง 3 กรณี	63
	การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล	66
5	**บทสรุป**	77
	สรุปผล	77
	ข้อเสนอแนะ	79

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	80
ภาคผนวก	84
ประวัติผู้วิจัย	105

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล..... 15
2 เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา..... 37
3 เงื่อนไขในการคำนวณหาขนาดของพัดลม..... 41
4 เงื่อนไขในการออกแบบเตาเผาชีวมวล..... 45
5 สรุปข้อมูลการอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว..... 54
6 สรุปข้อมูลการอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและ
พลังงานชีวมวลกลางคืน..... 58
7 สรุปข้อมูลการอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล... 62
8 รายละเอียดเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็ก..... 63
9 รายละเอียดเงื่อนไขในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งยางพารา.... 69
10 รายการประเมินค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
ร่วมกับเตาเผาชีวมวลและระยะเวลาคืนทุนตลอดระยะโครงการ..... 71
11 เงื่อนไขผลผลิตของเกษตรกร..... 72
12 เปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของการผลิตยางของเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งรมควัน..... 74
13 รายละเอียดต้นทุนการทำยางแผ่นดิบในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียง
อย่างเดียว..... 85
14 รายละเอียดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์
ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน..... 87
15 รายละเอียดต้นทุนการทำยางแผ่นรมควันในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ
พลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน..... 89
16 รายละเอียดต้นทุนการทำยางแผ่นรมควันในกรณีที่ใช้เครื่องอบแห้งรมควัน
ยางพาราโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล 2 เครื่อง..... 91

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

18 อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ตากในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน..... 57

19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน..... 58

20 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นและค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล..... 59

21 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล..... 60

22 อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ตากในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล..... 61

23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล..... 62

24 แผนภาพการอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นโดยใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล..... 65

25 การเปรียบเทียบวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตยางของเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งรมควัน..... 73

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่ออบแห้งวัสดุภายใต้กระแสลมร้อนที่อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่..... 6
2 แผนภูมิอากาศชื้น และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง..... 8
3 ขั้นตอนของกระบวนการไพโรไลซิส..... 17
4 ไดอะแกรมเปรียบเทียบการผลิตยางแผ่นของเกษตรกรแบบดั่งเดิมกับ แบบที่ใช้เครื่องอบแห้ง..... 26
5 ไดอะแกรมเบื้องต้นสำหรับการอบแห้ง..... 30
6 ราวตากยางพารา..... 38
7 ห้องอบแห้งแบบเรือนกระจก..... 39
8 เตาเผาชีวมวล..... 47
9 เครื่องอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล..... 47
10 เครื่องอบแห้งยางพารา..... 48
11 เตาเผาชีวมวล..... 50
12 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งกับค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ ในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์..... 51
13 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ ที่แตกต่างกันในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์..... 52
14 อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ตากในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว..... 53
15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว..... 54
16 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีที่ใช้พลังงาน แสงอาทิตย์ในตอนกางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน..... 55
17 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงาน ชีวมวลกลางคืน..... 56

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในปี พ.ศ.2555 มีปริมาณพื้นที่การปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยได้ขยายพื้นที่การปลูกยาพาราจากทางภาคใต้ไปทางภาคตะวันออก ซึ่งอากาศและพืชพันธุ์คล้ายกับภาคใต้ และในที่สุดก็ขยายพื้นที่การปลูกไปในภาคอีสานและภาคเหนือ ขณะนี้มีพื้นที่ปลูกยางพารา 63 จังหวัดกระจายในทุกภาคของประเทศไทย และปัจจุบันมีพื้นที่ประมาณ 22 ล้านไร่ เมื่อมีพื้นที่การปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้มีผลผลิตยางพาราออกสู่ท้องตลาดมากขึ้นด้วย โดยผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรจำหน่ายทั่วไปจะอยู่ในรูปของ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นดิบ น้ำยางสด หรือยางก้อนถ้วย เป็นต้น เกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่จะนิยมจำหน่ายเป็นยางแผ่นดิบ ซึ่งเกษตรกรมักนำยางแผ่นไปตากแดดกลางแจ้ง 4 ชั่วโมง และหลังจากนั้นนำไปตากในร่มเป็นเวลา 7-10 วัน ก่อนการจำหน่าย ทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพของยางแผ่น อีกทั้งในช่วงฤดูฝนจะส่งผลกระทบต่อการตากยางทำให้ใช้ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้นในการผึ่ง ส่งผลให้ยางแผ่นแห้งช้าและราขึ้น แผ่นยางเหนียวเยิ้ม มีสีคล้ำ และใช้ระยะเวลานานในการผึ่ง ในบางกรณีเกษตรกรจะผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน แต่ปัญหาอีกประการของการผลิตยางแผ่นรมควัน คือ การแห้งของแผ่นยางที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความร้อนที่เข้าสู่ห้องรมควันของเกษตรมีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ยางแผ่นรมควันมีคุณภาพต่ำ และใช้ระยะเวลานานในการรมควันยางพาราแต่ละครั้ง ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำนวนมาก [1, 2]

จากปัญหาดังกล่าวเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราจึงมีความสำคัญในการศึกษานี้ การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ให้เหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ เพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการอบแห้งรมควันยางพาราให้ได้คุณภาพดี นำแหล่งพลังงานหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์และชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อประหยัดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงของเกษตรกรสวนยางพารารายย่อย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทำให้สามารถเก็บผลผลิตไว้เพื่อรอราคาหรือมีอำนาจในการต่อรองราคามากขึ้น ปัจจัยหลักที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา คือ ต้นทุนราคาเครื่องอบแห้งเหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยสามารถลงทุนได้ อบแห้งรมควันยางพาราให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน ต้นทุนด้านเชื้อเพลิงต่ำ และแหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้ในเครื่องอบแห้งเป็นพลังงานสะอาดไม่เกิดมลพิษและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมี

ประโยชน์ต่อเกษตรกรสวนยางรายย่อยที่มีพื้นที่ปลูกยางไม่เกิน 20 ไร่ สามารถทำการอบแห้งรมควันผลผลิตได้ภายในระยะเวลา 72 ชั่วโมง และเป็นเครื่องอบแห้งที่เน้นราคาต่ำ เกษตรกรสามารถลงทุนสร้างเองได้ โดยแผนการดำเนินงานจะประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น การออกแบบและการจัดสร้างระบบ และด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบ

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้ เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ มีจุดมุ่งหมายของการศึกษา ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับชีวมวล
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล
3. เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็ก

ขอบเขตของงานวิจัย

เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กที่ออกแบบนี้เป็นแบบเรือนกระจก มีเตาเผาชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริม โดยมีขอบเขตของงานวิจัย ดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งรมควันยางแผ่นขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล โดยเครื่องอบแห้งสามารถจุยางพาราแผ่นขนาดมาตรฐานได้ 20 แผ่น
2. ศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้งยางแผ่นขนาดเล็ก
3. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการให้ความร้อนจะเป็นกิ่งของยางพารา
4. วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ผลตอบแทนการลงทุน โดยเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ 1) ยางแผ่นดิบแบบดั้งเดิม 2) ยางก้อนถ้วย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้ ออกแบบให้เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยภาคเหนือ ที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ เครื่องอบแห้งที่ออกแบบนี้เกษตรสามารถสร้างขึ้นใช้เองภายใน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้ ออกแบบให้เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยภาคเหนือ ที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ เครื่องอบแห้งที่ออกแบบนี้เกษตรสามารถสร้างขึ้นใช้เองภายในครัวเรือน ลดต้นทุนให้กับเกษตรในการผลิตยางแผ่นรมควัน และอีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าในการผลิตยางแผ่นของเกษตรกรจากการผลิตแบบดั้งเดิม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยางแผ่นรมควัน (Ribbed Smoked Sheet) หมายถึง ยางพาราแผ่นดิบที่ถูกทำให้แห้งโดยใช้อากาศร้อน และควันจากการเผาไหม้ และมีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมตลอดการรมควันยางพารา [3]

พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ คือ แสงสว่างและความร้อนที่ถูกสร้างขึ้นโดยดวงอาทิตย์ ซึ่งดวงอาทิตย์จะผลิตพลังงานได้เป็นจำนวนมหาศาลและอีกทั้งยังเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมดอีกด้วย นอกจากนี้พลังงานแสงอาทิตย์ยังถือเป็นพลังงานสะอาด และยังเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับมนุษย์ใช้แทนที่พลังงานจากฟอสซิลอีกด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนผิวโลกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ รังสีตรงรังสีกระจายและรังสีรวม ค่ารังสี โดยส่วนใหญ่แล้วตัวรับรังสีจะวางทำมุมกับพื้นราบเพื่อให้ได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีมากที่สุด มุมเอียงของระนาบที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับองศาของเส้นละติจูดของสถานที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์และลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ ถ้าอุปกรณ์มีความต้องการพลังงานแสงอาทิตย์สูงในช่วงของฤดูหนาว เช่นอุปกรณ์ทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับที่อยู่อาศัยที่ต้องใช้น้ำร้อนสูงสำหรับช่วงฤดูหนาว ให้ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวบนระนาบซึ่งมีมุมเอียงมากกว่าจำนวนองศาของเส้นละติจูดประมาณ 12 องศา แต่หากเป็นอุปกรณ์ซึ่งต้องการพลังงานแสงอาทิตย์สูงในช่วงของฤดูร้อน เช่นระบบปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ให้ติดตั้งอุปกรณ์บนระนาบซึ่งมีมุมเอียงน้อยกว่าจำนวนองศาของเส้นละติจูดประมาณ 12 องศา และถ้าต้องการปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีสูงสุด ให้ติดตั้งอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์บนระนาบซึ่งมีมุมเอียงเท่ากับจำนวนองศาของเส้นละติจูดของสถานที่ที่ทำการติดตั้งอุปกรณ์ สำหรับพื้นที่ในประเทศไทยที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ให้หันแผ่นรับพลังงานแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ เพื่อจะได้รับปริมาณแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีสูงสุด [4, 5, 6]

ทฤษฎีการอบแห้ง

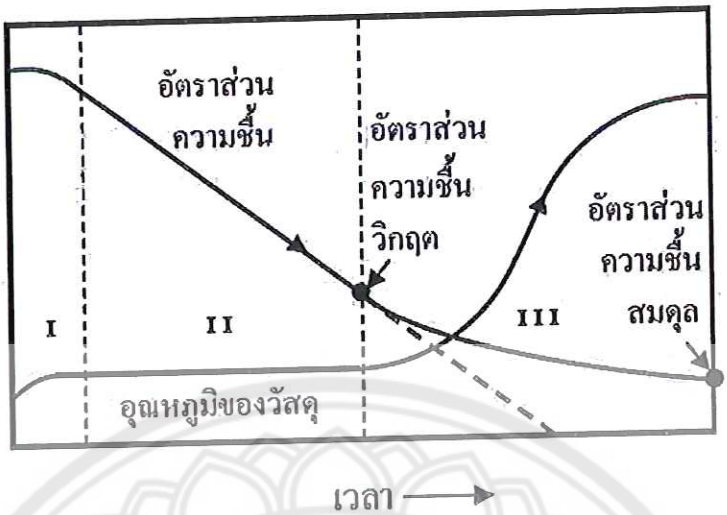
การอบแห้ง คือ กระบวนการลดความชื้นซึ่งจะที่มีการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นพร้อมกัน ความร้อนที่ทำให้น้ำระเหยออกจากวัสดุนั้นส่วนใหญ่ได้รับความร้อนจากความร้อนสัมผัส และการถ่ายเทความร้อนจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ การนำความร้อน การาความร้อน และการแผ่รังสี ซึ่งในการอบแห้งส่วนใหญ่จะใช้การถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนเป็นหลัก ซึ่งตัวกลางที่นิยมใช้ในพาความร้อนคือ อากาศ อากาศร้อนจะถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุซึ่งความร้อนส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการระเหยของน้ำ โดยของเหลวที่อยู่ภายในวัสดุจะเคลื่อนที่มายังพื้นผิวของวัสดุ ซึ่งเป็นผลมาจากแรงตึงผิว และไอน้ำในวัสดุจะเคลื่อนที่ เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นของความชื้น และความดันไอ ที่แตกต่างกันระหว่างไอน้ำในวัสดุกับความร้อน กล่าวคือความเข้มข้นของไอน้ำในวัสดุลดลงเมื่ออุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการอบแห้งลดลง และอัตราการอบแห้งจะลดลงตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง จนกระทั้งความดันไอของอากาศแวดล้อมในการอบแห้งไม่แตกต่างกับความดันไอของของเหลวในวัสดุ

อัตราการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงหลักๆ คือ

1. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ ที่ผิวของวัสดุชื้น ความชื้นจะอยู่ในรูปของของเหลว ถ้านำวัสดุชื้นนี้มาอบภายใต้สภาวะการอบแห้งคงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของกระแสลมร้อน เป็นช่วงเวลาที่วัสดุใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ดังช่วงที่ 1 ของภาพ 2

2. ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ เป็นการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวลที่เกิดขึ้นที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น เมื่อความเร็วลมที่ไหลผ่านวัสดุทำให้ฟิล์มอากาศนิ่งมีความหนาลดลง ส่งผลให้ความต้านทานต่อการไหลของมวลและความร้อนลงลดและเมื่ออุณหภูมิของอากาศอบแห้งเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิววัสดุและอุณหภูมิของอากาศที่ไหลอย่างอิสระ เป็นผลให้มีการถ่ายเทความร้อนและมวลที่ดีขึ้น

3. ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เป็นการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายที่มวลที่ไม่ได้เกิดที่ผิวนอกของวัสดุเท่านั้น แต่เป็นการเกิดที่ภายในและภายนอกของวัสดุนั้น เมื่ออุณหภูมิของอากาศอบแห้งเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิมีมากขึ้น อีกทั้งยังมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย [7, 8, 9] ภาพ 1



ภาพ 1 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่ออบแห้งวัสดุภายใต้กระแสลมร้อนที่อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมคงที่

ที่มา: วิวัฒน์ เกษมราช, 2529

คุณสมบัติของอากาศ

ในขั้นตอนการอบแห้งโดยส่วนใหญ่แล้วอากาศจะมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับการลดความชื้นของวัสดุ ดังนั้นเราจึงจำเป็นจะต้องเข้าใจคุณสมบัติของอากาศ การศึกษาคุณสมบัติของอากาศ สามารถอ่านได้จากแผนภูมิไซโครเมตริค (Psychrometric chart) ซึ่งจะมีตัวแปรต่างๆ คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก จุดน้ำค้าง ความชื้นสัมพันธ์ อัตราส่วนความชื้น ปริมาณความร้อน และปริมาตรจำเพาะ สำหรับในสภาวะอากาศใดๆ ก็ตามถ้าหากทราบตัวแปรเพียง 2 ตัวใดๆ ในกลุ่มนี้ ก็จะสามารถหาตัวแปรที่เหลือได้เลย จากแผนภูมิไซโครเมตริค

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry-bulb temperature: Tdb) คือ อุณหภูมิของอากาศ ที่วัดโดยเทอร์โมมิเตอร์ สำหรับในแผนภูมิไซโครเมตริค สามารถอ่านค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งนี้ได้จากเส้นตรงในแนวดิ่ง โดยตัวเลขของอุณหภูมิจะอยู่ด้านล่างของแผนภูมิ

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet-bulb temperature: Twb) คือ อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ที่มีผิวเปียกน้ำหุ้มอยู่ที่กระเปาะวัด โดยอุณหภูมิที่วัดได้นี้ จะอ่านค่าได้ต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง เมื่อวัดในเวลาเดียวกัน ในแผนภูมิไซโครเมตริค สามารถอ่านค่าได้จากเส้นตรงที่ทแยงจากมุมล่างขวา ไปยังมุมซ้ายบน

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature) คือ อุณหภูมิที่อากาศมีไอน้ำอิ่มตัว ไอน้ำจะเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำบนพื้นผิวที่อากาศสัมผัส ในแผนภูมิไซโครเมตริค สามารถอ่านได้จากเส้นตรงในแนวนอน ตัวเลขที่แสดงใช้ตัวเลขเดียวกันกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก โดยแสดงอยู่บนส่วนโค้งด้านซ้ายของแผนภูมิ

อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำ ที่มีอยู่ในอากาศต่อน้ำหนักของอากาศแห้ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมไอน้ำ/กิโลกรัมอากาศแห้ง (kg/kg dry air) โดยค่าอัตราส่วนความชื้นนี้ จะบอกถึงปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ ในขณะใดขณะหนึ่ง ซึ่งค่านี้จะมีความสำคัญที่จะบอกว่า อากาศนั้นๆ จะสามารถรับน้ำได้อีกเท่าใด ในแผนภูมิได้จากเส้นตรงในแนวนอน สำหรับตัวเลขอ่านได้จากซ้ายของแผนภูมิ

ความสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH) คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้น กับความดันไอน้ำที่มีมากที่สุดที่อากาศนั้นจะสามารถรับไว้ได้ (ไอน้ำอิ่มตัว) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ในแผนภูมิไซโครเมตริค เส้นความชื้นสัมพัทธ์ จะเป็นเส้นโค้งเอียงจากล่างซ้ายขึ้นบนขวา

ความดันไอน้ำ (Water vapour pressure) คือ ความดันที่เกิดขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ โดยอากาศที่มีปริมาณไอน้ำมาก จะมีความดันไอน้ำสูง โดยปกติไอน้ำหรือความชื้นนี้ จะถ่ายเทจากแหล่งที่มีความดันไอสูง ไปยังแหล่งที่มีความดันไอต่ำกว่า ซึ่งเป็นหลักที่ใช้ในการลดความชื้น

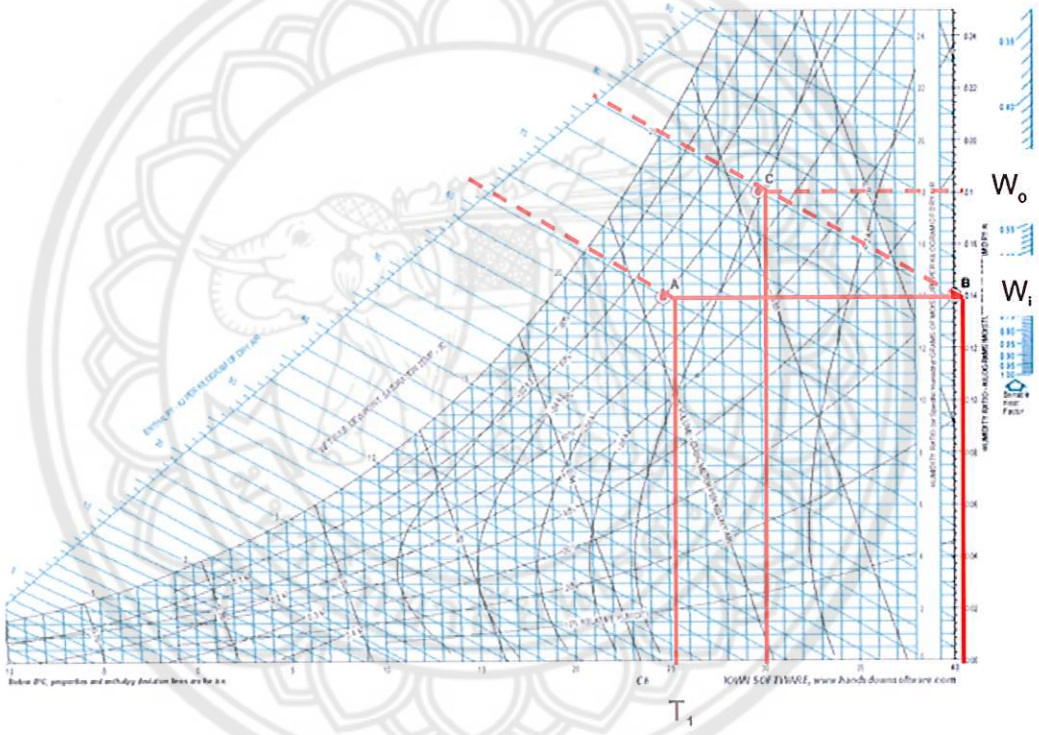
ความดันไอน้ำอิ่มตัว (Saturated vapour pressure) คือ ความดันไอน้ำที่มากที่สุดที่อุณหภูมิของอากาศขณะนั้นจะมีได้ เกิดขึ้นในกรณีที่อากาศบรรจุในภาชนะปิดร่วมกับของเหลว (น้ำ) ความดันไอน้ำอิ่มตัวนี้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศเพียงอย่างเดียว

เอนธาลปี (Enthalpy) คือ ค่าปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้น มีหน่วยเป็นกิโลจูล/กก.อากาศแห้ง (kJ/kg dry air) ในแผนภูมิจะใช้เส้นเดียวกับเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียก แต่ตัวเลขอ่านได้จากด้านซ้ายสุดและบนสุดของแผนภูมิ

ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) คือ ปริมาตรของอากาศขณะนั้นต่ออากาศแห้ง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/กก.อากาศแห้ง (m^3/kg dry air) จากแผนภูมิ สามารถอ่านได้จากเส้นตรงแนวเอียง (เส้นที่เอียงน้อยกว่าเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียก) โดยตัวเลขจะอยู่ประมาณตรงกลางของเส้นเอียง [10]

แผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart)

กระบวนการวิเคราะห์การอบแห้งที่สะดวกและประหยัดเวลา คือการใช้แผนภูมิอากาศชื้นซึ่งเราต้องทราบค่าคุณสมบัติอิสระอย่างน้อย 2 ค่า จึงจะสามารถหาค่าที่เหลือได้ โดยถ้าทราบค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ก็สามารถหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ได้แผนภูมิอากาศชื้นแต่ละอันจะใช้ได้สำหรับความดันบรรยากาศหนึ่งๆ ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกแผนภูมิอากาศชื้นที่มีความดันบรรยากาศตรงกับที่ต้องการ ซึ่งในกระบวนการอบแห้งคุณสมบัติของอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงดังแผนภูมิในภาพ 2



ภาพ 2 แผนภูมิอากาศชื้น และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอากาศที่ใช้ในการ**อบแห้ง**

ในกระบวนการอบแห้ง ถ้าให้ความร้อนกับอากาศที่อุณหภูมิ ณ จุด A มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึง ณ จุด T_1 ที่ความชื้น w_i คงที่ สภาวะของอากาศนี้จะเคลื่อนตัวบนเส้นแนวระดับที่ผ่านจุด A ไปยังจุด B ในขณะเดียวกันค่าความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง นั่นคืออากาศสามารถรับความชื้นเพิ่มขึ้น เมื่อนำอากาศร้อนนี้ไปใช้สำหรับการอบแห้ง อุณหภูมิกระเปาะแห้งจะลดลงและความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอากาศมีการถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุชื้นและรับความชื้นจากวัสดุนั้น การเปลี่ยนแปลงอากาศนี้แทนได้ด้วยเส้นตรง BC ซึ่งจะขนานกับเส้นเอนทาลปีคงที่ใน

ขณะเดียวกันเราสามารถทราบความชื้นที่ถูกดึงออกจากการอบแห้งได้โดยดูจากอัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) ที่เปลี่ยนไประหว่าง w_i กับ w_o [7, 11]

โดยทั่วไปปริมาณการอบแห้งวัสดุมักจะถูกนิยามด้วยอัตราส่วนของน้ำต่อมวลทั้งหมด โดยใช้มวลของวัสดุชื้นเป็นมาตรฐานสำหรับการคำนวณหาค่าความชื้น ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกกว่าที่จะใช้มวลของวัสดุแห้งเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาความชื้น โดยการหาปริมาณความชื้นจะบอกในรูปของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีวิธีบอกอยู่ 2 แบบ คือ

แบบมาตรฐานเปียก (Wet-basis)

แบบมาตรฐานแห้ง (Dry-basis)

โดยที่มาตรฐานเปียก เขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$M_w = \frac{W-d}{W} \times 100 \qquad (1)$$

และแบบมาตรฐานแห้ง เขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$M_d = \frac{W-d}{d} \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, (เปอร์เซ็นต์)

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, (เปอร์เซ็นต์)

W คือ มวลของวัสดุ, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

จะเห็นว่าความชื้นในรูปมาตรฐานเปียกจะมีค่าไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์เสมอ แต่ถ้าหากเป็นความชื้นในรูปแบบมาตรฐานแห้งนั้น อาจมีค่าเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้มาตรฐานเปียกในการกล่าวถึงความชื้นทั่วไปในทางเกษตร แต่สำหรับการคำนวณบางครั้งอาจใช้มาตรฐานแห้งเป็นหลัก อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นทั้งสองมาตรฐานสามารถเขียนได้ ดังนี้

$$M_w = \frac{100M_d}{100+M_d} \quad (3)$$

หรือ

$$M_d = \frac{100M_w}{100-M_w} \quad (4)$$

เมื่อสามารถคำนวณหาความชื้นยางพาราแผ่นได้แล้ว ต่อไปเราจะคำนวณหาน้ำหนักของวัสดุหลังการอบแห้ง โดยทำการลดปริมาณความชื้นออกจากวัสดุจนเหลือค่าที่ต้องการก็สามารถทำได้โดยการกำจัดน้ำออกจากวัสดุนั้นปริมาณหนึ่ง ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$W_f = \frac{W_i(100-M_i)}{(100-M_f)} \quad (5)$$

เมื่อ W_i คือ น้ำหนักของวัสดุก่อนอบแห้ง, kg

W_f คือ น้ำหนักของวัสดุหลังการอบแห้ง,kg

M_i คือ ปริมาณความชื้นวัสดุก่อนอบแห้ง, %wet-basis

M_f คือ ปริมาณความชื้นหลังอบแห้ง, %wet-basis

การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

แสงอาทิตย์มีการแผ่รังสีความร้อนให้กับสัมผัสกับวัสดุ ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นสามารถแสดงได้ดังความสัมพันธ์ [12]

$$\dot{Q}_{sun} = \frac{G_t}{A_c} \quad (6)$$

เมื่อ $\dot{Q}_{sun}$ คือ ความร้อนของรังสีแสงอาทิตย์, W

G_t คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์, W/m^2

A_c คือ พื้นที่รับแสงอาทิตย์, m^2

การคำนวณหาพื้นที่รับรังสีของแสงอาทิตย์สามารถคำนวณพื้นที่โดยรวมที่สามารถวางผลิตภัณฑ์สำหรับการอบแห้งได้ดังดังสมการ

$$A_c = \frac{Q_{dry}}{\eta G_t N_D} \tag{7}$$

เมื่อ Q_{dry} คือ ความร้อนของรังสีอาทิตย์, W

G_t คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์, W/m^2

A_c คือ พื้นที่รับแสงอาทิตย์, m^2

η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

N_D คือ จำนวนวันที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง

การอบแห้งที่ให้อากาศไหลผ่านวัสดุเพื่อระเหยน้ำออก สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนกับอุณหภูมิในห้องอบแห้งได้ดังสมการ

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a c_p (T_{out} - T_{in}) \tag{8}$$

และสามารถคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนเมื่อไหลผ่านวัสดุ

$$\dot{m}_a = \rho v A \tag{9}$$

เมื่อ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของเชิงมวลของอากาศที่ผ่านเครื่องอบแห้ง, kg/s

$\dot{Q}_a$ คือ ความร้อนที่ทำให้อากาศร้อน, W

C_p คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ, kJ/kgK

T_{out} คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางออก, °C

T_{in} คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้า, °C

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m^3

V คือ ความเร็วของอากาศ, m/s

A คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดทางเข้าของอากาศ, m^2

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta = \frac{\dot{Q}_o}{\dot{Q}_{sun}} \times 100\% \quad (10)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

$\dot{Q}_o$ คือ ความร้อนที่ทำให้อากาศร้อน, W

$\dot{Q}_{sun}$ คือ ความร้อนของรังสีแสงอาทิตย์, W

การคำนวณหาประสิทธิภาพการอบแห้งของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_{dry} = \frac{m_w h_{fg}}{G_t A_c} \times 100\% \quad (11)$$

เมื่อ η_{dry} คือ ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

m_w คือ ปริมาณน้ำที่ถูกระเหย, kg/s

h_{fg} คือ ค่าความร้อนแฝงของการระเหยของไอน้ำ, kJ/kg

G_t คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์, W/m^2

A_c คือ พื้นที่รับแสงอาทิตย์, m^2

การประเมินสมรรถนะของการอบแห้ง

การประเมินสมรรถนะของการอบแห้งแบ่งออกเป็นทางด้านประสิทธิภาพของการอบแห้งและประสิทธิภาพของการใช้พลังงานโดยพิจารณาจากการอบแห้งได้ดังนี้

อัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง

เมื่อทราบน้ำหนักสุดท้ายหลังอบแห้งแล้ว เราสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกได้ สามารถคำนวณหาปริมาณที่ต้องการระเหยออกได้ดังสมการ

$$m_w = W_i - W_f \quad (12)$$

และเมื่อทราบปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออกแล้ว เราสามารถคำนวณหาอัตราการระเหยของน้ำออกจากวัสดุอบแห้ง โดยจะต้องมีกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในอบแห้ง เพราะจะนำมาใช้ในการคำนวณหาอัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุอบแห้ง คำนวณได้จากสมการ

$$\dot{m}_w = \frac{m_w}{t} \tag{13}$$

เมื่อ $\dot{m}_w$ คือ อัตราการระเหยน้ำ, kg-water/h

m_w คือ น้ำหนักของน้ำที่ต้องระเหย, kg

t คือ เวลาที่ใช้การอบ, h

ปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้ง

เมื่อทราบอัตราการระเหยน้ำที่ได้จากการคำนวณจากสมการที่ 2.13 แล้ว สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณลมที่ต้องใช้ในการพาความชื้นออกจากวัสดุอบแห้ง สามารถคำนวณได้จากอัตราการระเหยน้ำหารปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในอากาศ ซึ่งปริมาณลมที่คำนวณได้สามารถนำไปเลือกขนาดของพัดได้

$$\dot{m}_o = \frac{\dot{m}_w}{W_o - W_i} \tag{14}$$

เมื่อ $\dot{m}_o$ คือ ปริมาณลมที่ต้องใช้ในการอบแห้ง, kg-air/h

W_o คือ อัตราส่วนความชื้นอากาศหลังการอบแห้ง, kg-water/kg-air

W_i คือ อัตราส่วนความชื้นอากาศก่อนการอบแห้ง, kg-water/kg-air

การคำนวณหาขนาดของแหล่งความร้อน

ในกระบวนการการอบแห้งนั้นจำเป็นต้องใช้ความร้อนสำหรับการทำให้น้ำระเหยออกจากวัสดุที่อบแห้ง ซึ่งกำขนาดของแหล่งกำความร้อนสามารถหาได้จากสมการนี้

$$\dot{Q} = \frac{(h_f - h_i)}{3600}\dot{m}a \qquad (15)$$

เมื่อ h_f คือ ค่าเอนธาลปีอากาศที่อุณหภูมิอบแห้ง, kJ/kg

h_i คือ ค่าเอนธาลปีอากาศแวดล้อมก่อนนำมาเพิ่มอุณหภูมิ, kJ/kg

$\dot{m}a$ คือ ปริมาณอากาศที่ใช้อบแห้ง, kg/h

$\dot{Q}$ คือ ขนาดของแหล่งความร้อน, kW

การคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง

พลังงานที่ใช้สำหรับการอบแห้งสามารถคำนวณได้จากขนาดของแหล่งความร้อนกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งดังสมการนี้ [13]

$$E = \dot{Q}t \qquad (16)$$

เมื่อ E คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำ, kJ

t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, วินาที

$\dot{Q}$ คือ ขนาดของแหล่งความร้อน, kW

เชื้อเพลิง (Fuel)

เชื้อเพลิงโดยทั่วไปจัดแบ่งตามเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้มาจากการทับถมตัวของซากพืชซากสัตว์เป็นระยะเวลาที่ยาวนานภายใต้ผิวโลก เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน เป็นต้น และอีกประเภทหนึ่ง คือ เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) เป็นเชื้อเพลิงที่ได้มาจากวัสดุที่ได้จากการเกษตร เช่น ไม้ ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น เชื้อเพลิงชีวมวลเหล่านี้มีอยู่ทั่วไปในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถจัดแบ่งออกเป็น 4 ประเภทด้วยกัน คือ

1. เชื้อเพลิงที่ได้จากไม้ (Forest biomass) ได้แก่เศษไม้เปลือกไม้กิ่งไม้และขี้เลื่อย เชื้อเพลิงประเภทนี้จะมีลิกนินอยู่ประมาณร้อยละ 40

2. เชื้อเพลิงที่ได้จากการเกษตร (Agriculture biomass) ได้แก่ แกลบข้าวซังข้าวโพด เชื้อเพลิงประเภทนี้จะมีปริมาณลิกนินต่ำประมาณร้อยละ 0 – 20

3. เชื้อเพลิงที่ได้จากอุตสาหกรรม (Industrial wastes) ได้แก่เชื้อเพลิงที่ได้จากการผลิตน้ำตาลคือชานอ้อย กากสับปะรด ซึ่งเชื้อเพลิงประเภทนี้จะมีความชื้นสูงมาก

4. เชื้อเพลิงที่ได้จากของเหลือใช้จากคน (Domestic Wastes) ได้แก่เชื้อเพลิงจากขยะที่ทิ้งจากเทศบาล

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล

เชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดจะมีค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากมีองค์ประกอบและปริมาณความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากการวิเคราะห์หาค่าความร้อนสูงสุดสามารถแสดงได้ตามตาราง 1

ตาราง 1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล

ชนิดพืช	วัสดุเหลือใช้	ปริมาณชีวมวลที่เหลือ (ล้านตันต่อปี)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	พลังงาน(กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ, kTOE)
ข้าว	ฟางข้าว	15.70	12.33	4,623.78
	แกลบ	1.78	14.20	602.63
อ้อย	ใบและยอดอ้อย	27.68	15.48	10,233.94
	ชานอ้อย	0.03	7.37	5.26
มันสำปะหลัง	ลำต้น	1.84	13.38	587.89
	เหง้ามัน	13.16	5.49	1,727.32
ข้าวโพด	ซัง	0.24	16.63	96.26
ปาล์มน้ำมัน	ทลายปาล์มเปล่า	1.34	7.24	232.25
	ใยปาล์ม	0.00	11.80	-
	กะลาปาล์ม	0.00	16.90	-
	ทางปาล์ม	33.31	7.54	5,998.29

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิดพืช	วัสดุเหลือใช้	ปริมาณชีวมวลที่เหลือ (ล้านตันต่อปี)	ค่าความร้อน (MJ/kg)	พลังงาน(กิโลตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ, kTOE)
ยางพารา	เปลือก ปีกไม้ ปลายไม้	0.00	13.96	-
	ขี้เลื่อย	0.00	13.96	-
	ราก ตอ และกิ่ง	0.74	13.96	254.40
ยูคาลิปตัส	เปลือก ปลายไม้	6.00	6.30	902.84

ที่มา: โครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2555

เมื่อพิจารณาถึงเชื้อเพลิงชีวมวลที่นิยมนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งส่วนใหญ่จะเป็นฟืนหรือเศษไม้ ซึ่งมีสามารถหาได้ง่ายตามพื้นที่เกษตรกรรม มีราคาถูก และให้ค่าความร้อนสูง สำหรับในงานวิจัยนี้จะใช้เศษไม้จากยางพารา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการตัดแต่งกิ่งต้นยาง หรือจากการตัดต้นไม้ออกจากพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งมีอยู่มากในพื้นที่เกษตรกรรม

การคำนวณหาปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวล

การคำนวณหาพลังงานความร้อนที่ใช้สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศในกระบวนการอบแห้งยางพารา สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$E = m_f(LHV) \tag{17}$$

เมื่อ E คือ พลังงานความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศ, kJ

m_f คือ ปริมาณฟืนที่ใช้, kg

LHV คือ ค่า Lower Heating Value, kJ/kg °C

การใช้ประโยชน์พลังงานจากชีวมวล

การนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้ประโยชน์ สามารถเลือกได้หลายแบบตามความเหมาะสม ดังนี้

1. การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion)

การเผาไหม้โดยตรง คือการสันดาปอย่างสมบูรณ์ของสารอินทรีย์จากชีวมวลจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เช่น การใช้ไม้ฟืนสำหรับการหุงต้มอาหารในชีวิตประจำวัน

2. กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis)

กระบวนการไพโรไลซิส คือกระบวนการที่ให้ความร้อนแก่เชื้อเพลิงในอุปกรณ์ปิด หรือควบคุมอากาศสำหรับเผาไหม้ให้น้อยลง ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างโมเลกุลของเชื้อเพลิงแข็งเกิดการสลายตัวทำให้เกิดสารระเหย น้ำมันดิน และ ถ่านชาร์ เป็นต้น สามารถสรุปเป็นกระบวนการได้ 3 ขั้นตอน คือ การอบแห้งและการให้ความร้อน การไพโรไลซิสอนุภาคของแข็ง และการออกซิไดซ์ของสารระเหยและถ่านชาร์ ซึ่งขั้นตอนที่หนึ่ง เป็นการให้ความร้อนและอบแห้งเป็นการทำให้อนุภาคระเหยน้ำออกด้วยความร้อนจนถึงปฏิกิริยาไพโรไลซ์ ขั้นตอนที่สองเป็นการไพโรไลซ์อนุภาคของแข็งให้เกิดการปล่อยสารระเหยที่ไม่เผาไหม้และการสลายตัวของถ่านชาร์ สามารถแสดงขั้นตอนต่างๆ ดังภาพ 3 โดยทั่วไปแล้วถ้าให้อากาศเข้ามากจะทำให้อุณหภูมิของกระบวนการสูง สัดส่วนของก๊าซที่ได้จะสูง ถ้าให้อากาศเข้าน้อยอุณหภูมิของกระบวนการจะต่ำ ทำให้ผลที่ได้จากขบวนการมีน้ำมันและถ่านมากขึ้น ซึ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาจะเก็บผลผลิตมาใช้

ภาพ 3 ขั้นตอนของกระบวนการไพโรไลซิส

3. กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น คือ กระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งเป็นเชื้อเพลิงที่อยู่ในสภาพแก๊สที่เรียกกันว่า แก๊สโปรดิวเซอร์ (Producer gas) แต่ยังคงมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแก๊สที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์แบบการสันดาปภายในหรือใช้ในกระบวนการให้ความร้อนต่างๆ ได้

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ผลทางด้านเศรษฐศาสตร์จะเป็นตัวช่วยให้การตัดสินใจ โดยจะพิจารณาหาระยะเวลาคืนทุน สำหรับงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน ทุกกรณีของการอบแห้งยางพาราที่ได้จากโรงอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล ซึ่งจะหัวข้อที่พิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์มีดังนี้

1. วิธีการประเมินค่าใช้จ่าย (Annual Cost Method)

เป็นวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายหรือเงินลงทุนเทียบเท่ารายปีของระบบ สามารถวิเคราะห์การลงทุนของโครงการโดยเปลี่ยนค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น เงินลงทุนครั้งแรก ค่าดำเนินการ และค่าบำรุงรักษาค่าเสื่อมราคาให้มาอยู่ในรูปแบบค่าใช้จ่ายรายปี ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้ [14]

$$CC = P(CRF) + MO \tag{18}$$

โดยที่

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \tag{19}$$

2. วิธีหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสมจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าเงินลงทุน ผลที่ได้รับจากการประเมินการลงทุนวิธีนี้จะทำให้ทราบว่าจะได้รับเงินทุนช้าหรือเร็วเท่าใด เพราะยิ่งถ้าคืนทุนเร็วโอกาสที่จะเสี่ยงต่อการขาดทุนในอนาคตก็จะน้อยลง สามารถคำนวณได้จาก ตามสมการที่

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินที่ลงทุน}}{\text{กระแสเงินสดที่ได้รับจากการลงทุนในแต่ละปี}} \tag{20}$$

เมื่อ *CC* คือ ค่าใช้จ่ายรายปี, บาท

CRF คือ Capital Recovery Factor

MO คือ ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน, บาท

P	คือ	จำนวนเงินลงทุนขั้นต้น, บาท
AE	คือ	ผลตอบแทนสุทธิรายปี,บาท
I	คือ	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้รายปี, บาท
N	คือ	อายุการใช้งาน, ปี

ทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิพนธ์ บรรจงกิจ [15] การศึกษาประสิทธิภาพของโรงอบยางพลังงานอาทิตย์หลังคาสองชั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการอบรมควันของโรงอบรมควันของภาครัฐและเอกชน เพื่อต้องการทราบวิธีการอบรมควันของโรงอบรมควันขนาด 1.5 ตัน ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำมาเป็นต้นแบบสำหรับกลุ่มเกษตรกรมีสำหรับเป็นแนวทางการดำเนินงานสร้างโรงอบยางแสงอาทิตย์ โดยทำการสร้างโรงอบยางพลังงานแสงอาทิตย์หลังคาสองชั้นมีขนาด 3.5 x 6.5 x 3 m^3 หลังคาทำจากสังกะสีสองชั้นมีช่องระบายความชื้นที่ มีช่องให้อากาศเข้าทางด้านล่าง ประตูหน้าและหลังเปิดตลอด สังกะสีทุกแผ่นถูกทาด้วยฟลิ้นโค้ททั้ง 2 ด้าน ทำการสร้างจำนวน 2 โรง โดยโรงแบบที่ 1 จะไม่มีแผงรับแสงอาทิตย์บริเวณเหนือช่องอากาศเข้า โรงแบบที่ 2 บริเวณเหนือช่องอากาศเข้าด้านข้างมีแผงสังกะสีทาฟลิ้นโค๊ทรับแสงอาทิตย์ขนาด 6.5 x 2.0 เมตร ติดตั้งทำมุม 25 องศากับพื้นทั้ง 2 ด้าน สร้างราวผึ่งยางโครงเหล็กขนาด 3.0 x 1.0 เมตร สูง 2.30 เมตร มีล้อ 4 ล้อ หมุนรอบทิศทางวางราวผึ่งยาง 4 ชั้น แต่ละชั้นพาดราวได้ 10 ราว ผึ่งได้ราวละ 6 แผ่น จำนวน 14 คัน ผลการดำเนินงานพบว่าโรงอบยางแสงอาทิตย์แบบที่ 2 มีแผงรับแสงอาทิตย์เป็นแบบที่ให้ดีที่สุด ยางแผ่นแห้งเร็วกว่าโรงอบแบบที่ 1 และผึ่งในที่ร่ม และจากการนำตัวอย่างยางแผ่นที่อบแห้งแล้วทั้ง 3 แบบ วิเคราะห์หาความชื้นในยางแผ่น ปรากฏว่า ยางแผ่นบางจากโรงอบแบบที่ 2 มีความชื้นเหลือในยางน้อยกว่าโรงอบแบบที่ 1 และผึ่งในที่ร่ม ดังนั้น โรงอบยางแบบที่ 2 เป็นแบบที่อบยางให้แห้งโดยใช้เวลาน้อยที่สุด และมีความชื้นในแผ่นยางน้อยที่สุด

สุรจิตร์ พระเมือง และคณะ [16] ศึกษาโรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยการออกแบบและสร้างโรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ขนาด 3 x 6 x 3 m^3 หลังคาโค้งทำจากเมทัลชีส ผนังโปร่งแสง ทำจากแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส สามารถบรรจุยางได้ประมาณ 800 แผ่น จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และค่าความชื้นของยางพาราพบว่า อุณหภูมิภายในโรงอบมีค่าสูงสุด 45°C ที่ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายชั่วโมงประมาณ 540 W/m^2 และอุณหภูมิภายในโรงอบจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 5.6°C สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในจะต่ำกว่าภายนอก 3.6% ทำการ

อบแห้งยางพาราที่มีความชื้นเริ่มต้น 10.7 % wet-basis อบแห้งจนเหลือความชื้นสุดท้าย 1.5 %wet-basis ใช้เวลาในการอบแห้งยาง 7 - 15 วัน

ปลวัชร หวังยศ [17] ศึกษาและสร้างโรงเรือนอบแห้งยางพาราและทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนสำหรับการอบแห้งยางพาราโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ลักษณะของโรงเรือนเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 2×2.5×2.5 m^3 ผนังด้านข้างทำจากไม้ไผ่ขัดแตะเพื่อเก็บความร้อนและระบายความชื้น ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสทำหลังคาเพื่อรับรังสีจากดวงอาทิตย์ สามารถอบแห้งยางพาราได้ครั้งละ 200 แผ่น มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 12.5 m^2 ในการทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือน ผู้วิจัยทำการอบแห้งยางพาราจำนวน 10 แผ่น โดยวัดอุณหภูมิ วัดความชื้นของยางพาราและวัดค่าความส่องสว่างของแผ่นยางพารา สำหรับเปรียบเทียบอุณหภูมิ ความชื้นของยางพาราที่ตากภายในและภายนอกโรงเรือน จากการทดลองพบว่าโรงเรือนใช้ระยะเวลาในการอบแห้งยางพารา 2 วัน โดยทำการอบ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันภายในและภายนอกเท่ากับ 41.8 °C และ 31.8 °C ตามลำดับ ความชื้นของยางพาราที่ตากภายในโรงเรือนและนอกโรงเรือนมีค่าเท่ากับร้อยละ 63.25 และ 61.21 ตามลำดับ

ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล [18] ศึกษาประสิทธิภาพโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการออกแบบและสร้างโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 2 x 2.5 x 3 m^3 ผนังและหลังคาทำด้วยสังกะสีทาสีดำ โดยบริเวณหลังคาโรงอบมีปล่องสำหรับระบายความชื้นมีประตูเข้าออก 2 ด้าน สามารถอบยางพาราได้ครั้งละ 372 แผ่น มีแผงสำหรับรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ทำด้วยแผ่นพลาสติกลอนเล็กอยู่บริเวณด้านล่างทั้ง 4 ด้านของโรงอบ มีพื้นที่ 63 m^2 มีความชัน 15 องศา โดยแผงรับแสงอาทิตย์บริเวณด้านล่างปูด้วยดิน ทราย และหิน ตามลำดับ มีความหนา 10 cm สำหรับใช้สะสมความร้อน พบว่า ในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงเกิน 36°C ภายในโรงอบจะมีอุณหภูมิสูงถึง 49 - 52°C สามารถอบยางแผ่นดิบให้แห้งได้ในระยะเวลา 3 - 4 วัน โดยยางแผ่นดิบที่ได้มีคุณภาพดี มีความชื้นต่ำกว่า 1% สีสวยและไม่ขึ้นรา เหมาะสำหรับพื้นที่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ

พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น และคณะ [19] ทำการเปรียบเทียบการอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยการรมควัน โดยการศึกษาห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 8.13 x 12.4 x 3.6 m^3 และห้องรมควันขนาด 3 x 10 x 5 m^3 พบว่าอุณหภูมิภายในของห้องรมควันเป็นผลโดยตรงมาจากการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งอุณหภูมิในห้องรมควันค่อนข้างคงที่ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 57 – 60 °C แต่ในกรณีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์แปรผันตามอุณหภูมิแวดล้อม ส่งผลให้อุณหภูมิภายใน

ห้องมีความแตกต่างกันมากโดยในช่วงกลางวันอุณหภูมิสูงสุด 50 °C และอุณหภูมิจะต่ำลง เหลือ 25 °C ในตอนกลางคืน ความชื้นเริ่มต้นของแผ่นยางหลังรีดที่ห้องรมควันและห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่า 75.55 %wb และ 93 %wb ตามลำดับ ความชื้นของแผ่นยางหลังการผึ่งแดดก่อนนำเข้าห้องอบยางเหลือ 48.26 %wb และ 9.18 %wb ตามลำดับ เมื่อผ่านการอบแห้งความชื้นสุดท้ายของแผ่นยางเท่ากับ 6.61 %wb และ 2.71 %wb ตามลำดับ

พิพัฒน์ อมตฉายา [20] ศึกษาการออกแบบสร้างและเครื่องอบแห้งยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้ขดลวดความร้อนโดยทดลองการอบแห้งยางพาราที่อุณหภูมิลมร้อน 40 °C – 60 °C จากแผงรับรังสีแบบแผ่นคู่ที่มีพื้นที่ในการรับรังสี 10.44 m^2 และลมร้อนจากขดลวดความร้อนขนาด 5 kW สำหรับใช้ในอบแห้งยางพาราจำนวน 86 แผ่น ในการดูดลมร้อนจากชุดแผงรับรังสีแล้วส่งไปยังห้องอบยางพาราจะใช้พัดลมขนาด 8 นิ้ว ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ทำการทดลองอบแห้ง 4 กรณีด้วยกัน การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยอาศัยลมร้อนจากแผงรับรังสีแบบแผ่นคู่อย่างเดียว จากขดลวดความร้อนอย่างเดียว และจากแผ่นรับรังสีแบบแผ่นคู่ร่วมกับขดลวดความร้อนและโดยการผึ่งแดดตามลำดับ ทำการวิเคราะห์การกระจายของอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งที่สม่ำเสมอ และสามารถลดความชื้นในแผ่นยางพาราจาก 18 %wet-basis ลดเหลือ 0.5 %wet-basis พบว่า การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยอาศัยลมร้อนจากแผงรับรังสีแบบแผ่นคู่ จากขดลวดความร้อน จากแผงรับรังสีแบบแผ่นคู่ร่วมกับขดลวดความร้อนและโดยการผึ่งแดด ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 13 วัน 12 วัน 10 วัน และ 17 วัน ตามลำดับ ซึ่งคุณภาพของยางพาราที่ดีที่สุดคือ การอบแห้งยางพาราโดยใช้ความร้อนจากแผงรับรังสีแบบแผ่นคู่ร่วมกับขดลวดความร้อน และยางพาราแผ่นที่ผ่านการอบแห้งโดยลมร้อนจากแผงรับรังสีแบบแผ่นคู่ จากการผึ่งแดด และจากขดลวดความร้อนจะมีคุณภาพของแผ่นยางพารารองลงมา

ซุลกิพลี กสซอ และคณะ [22] ศึกษาอุณหภูมิภายในโรงอบยางแบบทั่วไปกับโรงอบยางพลังงานร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และชีวมวล โดยทำการศึกษาภายใต้เงื่อนไข คือ การอบห้องเปล่าภายในเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และอัตราการใช้เชื้อเพลิงในกรณีโรงอบยางแบบทั่วไป มีค่าเท่ากับ 49.64 ± 0.09 °C 1435 กิโลกรัม และ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล และอัตราการใช้ชื้อเพลิงชีวมวลในกรณีโรงอบยางพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล มีค่าเท่ากับ 53.55 ± 0.09 °C 680 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ

กัน ผาสุก [22] ศึกษาและประเมินผลโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล การออกแบบและสร้างโรงอบแห้งยางพาราให้มีขนาดที่จะสามารถบรรจุยางพาราได้ครั้งละ 100 แผ่น โดยโรงอบแห้งยางพาราที่ออกแบบมีขนาด 4 x 3 x 3.4 ลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่สำหรับแลกเปลี่ยนความร้อน 6.5 ตารางเมตร ขนาดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 3 kW พัดลมหมุนเวียนอากาศมีขนาด 0.373 kW สามารถผลิตลมได้ 1.6 m^3/s ในการประเมินด้านการใช้พลังงาน แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ระบบ ระบบที่ 1 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว ระบบที่ 2 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในตอนกลางคืน ระบบที่ 3 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลตลอดการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ระบบที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งยางพาราที่นานที่สุดถึง 96 ชั่วโมง ในขณะที่ระบบ 3 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุดเพียง 48 ชั่วโมง ยางพาราอบแห้งทุกกรณีได้คุณภาพตามมาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งของระบบที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.66 1.26 และ 1.36 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ระยะเวลาคืนทุนของระบบที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 3.1 3.61 และ 1.6 ปี ตามลำดับ

ธวัฒน์ชัย เทพนวล และคณะ [23] ศึกษาประสิทธิภาพของโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ยางพารา โรงอบแห้งมีขนาด 4.8 x 6.0 x 3.3 m^3 ทำการออกแบบให้โรงอบมีการสะสมความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลอยู่บริเวณด้านล่างและบริเวณใต้หลังคาให้มีการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบยางพาราพลังงานร่วมแสงอาทิตย์และชีวมวล มีค่าเท่ากับ 53.55±0.09 °C โดยปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ไปทั้งหมดเท่ากับ 680 กิโลกรัมหรือคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 10 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยประมาณ ซึ่งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ยางพารา เมื่อเปรียบเทียบกับผลของโรงอบยางรมควันที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบทั่วไป อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงอบยาง เท่ากับ 49.64±0.09 °C ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เท่ากับ 1,435 กิโลกรัมหรือคิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

สยาม แซ่แฮ่ [24] ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลจากถ่านไม้และเศษไม้เนื้อแข็ง โดยเครื่องอบแห้งที่ออกแบบมีขนาด 1.8 x 3.8 x 2.7 m^3 สามารถบรรจุยางพาราได้ครั้งละ 12 แผ่น ความชื้นของยางพาราเริ่มต้น 28.57% อบจนเหลือความชื้น 3.19% ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 64 ชั่วโมง มีใช้ค่าพลังงานความร้อนทั้งหมด 391.25 เมกะจูล ซึ่งแผ่นยางพาราแต่ละแผ่นใช้พลังงานความร้อนเฉลี่ย 32.67 เมกะจูลต่อแผ่น

ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล และคณะ [25] ศึกษาประสิทธิภาพของโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผา ขนาด 2 x 5 x 3 m^3 ขนาดความจุ 744 แผ่น นำยางเข้าอบวันละ 248 แผ่น สามารถผลิตยางแผ่นอบแห้งได้ปีละ 29,760 กิโลกรัม ในช่วงฝนตกสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิภายนอกราว 26 °C ภายในโรงอบยางติดตั้งเตาเผาจะใช้อุณหภูมิ 45-50 °C สามารถทำให้ยางแผ่นแห้งได้ภายในไม่เกิน 4 วัน เมื่อนำไปรมควันจะใช้ระยะเวลาเพียง 1 วัน เท่านั้น ทำให้ลดต้นทุนการรมควันได้ถึง 3 เท่า

ทะนงศักดิ์ ลาโพธิ์ และคณะ [26] ได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับการอบยางแผ่นผึ่งแห้ง เพื่อให้ได้เครื่องอบแห้งที่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการทดลองอบแห้งยางแผ่นจำนวน 20 แผ่นต่อการทดลอง 1 ครั้ง ที่มีความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้น 15-20% อบจนมีความชื้นมาตรฐานแห้งที่สุดท้าย 1.5% อุณหภูมิในการอบแห้งอยู่ในช่วง 45-55 องศาเซลเซียส มีความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้ง 0.7 เมตร/วินาที จากผลการทดลองพบว่าการ การอบแห้งด้วยลมร้อนจะอบแห้งได้เร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และการอบแห้งด้วยวิธีอบแห้งตามธรรมชาติ โดยมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าประมาณ 25-35% ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งด้วยลมร้อนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นซึ่งเหมาะเป็นแนวทางในการอบแห้งยางแผ่นสำหรับเกษตรกรชาวสวนยางที่ควรเลือกกระบวนการผลิตยางแผ่นคุณภาพดี ควรเตรียมยางแผ่นที่มีความหนาไม่เกิน 4 มิลลิเมตร และในการอบแห้งยางแผ่นโดยการใช้ลมร้อนไม่ควรใช้อุณหภูมิสำหรับการอบแห้งเกิน 50 องศาเซลเซียส

เถลิงราช นิลเชื้อวงศ์ และคณะ [27] พัฒนาเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการอบแห้งยางแผ่นดิบคุณภาพดีขนาด 10-15 แผ่นต่อครั้ง โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งและจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งของยางแผ่นดิบที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 25-40% dry-basis อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอยู่ในช่วง 40-70°C และความเร็วลมร้อนเท่ากับ 0.7 m/s และค่าความชื้นสุดท้ายของยางแผ่นแห้งเท่ากับ 0.5% dry-basis ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งยางแผ่นด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งยางแผ่นตามธรรมชาติ ขณะที่ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 8-20 MJ/kg ของน้ำที่ระเหย และจากการศึกษายังพบว่า คุณภาพของยางพาราแผ่นผึ่งแห้ง

ที่ได้ผ่านเกณฑ์คุณภาพดี (เกรด 1-3) ทุกเงื่อนไขการทดลอง และความเป็นสีเหลืองยางแผ่นแห้งจะแปรตามอุณหภูมิอบแห้ง

สรุปสาระสำคัญจากการสำรวจเอกสาร

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาและวิจัยการอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนแหล่งเดียวซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติ เครื่องอบแห้งถูกออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพชุดรับรังสีอาทิตย์เพื่อให้ผลิตพลังงานความร้อนให้ได้มากที่สุด ซึ่งแหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงแหล่งเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการอบแห้งเพราะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานและสมรรถนะของเครื่องอบแห้งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศแต่ละวัน ดังนั้นจึงมีงานวิจัยการอบแห้งยางพาราแบบผสมผสานใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากชีวมวลซึ่งเป็นการใช้พลังงานทดแทนที่หาได้ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนเชื้อเพลิง งานวิจัยของการใช้พลังงานร่วมของการอบแห้งยางพาราถูกออกแบบและพัฒนาให้อบแห้งที่อุณหภูมิเหมาะสมโดยสามารถอบแห้งยางพาราได้ครั้งละปริมาณมาก ใช้ระยะเวลาอบแห้งสั้น สามารถอบแห้งได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน ผลจากการควบคุมสภาวะอากาศของเครื่องอบแห้งทำให้ได้คุณภาพมาตรฐานตลาดยาง เพิ่มมูลค่าการผลิต ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะแหล่งพลังงานความร้อนเป็นพลังงานสะอาด จึงเป็นแนวทางของการสร้างและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งยางพาราโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล สำหรับการวิจัยนี้เป็นการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราขนาดเล็ก ที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่การปลูกยางพาราประมาณ 20 ไร่

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยทำการศึกษาให้สองคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้เสนอไว้ โดยศึกษาและเก็บข้อมูลวิธีการอบแห้งยางพาราและคุณภาพของยางพาราที่ได้ แล้วจึงทำการออกแบบ - สร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล โดยทำการศึกษาการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งรมควัน และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งรายละเอียดการวิจัยมีดังนี้

การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

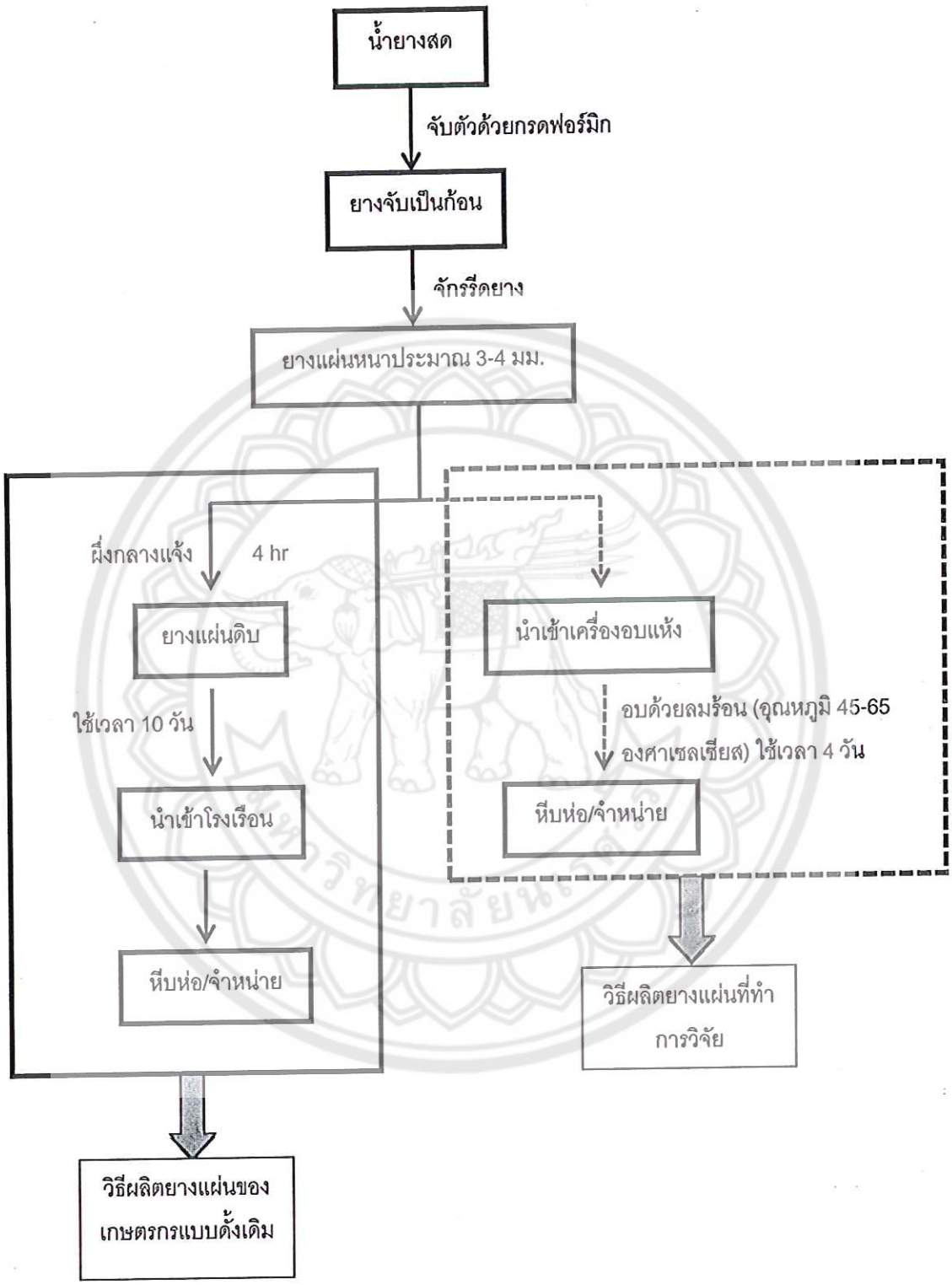
การออกแบบเครื่องอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอบแห้งได้แก่ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก และแหล่งพลังงานความร้อนเสริมคือ เตาเผาชีวมวล เพื่อใช้ในการอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดมาตรฐาน จำนวน 20 แผ่นที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 30 %wb จนกระทั้งได้ความชื้นสุดท้ายที่ 3 %wb ภายในระยะเวลาไม่เกิน 72 ชั่วโมง โดยส่วนประกอบต่างๆ มีปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

เครื่องอบแห้งที่ทำการออกแบบในการศึกษานี้เป็นแบบเรือนกระจกเนื่องจากมีสภาวะการอบแห้งคล้ายกับตากยางแผ่นของเกษตรกรที่มีการตากกลางแจ้ง ประมาณ 4-5 ชั่วโมงแล้วนำไปผึ่งในร่มจนได้ค่าความชื้นที่ต้องการ กระบวนการผลิตของเกษตรกรแสดงดังภาพ 4

1.1 ขนาดของโรงอบแห้งรมควัน กำหนดให้สามารถบรรจุแผ่นยางพาราขนาด กว้าง 40-45 cm ยาว 80-90 cm ทำการอบแห้งได้ครั้งละ 20 แผ่น ทำการตากยางพาราแผ่นเป็นแบบ 2 ชั้น

1.2 การหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องอบแห้งเป็นแบบบังคับ



ภาพ 4 ไดอะแกรมเปรียบเทียบการผลิตยางแผ่นของเกษตรกรแบบดั่งเดิมกับแบบที่ใช้เครื่องอบแห้ง

2. แหล่งพลังงานความร้อนเสริม

ในการออกแบบเครื่องอบแห้งในการศึกษานี้ เป็นการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นแหล่งพลังงานความร้อนเสริมจึงจำเป็นซึ่งในการศึกษานี้เตาเผาชีวมวลใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนเสริม และมีการใช้กิ่งไม้ยางพาราขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว ยาวประมาณ 50 cm เป็นเชื้อเพลิง ในการออกแบบเตาเผาชีวมวลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การคำนวณปริมาณน้ำที่ระเหย

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องระเหย W_r ออกจำเป็นต้องทราบค่า ความชื้นเริ่มต้นของยางแผ่น M_i = 30 % wb น้ำหนักเริ่มต้น W_i = 24 kg ทำการอบแห้งรมควันจนมีความชื้นสุดท้าย M_f = 3 % wb แล้วนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักหลังการอบแห้ง W_f ดังสมการ ดังนี้

$$W_f = \frac{W_i(100-M_i)}{(100-M_f)}$$

ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออก m_w โดยการคำนวณหาจากผลต่าง น้ำหนักก่อนการอบแห้งรมควัน W_i และน้ำหนักหลังการอบแห้งรมควัน W_f สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$m_w = W_i - W_f$$

อัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง

เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ต้องระเหยแล้ว m_w เราสามารถคำนวณหาอัตราการระเหยของน้ำได้จากสมการที่ 13 โดยมีเงื่อนไขการใช้เวลาในการอบแห้งรมควัน 72 hr

$$\dot{m}_w = \frac{m_w}{t}$$

ปริมาณลมที่ต้องใช้สำหรับการอบแห้ง

ปริมาณลมที่ต้องใช้สำหรับการพาความชื้นออกจากวัสดุที่ ซึ่งปริมาณลมที่คำนวณได้สามารถนำไปเลือกขนาดของพัดลม โดยในการคำนวณ ดังนี้

1. อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ
2. ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้
3. ปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้ง
4. ปริมาณที่ใช้ตลอดการอบแห้ง

อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

การคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ $\dot{m}_a$ ต้องทราบเงื่อนไขของการคำนวณ ดังนี้ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับการหาอัตราส่วนความชื้นอากาศก่อนการอบแห้ง W_i อุณหภูมิเมื่อผ่านการอบแห้ง สำหรับหาอัตราส่วนความชื้นอากาศหลังการอบแห้ง สามารถหาได้จากแผนภูมิอากาศ แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการไหลได้ดังสมการ

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_w}{w_f - w_i}$$

ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้

ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้สามารถคำนวณได้จาก ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออก m_w ที่ได้จากการคำนวณข้างต้น หารด้วยผลต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศก่อนและหลังอบแห้ง ก็จะทราบปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้

ปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้ง

เมื่อทราบปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้จากข้างต้นแล้ว นำมาคำนวณหาปริมาณลมที่ใช้โดยกำหนดเงื่อนไข อากาศที่อุณหภูมิ 60°C ความดันบรรยากาศมีความหนาแน่น ρ = 1.062 kg/m^3 ดังนั้นปริมาณลมที่ใช้หาได้จาก ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้หารด้วยความหนาแน่นของอากาศ

ปริมาณลมที่ใช้ตลอดการอบแห้ง

การคำนวณหาปริมาณที่ใช้ตลอดการอบแห้ง จำเป็นต้องทราบเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเป็นนาที ดังนั้นปริมาณลมตลอดเวลาการอบแห้ง สามารถคำนวณได้จาก ปริมาณลมที่ใช้หารด้วยระยะเวลาที่อบแห้งเป็นนาที เมื่อ 1 m^3 เท่ากับ 35.31 ft^3 จากการคำนวณหาปริมาณลมที่ได้เราทราบข้อมูลสำหรับการพิจารณาหาขนาดพัดลม โดยเราเลือกพัดลมยี่ห้อ

การคำนวณหาขนาดของแหล่งความร้อน

เอนทัลปีของอากาศชื้นก่อนการอบแห้ง h_i = 78.5 (kJ/kg-air) เอนทัลปีของอากาศชื้นหลังการอบแห้ง h_f = 109.9 (kJ/kg-air) และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ $\dot{m}_a$ ที่คำนวณจากการหาปริมาณลมข้างต้น ซึ่งกำลังของแหล่งความร้อน สามารถหาได้ดังสมการ

$$\dot{Q} = \frac{(h_f - h_i)}{3600}\dot{m}_a$$

พลังงานที่ใช้สำหรับการอบแห้ง

พลังงานที่ใช้สำหรับการอบแห้ง E คำนวณได้จาก ขนาดของแหล่งความร้อน $\dot{Q}$ และระยะเวลาในการอบแห้ง t ดังสมการ

$$E = \dot{Q}t$$

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล m_f คำนวณจากพลังงานที่ใช้ E หารด้วย ค่าความจุความร้อนไม้ยางพารา (LHV) = 13,960 kJ/kg สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$E = m_f(LHV)$$

คำนวณพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

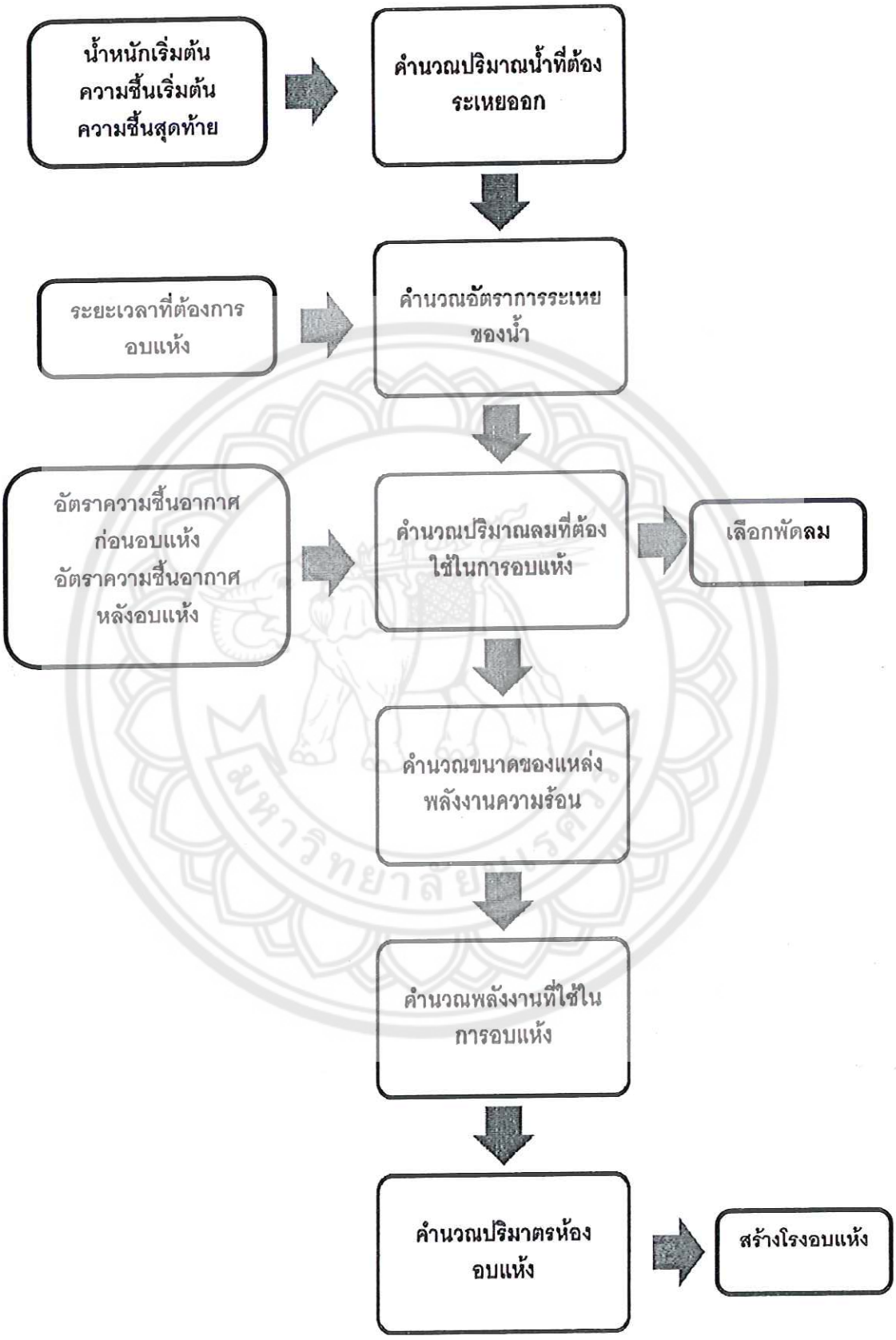
ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิอากาศสำหรับการอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นที่ 60 °C เพื่อคำนวณหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนที่ต้องใช้ในการอบแห้งได้จาก

$$Q = \dot{m}_a C_p(\Delta T)$$

การหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนในกรณีนี้เป็นแบบ (gas to gas) การออกแบบเตาเผาสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = UA(\Delta T_m)$$

การออกแบบเครื่องอบแห้งสามารถเขียนเป็นไดอะแกรมการคำนวณได้ดังภาพ 5



ภาพ 5 ไดอะแกรมเบื้องต้นสำหรับการอบแห้ง

การทดลองอบแห้งยางพาราด้วยเครื่องอบแห้งรมควันที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล

สำหรับการทดลองอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณี

1. ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้ง

2. ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันและพลังงานชีวมวลร่วมในตอนกลางคืน พร้อมทั้งเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้ง

3. ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลร่วมกันตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน พร้อมทั้งเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้ง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการทดลอง

ข้อกำหนดในการทดลอง

1. ยางพาราที่ใช้ในการทดลองใช้ยางพารา รีดแผ่นขนาดมาตรฐานกว้าง 38 - 46 cm ยาว 80 - 90 cm มีความหนา 3 - 4 mm

2. ทดลองอบแห้งรมควันยางพาราครั้งละ 20 แผ่น

3. ทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C ในกรณีใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

กรณีที่ 1 ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้ง

การทดลองนี้จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งยางพารา และจะมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้งเพื่อให้การกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งดีขึ้น

1. ทำการอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น นำมาตากภายในโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล

2. เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ เพื่อหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องอบ

3. วัดอุณหภูมิ ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งบริเวณด้านบน ตรงกลาง และด้านล่าง และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมด้วย

4. อบแห้งยางพาราจนมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 3 % wb ซึ่งน้ำหนักของยางจะอยู่ที่ 17.37kg หรือ 0.869 kg/แผ่น

5. นำยางพาราที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก

6. นำยางพาราที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไปทดสอบคุณภาพ

7. ทำการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ครั้งโดยจะบันทึกอุณหภูมิทุก 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักทุกๆ 6 ชั่วโมงตลอดการทดลอง

กรณีที่ 2 ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันและพลังงานชีวมวลในช่วงกลางคืน พร้อมทั้งเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้ง

การทดลองนี้จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันและมีการใช้พลังงานชีวมวลช่วยในช่วงกลางคืน โดยจะมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้งเพื่อให้การกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งดีขึ้น

1. ทำการอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น โดยนำยางพาราที่ผ่านการรีดแล้วนำมาตากภายในโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล
2. ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล ที่จะใช้ในการทดลองทั้งหมดก่อนการทดลอง
3. เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ เพื่อหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องอบ
4. วัดอุณหภูมิ ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งบริเวณด้านบน ตรงกลาง และด้านล่าง และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมด้วย
5. จุดเตาเผาชีวมวลในช่วงเวลา 18.00 - 06.00 น. เพื่อรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 50 - 60°C
6. อบแห้งยางพาราจนมีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 3%wb ซึ่งน้ำหนักของยางจะอยู่ที่ 17.37 kg หรือ 0.869 kg/แผ่น
7. บันทึกน้ำหนักพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลคงเหลือ เพื่อคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ไป
8. นำยางพาราที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก
9. นำยางพาราที่ใช้ในการเก็บไปทดสอบคุณภาพ
10. ทำการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ครั้งโดยจะบันทึกอุณหภูมิทุก 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักทุกๆ 6 ชั่วโมงตลอดการทดลอง

กรณีที่ 3 ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลร่วมกันตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน พร้อมทั้งเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้ง

การทดลองนี้จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลเสริมทั้งกลางวันและกลางคืนโดยรักษาอุณหภูมิห้องอบแห้งที่ 50 – 60 °C โดยจะมีการเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบแห้งรมควันเพื่อให้การกระจายอุณหภูมิในห้องอบแห้งดีขึ้น

1. ทำการอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น โดยนำยางพาราที่ผ่านการรีดแล้วนำมาตากภายในโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล
2. ชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล ที่จะใช้ในการทดลองทั้งหมดก่อนการทดลอง

3. จุดเตาเผาชีวมวลเพื่อให้อุณหภูมิในห้องอบอยู่ในช่วง 50 – 60 °C

4. เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ เพื่อหมุนเวียนอากาศภายในเครื่องอบ

5. วัดอุณหภูมิ ของอากาศภายในเครื่องอบแห้งตามจุดต่างๆ ที่กำหนดไว้และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมด้วย

6. อบแห้งยางพาราจนความชื้นสุดท้ายต่ำกว่า 3 % wb ซึ่งน้ำหนักของยางจะอยู่ที่ 17.37 kg หรือ 0.869 kg/แผ่น

7. บันทึกน้ำหนักพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลคงเหลือ เพื่อคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ไป

8. นำยางพาราที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก

9. นำยางพาราที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไปทดสอบคุณภาพ

10. ทำการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ครั้งโดยจะบันทึกอุณหภูมิทุก 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักทุกๆ 6 ชั่วโมงตลอดการทดลอง

การวัดคุณภาพยางพารา

ยางแผ่นดิบคุณภาพดี หมายถึง ยางแผ่นดิบคุณภาพ 1, ยางแผ่นดิบคุณภาพ 2 และยางแผ่นดิบคุณภาพ 3 เท่านั้น ในการคัดคุณภาพยางแผ่นดิบจะใช้สายตา, ประสบการณ์ เพื่อให้สามารถใช้วิจารณญาณในการคัดคุณภาพได้ถูกต้องมากที่สุด ในการนำยางมาขายเกษตรกรชาวสวนยางพารามักมัดยางแผ่นดิบมาเป็นห่อๆ ละ ประมาณ 100 แผ่น ดังนั้น หากผู้คัดคุณภาพตรวจพบยางแผ่นดิบที่มีคุณภาพไม่ดีหรือคุณภาพต่ำอยู่ในมัดนั้น ก็จะคัดคุณภาพยางมัดนั้นเป็นยางคุณภาพต่ำทันที จึงไม่ควรใส่ยางคุณภาพต่ำมาในห่อยางแผ่นดิบคุณภาพดี ควรแยกไว้ต่างหาก

ลักษณะยางแผ่นดิบคุณภาพดี

1. ยางแผ่นดิบคุณภาพ 1 มีลักษณะเรียงตามความสำคัญ ดังต่อไปนี้

1.1 แผ่นยางมีความสะอาดและปราศจากฟองอากาศตลอดแผ่น

1.2 มีความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 1.5%

1.3 แผ่นยางมีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเด่นชัดตลอดแผ่น

1.4 แผ่นยางบาง มีความหนาของแผ่นยางไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

1.5 เนื้อยางแห้งใส มีสีสวยสม่ำเสมอตลอดแผ่น ลักษณะสีเหลืองทองหรือเหลืองอ่อนไม่มีสีคล้ำหรือรอยด่างดำ

1.6 แผ่นยางมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 0.8-1.2 กิโลกรัม

1.7 แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ยาว 80-90 เซนติเมตร

2. ยางแผ่นดิบคุณภาพ 2 มีลักษณะเรียงตามความสำคัญ ดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นยางมีความสะอาดตลอดแผ่น หรืออาจมีสิ่งสกปรกและฟองอากาศอยู่ในแผ่นยางได้บ้างเล็กน้อย

2.2 มีความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 2%

2.3 แผ่นยางมีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเด่นชัด

2.4 แผ่นยางบาง มีความหนาของแผ่นยางไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

2.5 เนื้อยางแห้งมีสีสม่ำเสมอตลอดแผ่นลักษณะสีค่อนข้างคล้ำหรืออาจมีรอยด่างดำได้บ้างเล็กน้อย

2.6 แผ่นยางมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่น 1-1.2 กิโลกรัม

2.7 แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ยาว 80-90 เซนติเมตร

3. แผ่นยางดิบคุณภาพ 3 มีลักษณะเรียงตามความสำคัญ ดังต่อไปนี้

3.1 แผ่นยางมีความสะอาดหรืออาจมีสิ่งสกปรกและฟองอากาศอยู่ในแผ่นยางได้บ้างเล็กน้อย

3.2 มีความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 3%

3.3 แผ่นยางมีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเด่นชัด

3.4 แผ่นยางค่อนข้างหนา มีความหนาของแผ่นยางไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

3.5 เนื้อยางแห้งมีสีคล้ำค่อนข้างทึบ ไม่โปร่งใสเท่าที่ควร

3.6 มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่นไม่เกิน 1.5 กิโลกรัม

3.7 แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ยาว 80-90 เซนติเมตร

4. แผ่นยางดิบคุณภาพ 4 มีลักษณะเรียงตามความสำคัญ ดังต่อไปนี้

4.1 แผ่นยางมีความสะอาดหรืออาจมีสิ่งสกปรกและฟองอากาศอยู่ในแผ่นยางได้บ้าง

4.2 มีความชื้นในแผ่นยางไม่เกิน 4.5%

4.3 แผ่นยางมีความยืดหยุ่นดี และมีลายดอกเด่นชัด

4.4 แผ่นยางหนา มีความหนาของแผ่นยางไม่เกิน 4 มิลลิเมตร

4.5 เนื้อยางแห้งมีสีคล้ำทึบ ไม่โปร่งใส

4.6 แผ่นยางมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อแผ่นไม่เกิน 1.5 กิโลกรัม

4.7 แผ่นยางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 38-46 เซนติเมตร ยาว 80-90 เซนติเมตร [28]

บทที่ 4

การออกแบบ ผลการวิจัยและวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราขนาดเล็กที่เหมาะสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่การปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ ทำการศึกษายางพาราจากคุณธงชัย ผาโนน ตำบลสระยายชี อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร การวิเคราะห์ผลการทดลองในการอบแห้งยางพาราที่ได้จากเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล และจากการตากยางแบบดั้งเดิมของกลุ่มเกษตรกร สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล
2. องค์ประกอบและการใช้งานเครื่องอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล
3. ผลการวิเคราะห์การทดลองเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล
4. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

การออกแบบเครื่องอบแห้ง

จากสถานการณ์ยางพาราในปัจจุบัน เกษตรกรส่วนใหญ่จะเป็นเกษตรกรรายย่อยมีพื้นที่การปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ จึงมีผลผลิตยางพาราไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมทำเป็นยางก้อนถ้วยซึ่งในกรณีนี้เกษตรกรจะไม่สามารถเก็บยางไว้ได้นาน หรือทำยางแผ่นผึ่ง ซึ่งในทั้ง 2 กรณีนั้น เกษตรกรจะจำหน่ายยางพาราได้ในราคาไม่สูงมาก แต่ถ้าหากเกษตรกรจะทำยางแผ่นรมควัน ก็อาจจะประสบกับปัญหาการแห้งของแผ่นยางที่ไม่สม่ำเสมอ อาจจะเนื่องการกระจายตัวของอุณหภูมิ หรือพลังงานที่ใช้ไม่เพียงพอสำหรับการรมควัน

จากปัญหาที่กล่าวมานั้นทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ให้เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อยและได้มีการนำเตาเผาชีวมวลมาช่วยในการลดระยะเวลาในการรมควันยางพารา

1. การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก

จากปัญหาที่พบ ผู้ทำวิจัยจึงทำการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล เพื่อแก้ไขปัญหาที่พบและช่วยลดระยะเวลาในการตาก

ยางพาราให้กับเกษตรกร อีกทั้งยังเพิ่มมูลค่าให้กับยางพาราของเกษตรกร การออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพารามีการกำหนดสมมุติฐานในการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา ดังตาราง 2

ตาราง 2 เงื่อนไขในการออกแบบเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา

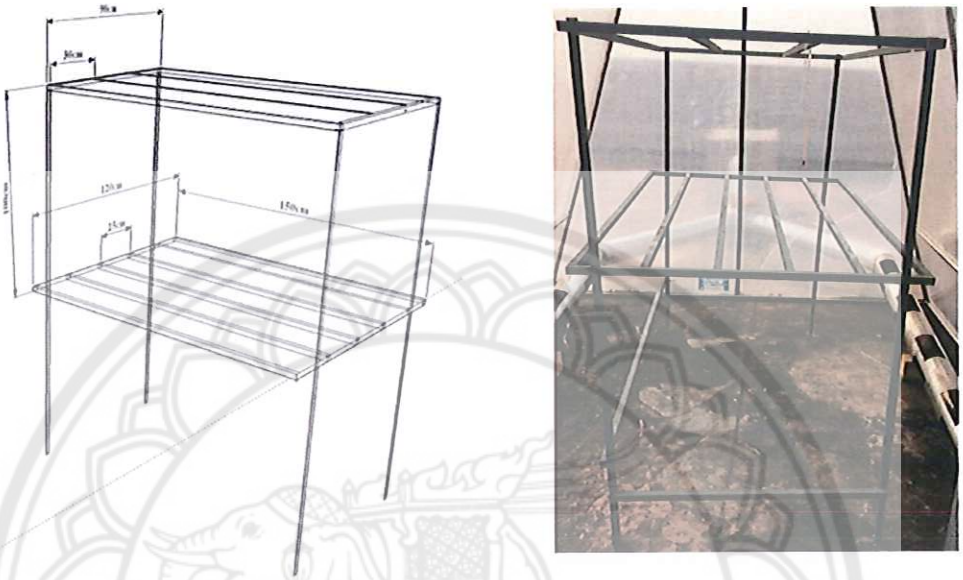
รายการ	เงื่อนไข
อบแห้งยางพาราได้ครั้งละ (แผ่น)	20
ความชื้นเริ่มต้น (% wb)	30
ความชื้นสุดท้าย (% wb)	3
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (°C)	60
อุณหภูมิอากาศหลังการอบแห้ง (°C)	50
อุณหภูมิแวดล้อม (°C)	30
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม (%)	70
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (hr)	72
ขนาดของแผ่นยางพารากว้าง 45 cm ยาว 90 cm หนา 4 mm	

องค์ประกอบของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแบบเรือนกระจก ที่ใช้ในการศึกษานี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ 1) ห้องอบแห้งแบบเรือนกระจก 2) แหล่งพลังงานความร้อนเสริม ซึ่งในการออกแบบมีหลักการที่ใช้ดังต่อไปนี้

1.1 ขนาดของห้องอบแห้ง

ยางพารารีดแผ่นขนาดมาตรฐานกว้าง 0.45 m ยาว 0.9 m มีความหนา 0.04 m สำหรับการรมควันยางพารา 1 ครั้ง กำหนดให้สามารถรมบรรจุยางแผ่นได้ครั้งละ 20 แผ่น จากการศึกษาราวตากยางของเกษตรกร พบว่า ระยะห่างระหว่างราวตากยาง 0.2 m และระยะห่างของแต่ละชั้นประมาณ 0.5 m โดยราวตากยางที่ทำการออกแบบ สามารถตากยางพาราได้ 2 ชั้น โดยวางชั้นบน 8 แผ่น ชั้นล่างวาง 12 แผ่น ชั้นบนจะมีจำนวนราวตากยาง 4 แถว กำหนดให้มีระยะห่างระหว่างราวตากยาง 0.3 m ชั้นล่างมี 6 ราว ระยะห่างระหว่างราวตากยาง 0.25 m กำหนดให้ราวตากยางสามารถตากได้แถวละ 2 แผ่น ระยะห่างของแผ่นยาง 0.5 m ความสูงของราวตากยางสำหรับตากยาง 2 ชั้น มีความสูง 2 m โดยชั้นล่างของราวตากยางพาราจะสูงจากพื้น 1 m และ

ชั้นบน จะมีระยะห่างจากชั้นที่หนึ่ง อีก 1 m การวางแถวของราวตากยางชั้นบน และชั้นล่างจะไม่ให้ตรงกัน เพื่อไม่ให้ยางพาราที่ตากบังเงากัน

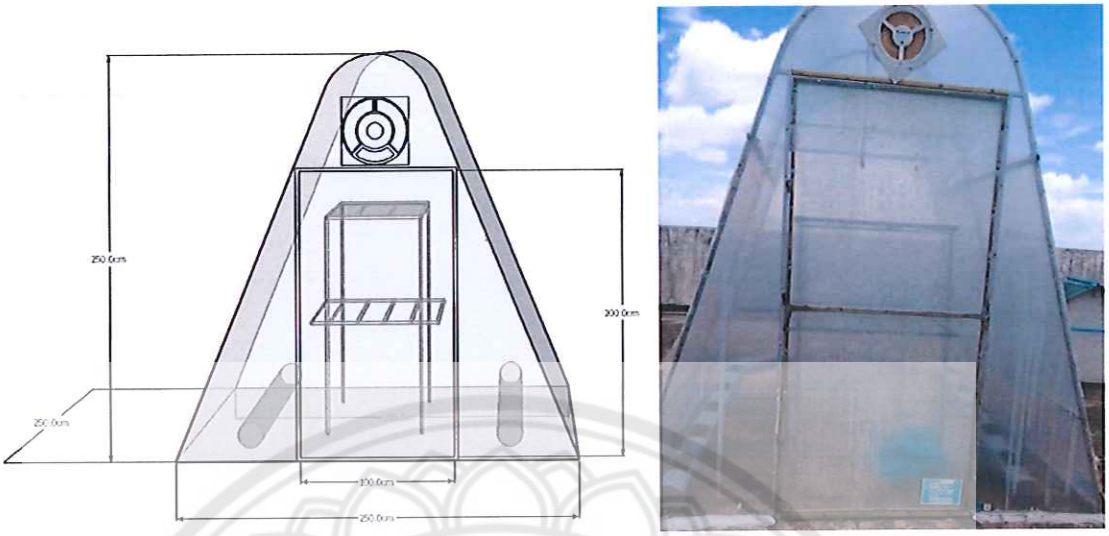


ก. ราวตากยางออกแบบ ข. ราวตากยางจริง

ภาพ 6 ราวตากยางพารา

จากเงื่อนไขข้างต้นเราสามารถออกแบบราวตากยางพาราได้ดังนี้

ความกว้างของชั้นบน 0.9 m ความกว้างของชั้นล่าง 1 m ยาว 1.5 m **และสูง** 2 m จะได้ราวตากยางดังภาพ 7 จากขนาดของราวตากยางที่ได้สามารถออกแบบห้องอบแห้ง **จากขนาดของราวตากยางกว้างที่สุด** 1 m วางตรงกลางของห้องอบแห้ง มีทางเดินสองข้างห่าง**จากราวตากยางพาราประมาณ** 0.50 m และวางท่อนำความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.16 m **ให้ห่างจากขอบของห้องอบแห้ง** 0.25 m **จากเงื่อนไขที่กำหนดเราสามารถออกแบบห้องอบแห้งยางพาราได้ดังนี้**



ก.เครื่องอบแห้งออกแบบ ข. เครื่องอบแห้งจริง

ภาพ 7 ห้องอบแห้งแบบเรือนกระจก

1.2 การคำนวณปริมาณน้ำที่ระเหย และเวลาในการอบแห้งยางพารา

จากเงื่อนไขที่กำหนดยางพารามีความชื้นเริ่มต้นก่อนเข้าเครื่องอบแห้งรมควัน M_i = 30 % wb ยางพารา 1 แผ่นมีน้ำหนักเฉลี่ยก่อนเข้าเครื่องอบแห้งรมควัน = 1.2 kg ดังนั้น เมื่ออบแห้งรมควันยางพารา 20 แผ่น ยางพารามีน้ำหนักก่อนอบแห้งรมควัน W_i = 24 kg ทำการอบแห้งรมควันจนมีความชื้นสุดท้าย M_f = 3 % wb สามารถคำนวณหามวลแห้งของยางพาราได้ดังสมการที่ 1

$$W_f = \frac{W_i(100 - M_i)}{(100 - M_f)}$$

$$W_f = \frac{24(100 - 30)}{(100 - 3)}$$

น้ำหนักสุดท้ายหลังอบ = 17.32 kg

เพื่อให้สะดวกต่อการออกแบบเราจะปัดค่าน้ำหนักสุดท้ายหลังอบให้เป็น 17 kg

เมื่อทราบค่าน้ำหนักหลังการอบแห้ง เราสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออก m_w โดยการคำนวณหาจากผลต่าง น้ำหนักก่อนการอบแห้งรมควันและน้ำหนักหลังการอบแห้งรมควัน

$$m_w = W_i - W_f$$

$$m_w = 24\text{-}17$$

$$m_w = 7 \text{ kg}$$

ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออก = 7 kg

1.3 อัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง

เมื่อทราบปริมาณน้ำที่ต้องระเหยแล้ว m_w = 7 kg ต่อมาคำนวณหาอัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง จากเงื่อนไขที่กำหนด ใช้เวลาในการอบแห้งรมควัน 72 hr ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์หาอัตราการระเหยน้ำออกจากวัสดุอบแห้ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 13

$$\dot{m}_w = \frac{m_w}{t}$$

$$= \frac{7}{72}$$

$$= 0.093 \text{ kg-water/hr}$$

อัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง = 0.093 kg-water/hr

1.4 ปริมาณลมที่ต้องใช้สำหรับการอบแห้ง

ปริมาณลมที่ต้องใช้สำหรับการพาความชื้นออกจากวัสดุที่อบแห้งมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ต้องระเหยต่อชั่วโมงหารปริมาตรน้ำที่เพิ่มขึ้นในอากาศ ซึ่งปริมาณลมที่คำนวณได้สามารถนำไปเลือกขนาดของพัดลม ในการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของพัดลม เราจะต้องคำนวณหา ดังนี้

1. อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ
2. ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้
3. ปริมาณลมที่ใช้ในการอบแห้ง
4. ปริมาณที่ใช้ตลอดการอบแห้ง

โดยในการคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศจากแผนภูมิอากาศชื้นแสดงผลดังต่อไปนี้

ตาราง 3 เงื่อนไขในการคำนวณหาขนาดของพัดลม

รายการ	เงื่อนไข
อุณหภูมิแวดล้อม 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ (%Rh)	70
เอนทัลปีของอากาศชื้น (kJ/kg-air)	78.5
อัตราส่วนความชื้น (kg-water/kg-air)	0.0188
นำมาผ่านกระบวนการทำความร้อนจนมีอุณหภูมิ (°C)	60
เอนทัลปีของอากาศชื้น (kJ/kg-air)	109.9
เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งอุณหภูมิเหลือ (°C)	50
อัตราส่วนความชื้น (kg-water/kg-air)	0.0230

จากแผนภูมิอากาศทำให้ทราบอากาศอบแห้งมีอัตราส่วนความชื้น w_i = 0.0188 kg-water/kg-air และหลังอบแห้งมีอัตราส่วนความชื้น w_f = 0.0230 kg-water/kg-air อัตราการระเหยน้ำจากการอบแห้ง $\dot{m}_w$ = 0.093 kg-water/hr ดังนั้นอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ต้องใช้สำหรับพาความชื้นออกจากยางพาราสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 14

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_w}{w_r - w_i}$$

$$= \frac{0.093}{0.0042}$$

= 22.14 kg-air/h

จากการคำนวณจะทราบอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ต้องใช้สำหรับการพาความชื้นออกจากยางพารา = 22.14 kg-air/h

ดังนั้น ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้สามารถคำนวณได้จาก ปริมาณน้ำที่ต้องการระเหยออก m_w = 6.68 kg หารด้วยผลต่างของอัตราส่วนความชื้นก่อนและหลังอบแห้ง ก็จะทราบปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้

$$= \frac{6.68}{0.0042}$$

= 1,590.48 kg-air

ปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้ = 1,590.48 kg-air

เมื่อทราบปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้แล้ว คำนวณหาปริมาณลมที่ใช้โดยจากเงื่อนไขกำหนด อากาศที่อุณหภูมิ 60°C ความดันบรรยากาศมีความหนาแน่น ρ = 1.062 kg/m^3 ดังนั้นปริมาณลมที่ใช้หาได้จาก ปริมาณอากาศแห้งที่ใช้หารด้วยความหนาแน่นของอากาศ

ดังนั้น ปริมาณลมที่ใช้ $= \frac{1,590.48}{1.062}$ m^3

= 1,497.62 m^3

ปริมาณลมที่ใช้ = 1,497.62 m^3

เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง 72 hr ดังนั้นจะต้องใช้ปริมาณลมตลอดเวลาการอบแห้ง สามารถคำนวณได้จาก ปริมาณลมที่ใช้หารด้วยระยะเวลาที่อบแห้งเป็นนาที

$$= \frac{1,497.62}{4,320}$$

$$= 0.34 \text{ m}^3/\text{min}$$

เมื่อ 1 m^3 เท่ากับ 35.31 ft^3

ดังนั้นจะใช้ปริมาณลม = 0.34 x 35.31

= 12 CFM

1.5 การคำนวณหาขนาดของแหล่งความร้อน

สำหรับการอบแห้งจำเป็นต้องใช้ความร้อนในการทำให้น้ำระเหยออกจากผลผลิต ซึ่งกำลังของแหล่งความร้อน สามารถหาได้สมการที่ 15

$$\dot{Q} = \frac{(h_f - h_i)}{3600}\dot{m}_a$$

$$= \frac{(109.9 - 78.5)}{3600}22.14$$

= 0.20 kW

ขนาดของแหล่งความร้อนที่ใช้ = 0.20 กิโลวัตต์

ขนาดของแหล่งกำเนิดความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 0.20 kW ในทางปฏิบัติต้องออกแบบให้มากกว่าที่คำนวณ เนื่องจากการสูญเสียขณะเปลี่ยนพลังงานความร้อนของแหล่งพลังงานต่างๆ

1.6 พลังงานที่ใช้สำหรับการอบแห้ง

พลังงานที่ใช้สำหรับการอบแห้งคำนวณได้จาก ขนาดของแหล่งความร้อนและระยะเวลาในการอบแห้งดังสมการ (16)

$$E = \dot{Q}t$$

$$= 0.20 \times (3,600 \times 72)$$

$$= 51,840 \text{ kJ}$$

1.7 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล m_f สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$E = m_f(LHV)$$

ค่าความจุความร้อนไม้ยางพารา (LHV) = 13,960 kJ/kg

$$= \frac{51,840}{13,960}$$

$$= 3.71 \text{ kg}$$

สมมุติให้ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนทั้งระบบ = 25%

ปริมาณใช้ฟืนแต่ละครั้ง = 14.84 kg

การออกแบบเตาเผาชีวมวล

ในกระบวนการแปรรูปยางพาราเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ท้องตลาดต้องการนั้นในอดีตจะนิยมแปรรูปเป็นยางแผ่นแล้วทำการตากแดดหรือผึ่งลม จนยางแห้งตามที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนการตากแดดจะใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในขณะนั้น จึงได้มีการออกแบบแหล่งความร้อนพลังงานเสริม เพื่อลดระยะเวลาในการอบแห้งและควบคุมคุณภาพในการอบแห้งให้ดีขึ้น โดยการออกแบบเตาเผาชีวมวลเราจะทำการออกแบบภายใต้เงื่อนไขดังนี้

ตาราง 4 เงื่อนไขในการออกแบบเตาเผาชีวมวล

กำหนดให้	เงื่อนไข
อุณหภูมิอากาศในห้องเผาไหม้ (°C)	220
อุณหภูมิอากาศเสียที่ปล่อง (°C)	120
อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า (°C)	30
อุณหภูมิอากาศเย็นออก (°C)	60
ข้อมูลเบื้องต้นจากการคำนวณ	
ปริมาณลมที่ใช้ (CFM)	12
อัตราการไหล (kg/s)	0.1
อากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยอากาศเข้าและออก (°C)	45
ความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kgK)	1.008

จากข้อมูลจากตารางข้างต้น เราสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องใช้การอบแห้งรมควันยางพาราได้ ดังสมการที่

$$Q = \dot{m}_a C_p (\Delta T)$$

$$= 0.1 \times 1.008 \times (60\text{-}30)$$

$$= 3.024 \text{ kW}$$

ดังนั้น เตาเผาชีวมวลต้องสามารถทำปริมาณความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 3.024 kW

ปริมาณความร้อนที่ต้องการสามารถคำนวณได้จากสมการที่

$$Q = UA(\Delta T_m)$$

และจาก

$$LMTD = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)}$$

$$= \frac{(T_{ho} - T_{ci}) - (T_{hi} - T_{co})}{\ln\left[(T_{ho} - T_{ci})/(T_{hi} - T_{co})\right]}$$

$$= \frac{(120 - 30) - (220 - 60)}{\ln\left[(120 - 30)/(220 - 60)\right]}$$

$$= 121.6\ ^{\circ}C$$

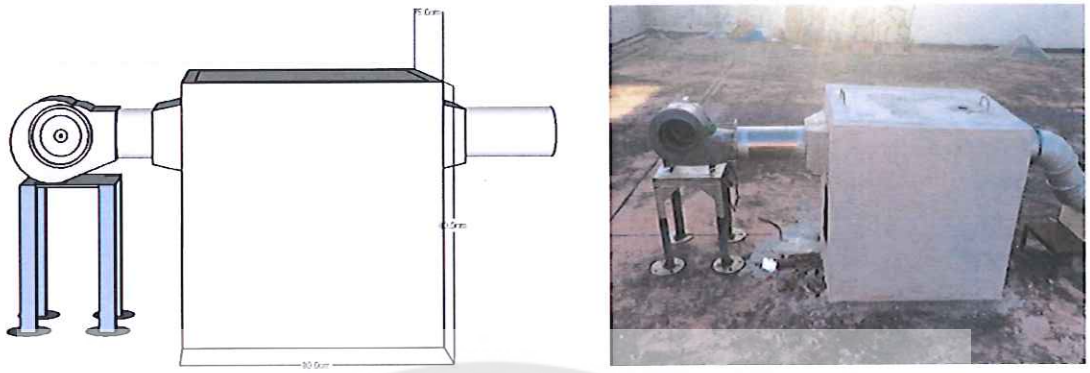
ในการคำนวณเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Gas to Gas จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมในช่วง 10 - 40 W/m^2 โดยในการออกแบบจะเลือกค่าที่ 10 W/m^2

ดังนั้น สามารถคำนวณพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนได้ดังนี้

$$3.024 \times 1000 = 10 \times A \times 121.6$$

$$A = 2.5\ m^2$$

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 2.5 m^2 จากพื้นที่ที่คำนวณได้นำไปออกแบบการจัดวางท่อต่อไป โดยให้อากาศเป็นตัวพาความร้อนเข้าไปภายในเครื่องอบแห้ง

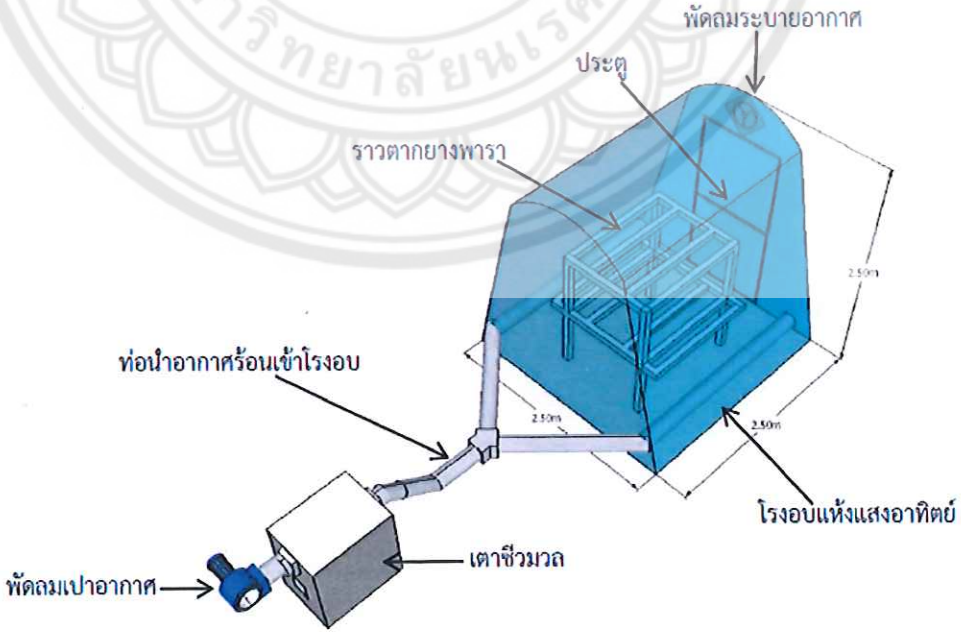


ก. เตาเผาชีวมวลออกแบบ ข. เตาเผาชีวมวลที่สร้าง

ภาพ 8 เตาเผาชีวมวล

องค์ประกอบของเครื่องอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล

การออกแบบและการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล โดยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์ให้มีขนาด กว้าง 2.5 m ยาว 2.5 m สูง 2.5 m ลักษณะเป็นเรือนกระจกที่ปิดปกคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ผนังมีการป้องกันการสูญเสียความร้อน ใช้พัดลมขนาด 25 watt สำหรับหมุนเวียนอากาศภายใน ออกแบบพื้นที่ในการรับแสงให้มีความสามารถในการอบแห้งแผ่นยางพารา 20 แผ่น



ภาพ 9 เครื่องอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล

1. โครงสร้างและรายละเอียดของเครื่องอบแห้ง

ลักษณะของเครื่องอบแห้งเป็นทรงโดม ใช้เหล็กกล่องขนาด 1×1 in หนา 2.3 mm สำหรับทำโครงเหล็กโดยมีขนาดกว้าง 2.5 m ยาว 2.5 m และสูง 2.5 m คลุมด้วยแผ่นโพลิคาร์บอเนตหนา 5 mm เพื่อรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด มีพัดลมขนาด 25 watt จำนวน 1 ตัว สำหรับระบายอากาศติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของเครื่องอบแห้ง มีประตูทางเข้าขนาดกว้าง 1 m สูง 2 m ภายในมีราวสำหรับตากยางพาราทำด้วยเหล็กล่องขนาด 1×1 in หนา 2.3 mm มีพื้นที่สำหรับตากยางพาราซึ่งสามารถบรรจุยางแผ่นได้ครั้งละ 20 แผ่น

ภาพ 10 เครื่องอบแห้งยางพารา

2. การใช้งานเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

โดยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ออกแบบให้ใช้งานได้สะดวก เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตเข้าไปภายใน จะทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิสูงขึ้นและถ่ายเทความร้อนให้กับแผ่นยางพารา เครื่องอบแห้งได้มีการติดตั้งพัดลมเพื่อบังคับให้มีการไหลของอากาศภายในระบบ ขั้นตอนการใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก คือ นำยางพาราที่ต้องการอบแห้งแขวนบนราว จากนั้นปิดประตูเครื่องอบแห้ง และเปิดพัดลมระบายอากาศ

สำหรับการอบแห้งในกรณีนี้จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่ยาวนาน อาจเนื่องมาจากเครื่องอบแห้งจะทำงานเฉพาะในช่วงของเวลากลางวันเท่านั้น ส่งผลให้อัตราการระเหยความชื้นมีการลดลงอย่างช้า และอีกกรณีอาจจะมาจากความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ระยะเวลามีความเข้มของแสงที่ไม่สม่ำเสมอ อาจส่งผลถึงระยะเวลาในการอบแห้งและคุณภาพของยางพารา

ข้อดีของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

1. เป็นระบบอบแห้งที่ง่าย สะดวกสบาย
2. ลงทุนน้อย
3. ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานน้อย

ข้อเสียของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1. คุณภาพผลผลิตไม่สม่ำเสมอ
2. ใช้ระยะเวลาอบแห้งที่นาน

ในกรณีที่ผลผลิตมีคุณภาพต่ำและใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่นาน จึงมีการนำเตาเผาชีวมวลมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอบ เป็นการเพิ่มคุณภาพของยางพารา และยังช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้ง อีกทั้งอาจจะเพิ่มราคาให้กับยางพาราเนื่องจากยางพาราที่จำหน่ายเป็นยางแผ่นผึ่งจะมีราคาต่ำกว่ายางพารารมควัน ทั้งนี้จึงได้ออกแบบเตาเผาชีวมวลเพื่อมาเพิ่มมูลค่าให้กับยางพารา

3. โครงสร้างและรายละเอียดเตาเผาชีวมวล

ลักษณะของเตาเผาชีวมวล ทำด้วยอิฐทนความร้อนขนาด กว้าง 0.75 m ยาว 0.8 m สูง 0.8 m ภายในมีท่อสำหรับแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 in ยาว 0.8 m จำนวน 20 ท่อ มีช่องระบายอากาศออกอยู่บริเวณด้านบนของเตา ช่องระบายอากาศมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02 m มีช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิงอยู่บริเวณด้านหน้าของเตามีขนาด กว้าง 0.20 m สูง 0.45 m ภายในมีตะแกรงสำหรับวางเชื้อเพลิง ด้านหน้าของเตาต่อเข้ากับ Blower สำหรับเป่าอากาศเข้าไปในเครื่องอบแห้งยางพารา โดย Blower มีขนาด 0.25 แรงม้า

ภาพ 11 เตาเผาชีวมวล

4. การใช้งานเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

ในกรณีนี้ระบบจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดการอบแห้ง ขั้นตอนการใช้งานคือ นำยางพาราแขวนบนราวตากยาง แล้วเปิดพัดลมระบายอากาศ จากนั้นจุดเตาเผาแล้วเปิด Blower สำหรับเป่าอากาศ ขนาดของเชื้อเพลิง เป็นไม้ฟืนจากยางพารามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 in อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลงในช่วงเวลากลางวัน 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่สำหรับช่วงเวลากลางคืนมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.5 kg/h

สำหรับกรณีนี้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดการอบแห้ง จึงทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งเร็วขึ้น และเรายังสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งให้คงที่ตลอดการอบแห้ง ส่งผลให้สามารถควบคุมคุณภาพของอย่างพาราได้ตามความต้องการของท้องตลาด แต่ในกรณีนี้อาจมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการใช้พลังงานชีมวลร่วมด้วยในตอนกลางวัน

ข้อดีของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

1. ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้น
2. คุณภาพของผลผลิตสม่ำเสมอ
3. สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับยางพารา

ข้อเสียของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

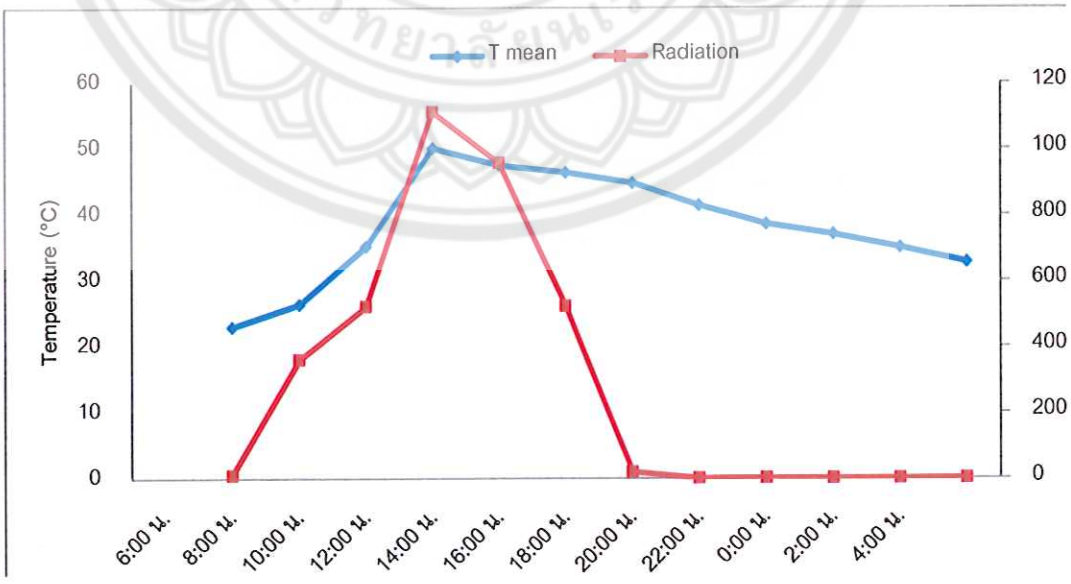
1. ลงทุนค่อนข้างสูง
2. ใช้งานยุ่งยาก

การทดสอบการใช้เครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

ยางพาราที่ใช้ในการทดลองเป็นยางพาราขนาดมาตรฐาน กว้าง 38 - 46 cm ยาว 80 - 90 cm ความหนา 3 - 4 mm จำนวนครั้งละ 20 แผ่น ความชื้นเริ่มต้นของยางพารามีค่าเฉลี่ย 30% wet-basis ทำการอบแห้งยางพาราแผ่นจนเหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 3% wet-basis โดยทำการบันทึกอุณหภูมิทุก 2 ชั่วโมงตลอดการทดลอง และชั่งน้ำหนักทุก 6 ชั่วโมง ซึ่งในการวิเคราะห์ผลการทดลองจากเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี คือ

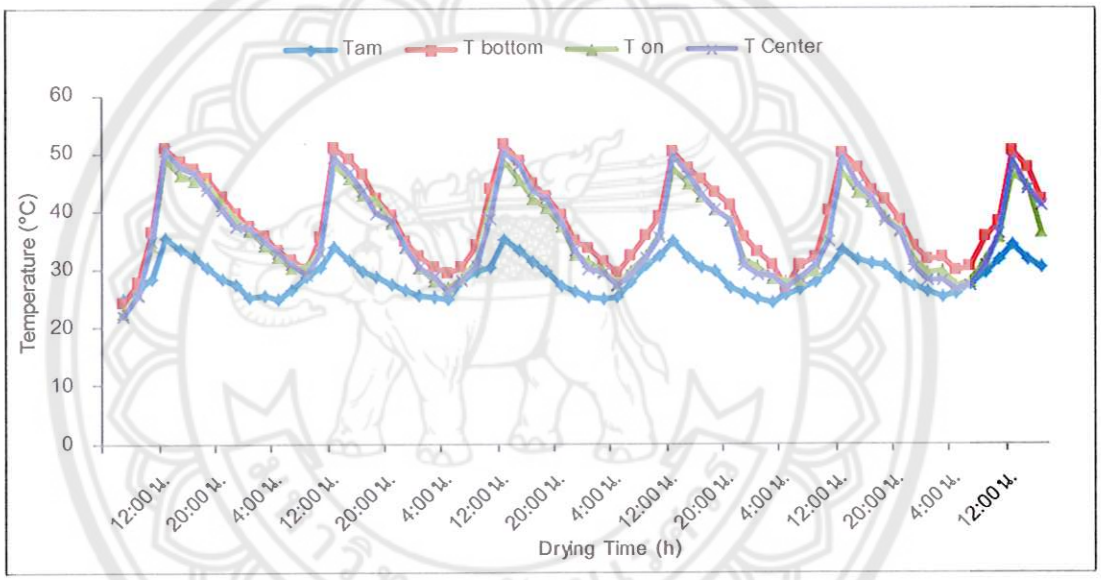
1. กรณีอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว

จากภาพ 12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งกับค่าความเข้มแสงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่า เริ่มการทดลองที่เวลา 6.00 น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 26.5 °C เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีเพิ่มสูงมากขึ้น และอุณหภูมิสูงที่สุด 50.2 °C ที่เวลา 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าความเข้มแสงสูงที่สุดของการอบแห้ง จากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดลงและต่ำสุดประมาณ 26.4 °C ที่เวลา 6.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่ไม่มีค่าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และไม่มีการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากเตาเผาชีวมวล โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งจะแปรผันตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ และจะมีแนวโน้มเป็นเช่นนี้ตลอดการทดลอง 128 hr



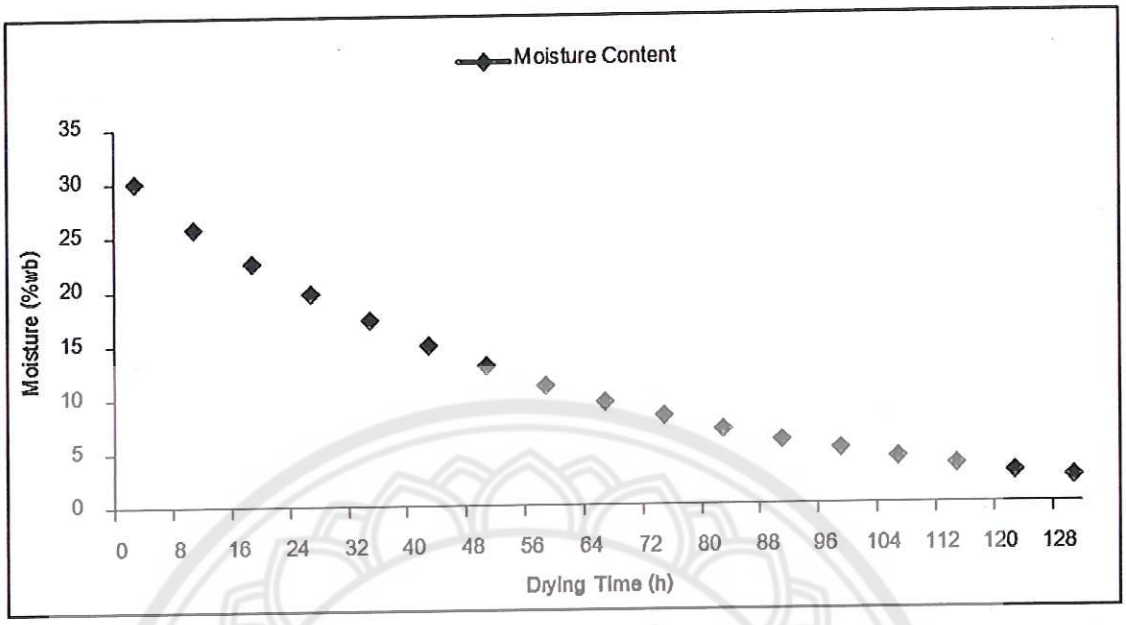
ภาพ 12 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งกับค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ภาพ 13 แสดงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยพบว่าช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้งมีค่า 37.86 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณตรงกลางของเครื่องอบแห้งมีค่า 38.45 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านล่างของเครื่องอบแห้งมีค่า 40.55 °C ส่วนในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 6.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้งมีค่า 33.87 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณตรงกลางของเครื่องอบแห้งมีค่า 33.8 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านล่างของเครื่องอบแห้งมีค่า 35.94 °C โดยอุณหภูมิทั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง



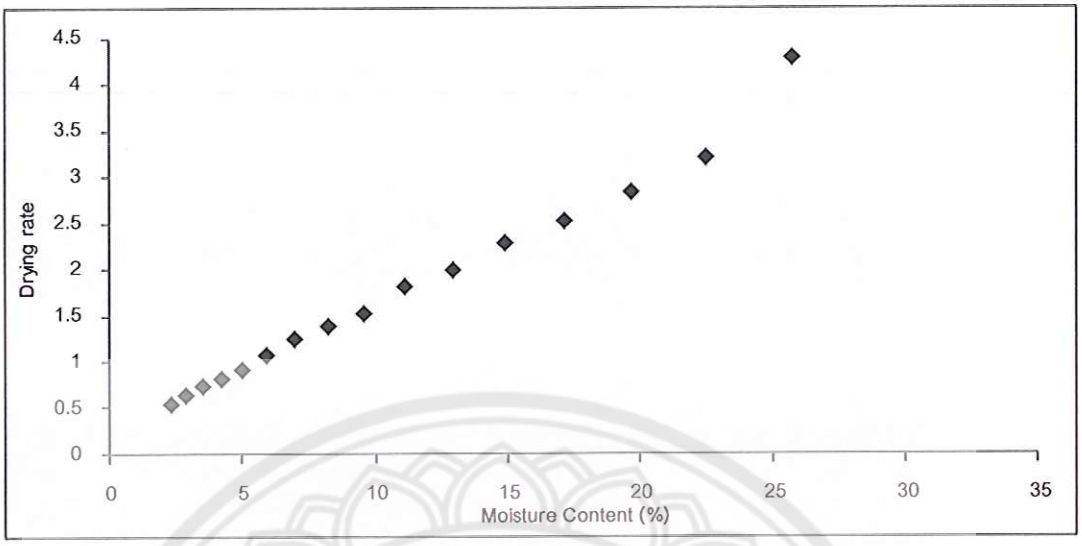
ภาพ 13 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกันในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์

จากกราฟภาพ 14 แสดงอัตราความชื้นของยางพาราแผ่นที่ทำการทดลองโดยการตากภายในเครื่องอบแห้งยางพารา ซึ่งวิธีการตากในเครื่องอบแห้งมีอัตราความชื้นที่ลดลงไปอย่างช้าๆ และใช้เวลาในการอบแห้ง 128 h



ภาพ 14 อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ตากในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ภาพ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งยางพารา ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว จากภาพจะเห็นว่าอัตราการอบแห้งในช่วงแรกจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นการระเหยน้ำที่ผิวหน้าของยางพาราหลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะเป็นการระเหยน้ำในเนื้อของยางพารา เพราะฉะนั้นอัตราเร็วในการอบแห้งจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไป



ภาพ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

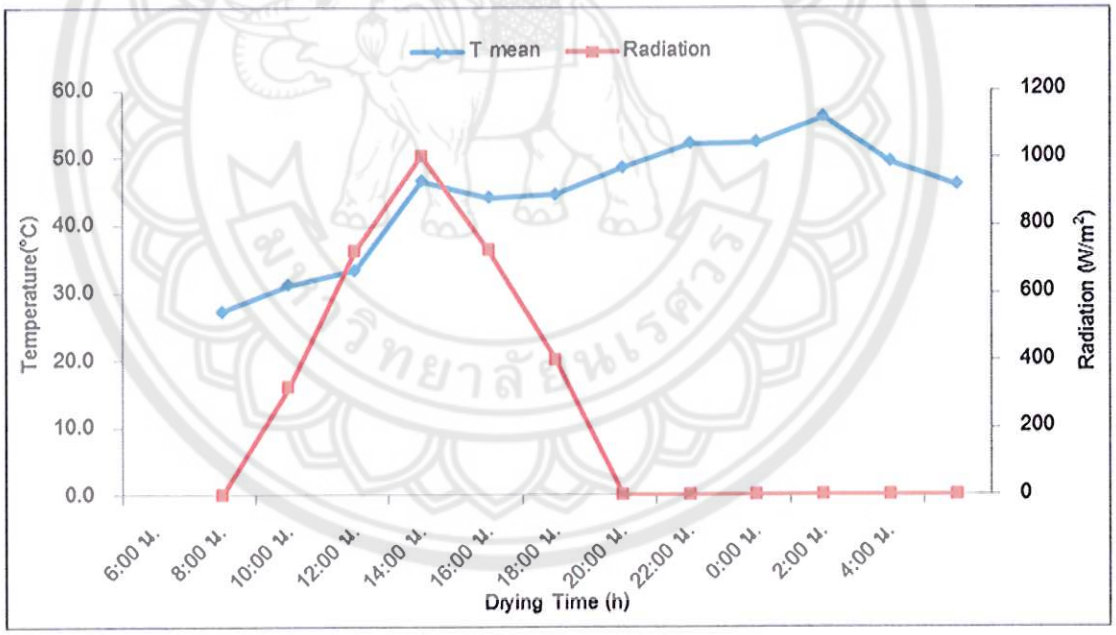
จากผลการทดลองในกรณีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งทั้ง 3 ตำแหน่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันตลอดเวลาการทดลอง โดยการทดลองใช้เวลาในการอบแห้ง 128 hr อุณหภูมิภายในเครื่องอบอยู่ในช่วง 22.1 – 51.6 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกอยู่ในช่วง 24.3 – 35.4 °C ซึ่งจากภาพ 12 และ 13 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกและค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ โดยสามารถสรุปข้อมูลการทดลองได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 สรุปข้อมูลการอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

รายการ	ข้อมูล
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำสุด (°C)	26.4
เวลาที่อุณหภูมิต่ำสุด (นาฬิกา)	6.00
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงสุด (°C)	50.2
เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด (นาฬิกา)	12.00
ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (W/m^2)	469.75
เวลาที่ค่าความเข้มแสงสูงที่สุด	12.00
ระยะเวลาอบแห้ง (h)	128

2. กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและจุดเตาเพิ่มอุณหภูมิในตอนกลางคืน

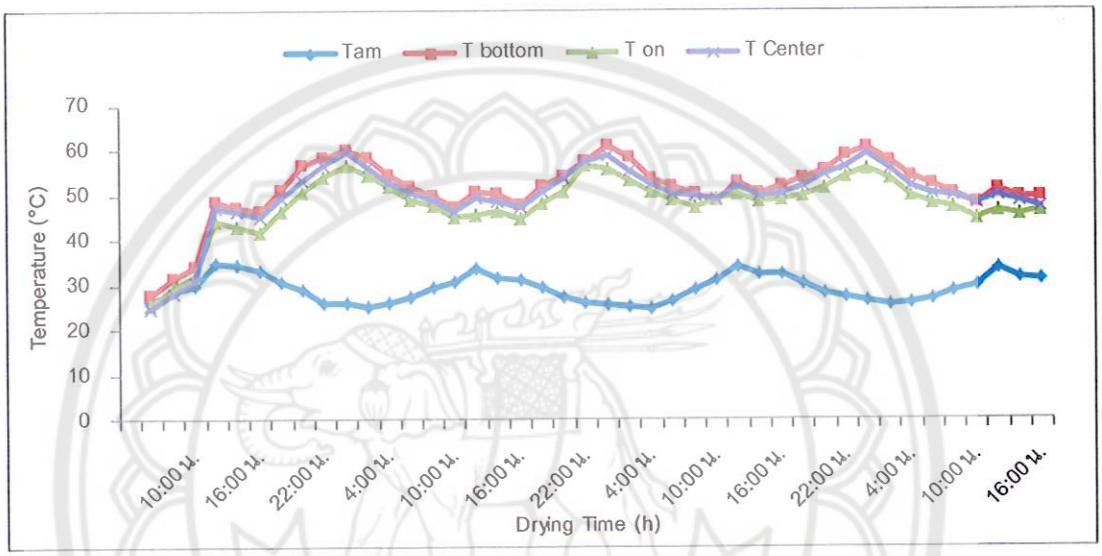
จากภาพ 16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพารา พบว่าเมื่อเริ่มการทดลองที่เวลา 6.00 น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 26 °C โดยพบว่าช่วงเวลา (6:00 – 18:00) อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งสูงที่สุด 52.9 °C ที่เวลา 12.00 น. จากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดลงในช่วงเย็น เนื่องจากเป็นช่วงที่มีค่าพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ต่ำ และหลังจากนั้น อุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้นเพราะมีการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากเตาเผาชีวมวล โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 60.9 °C ที่เวลาประมาณ 0.00 น. จากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มลดลงอีกครั้งในช่วงเช้า เนื่องจากเป็นช่วงที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต่ำ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นในช่วงกลางวันอุณหภูมิภายในจะแปรผันตามค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์แต่สำหรับในช่วงกลางคืนอุณหภูมิจะแปรผันตามการสันดาปของเชื้อเพลิง จะมีแนวโน้มเป็นเช่นนี้ตลอดการทดลอง 84 h



ภาพ 16 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน

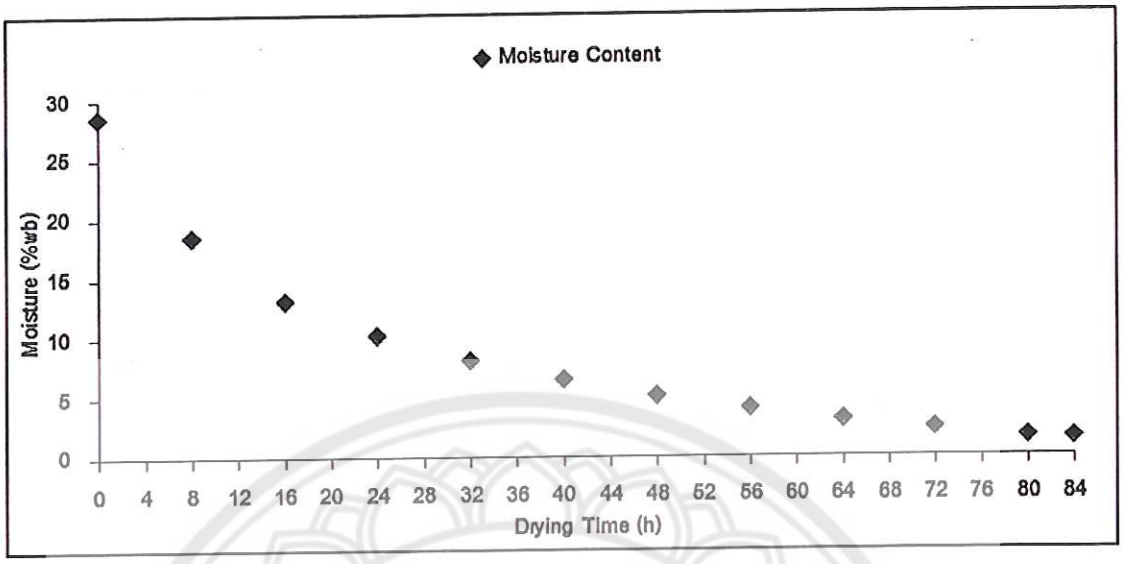
จากกราฟภาพ 17 แสดงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยพบว่าช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของสิ่งแวดล้อม 30.68 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้งมีค่า 44.19 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณ

ตรงกลางของเครื่องอบแห้งมีค่า 45.83 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านล่างของเครื่องอบแห้งมีค่า 47.25 °C ส่วนในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 6.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของสิ่งแวดล้อม 26.86 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้งมีค่า 52.41 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณตรงกลางของเครื่องอบแห้งมีค่า 54.80 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านล่างของเครื่องอบแห้งมีค่า 56.36 °C โดยทั้ง 3 ตำแหน่งจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันและเป็นแบบนี้ตลอดการทดลอง



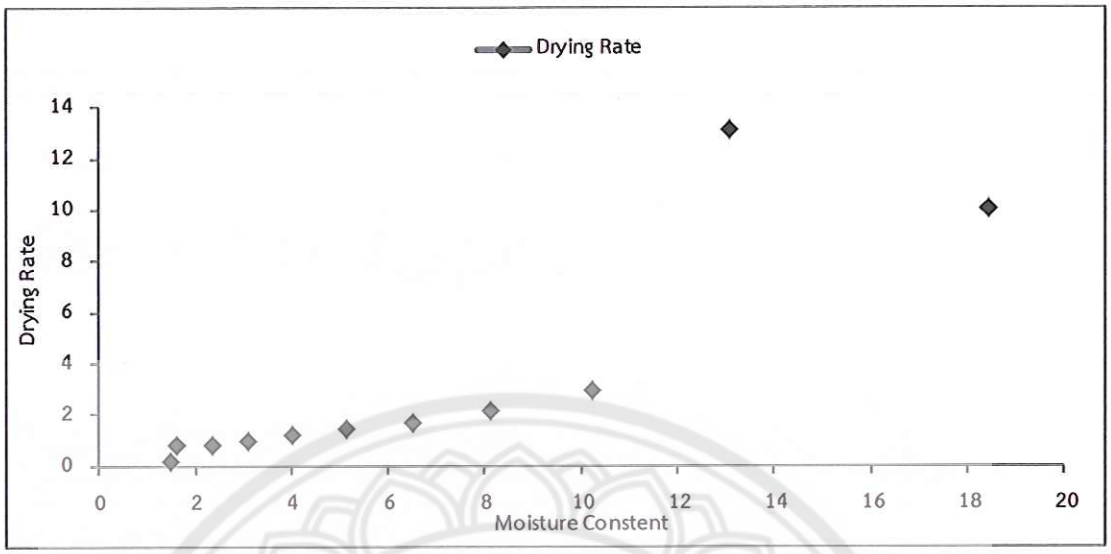
ภาพ 17 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน

จากกราฟภาพ 18 แสดงอัตราความชื้นของยางพาราแผ่นที่ทำการทดลองโดยการตากภายในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและจุดเตาเพิ่มอุณหภูมิในตอนกลางคืน ซึ่งวิธีการตากในเครื่องอบแห้งมีอัตราความชื้นที่ลดลงไปอย่างช้าๆ และใช้เวลาในการอบแห้ง 84 h



ภาพ 1 อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ตากในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน

จากภาพ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น ในการอบแห้งยางพารา ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน จากกราฟจะเห็นว่าอัตราการอบแห้งในช่วงแรกจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นการระเหยน้ำที่ผิวหน้าของยางพาราหลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจจะเป็นการระเหยน้ำในเนื้อของยางพารา และมีการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากชีวมวล เพราะฉะนั้นอัตราเร็วในการอบแห้งจึงลดลงตามเวลาที่ผ่านไป



ภาพ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น กรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน

จากผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งทั้ง 3 ตำแหน่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยการทดลองใช้เวลาในการอบแห้ง 84 h อุณหภูมิภายในเครื่องอบอยู่ช่วง 30 – 60 °C ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกอยู่ในช่วง 24 – 35.1 °C ซึ่งจากภาพ 17 และ 18 จะเห็นว่าในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิภายในเครื่องอบจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกและค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ แต่สำหรับช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งจะเปลี่ยนแปลงตามการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล จากการอบแห้งในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน สามารถสรุปได้ดังนี้

ตาราง 6 สรุปข้อมูลการอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน

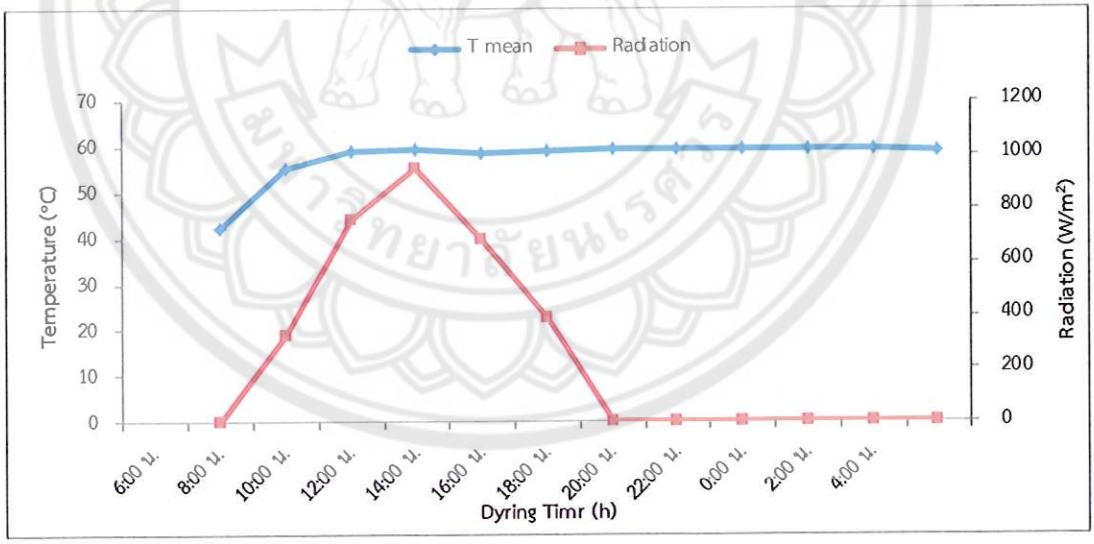
รายการ	ข้อมูล
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำสุด (°C)	26.0
เวลาที่อุณหภูมิต่ำสุด (นาฬิกา)	6.00
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงสุด (°C)	60.9
เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด (นาฬิกา)	0.00

ตาราง 6 (ต่อ)

รายการ	ข้อมูล
ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (W/m^2)	466.38
ระยะเวลาอบแห้ง (h)	84

3. กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

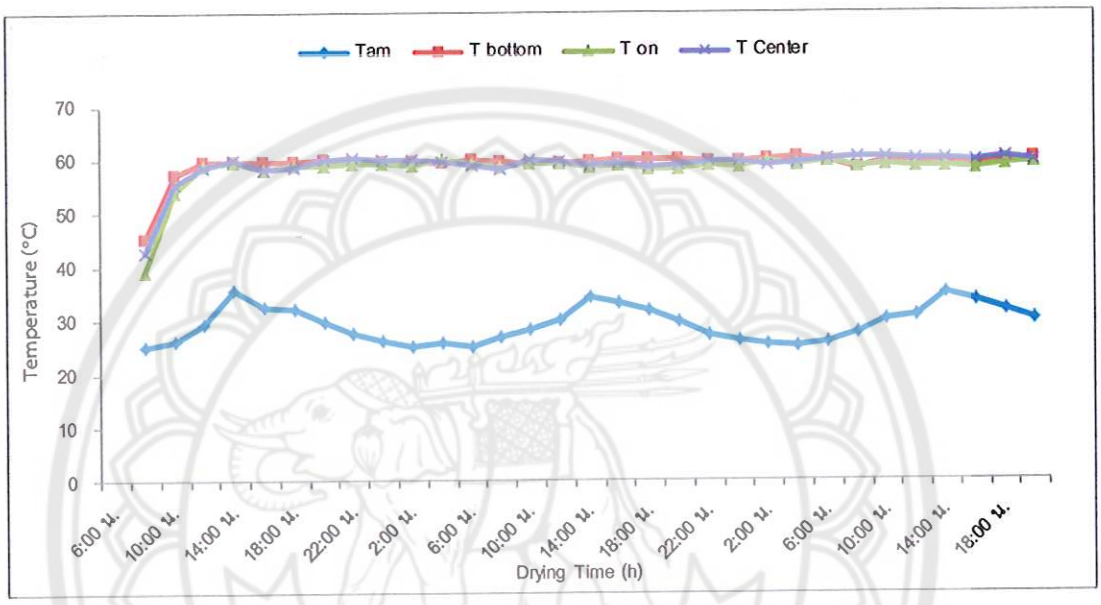
จากกราฟภาพ 20 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพารา พบว่าเมื่อเริ่มการทดลองที่เวลา 6.00 น. มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากับ 25.3 °C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบยางพารา 42.4 °C เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งมีค่าสูงมากขึ้น และจากนั้นอุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งไม่เปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ แต่จะเปลี่ยนแปลงตามการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบเฉลี่ยอยู่ที่ 55 – 60 °C ตลอดการทดลอง 60 h



ภาพ 20 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นและค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

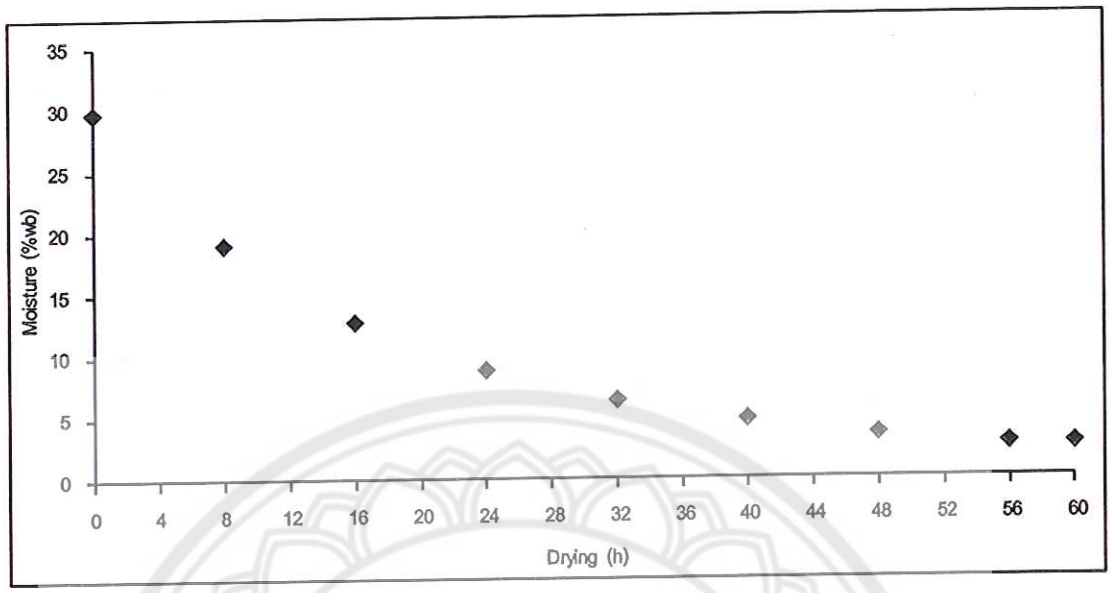
จากกราฟภาพ 21 แสดงอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยพบว่าช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 18.00 น. อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 31.17 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้งมีค่า 57.96 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณตรง

กลางของเครื่องอบแห้งมีค่า 58.66 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านล่างของเครื่องอบแห้งมีค่า 59.03 °C ส่วนในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 6.00 น. อุณหภูมิเฉลี่ยของสิ่งแวดล้อม 26.59 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้งมีค่า 59.28 °C อุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณตรงกลางของเครื่องอบแห้งมีค่า 59.69 °C และอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณด้านล่างของเครื่องอบแห้งมีค่า 59.88 °C



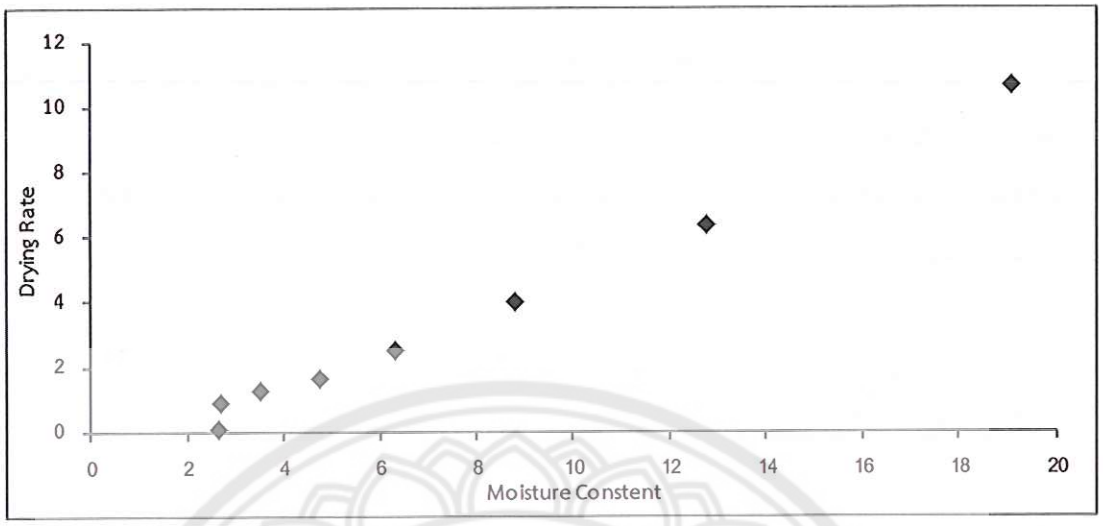
ภาพ 21 อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่น ที่ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่แตกต่างกัน กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

จากภาพ 22 แสดงอัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ทำการทดลองโดยการตากภายในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ซึ่งวิธีการตากในเครื่องอบแห้งมีอัตราส่งนความชื้นภายในแผ่นยางลดลงอย่างรวดเร็ว และใช้เวลาในการอบแห้ง 60 ชั่วโมง



ภาพ 22 อัตราส่วนความชื้นของยางพาราแผ่นที่ตากในเครื่องอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

จากภาพ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้นในการอบแห้งยางพารา ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล จากกราฟจะเห็นว่าอัตราการอบแห้งในช่วงแรกจะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเป็นการระเหยน้ำที่ผิวหน้าของยางพารา หลังจากนั้นอัตราการอบแห้งจะลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจจะเป็นการระเหยน้ำในเนื้อของยางพารา และมีการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากชีวมวล เพราะฉะนั้นอัตราเร็วในการอบแห้งจึงลดลงตามเวลาที่ผ่านไป



ภาพ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้น กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังตาราง 7 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องอบแห้งทั้ง 3 ตำแหน่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยการทดลองใช้เวลาในการอบแห้ง 60 h อุณหภูมิภายในเครื่องอบอยู่ใช่วง 55 – 60 °C ตลอดการทดลอง ในขณะที่อุณหภูมิของอากาศสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วง 25.1 – 31.1 °C ซึ่งจากภาพ 20 และ 21 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งจะไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เพราะว่าอุณหภูมิส่วนใหญ่ภายในเครื่องอบแห้งขึ้นอยู่กับการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล จากกราฟจะเห็นว่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบจะสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมตลอดการทดลอง

ตาราง 7 สรุปข้อมูลการอบแห้งยางพารา กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ เตาเผาชีวมวล

รายการ	กรณีที่ 3
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำสุด (°C)	29.4
เวลาที่อุณหภูมิต่ำสุด (นาฬิกา)	6.00
อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงสุด (°C)	60.3
เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด (นาฬิกา)	20.00
ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (W/m^2)	458.72
ระยะเวลาอบแห้ง (h)	60

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ทั้ง 3 กรณี

เครื่องอบแห้งรมควันยางพารานี้เป็นแบบเรือนกระจกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักและมีเตาเผาชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานเสริม สามารถทำงานได้ถึง 3 เงื่อนไขด้วยกัน คือ 1) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว 2) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กลางวันและพลังงานชีวมวลกลางคืน และ 3) ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ซึ่งทั้ง 3 กรณีนี้จะมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน จากตาราง 8 แสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ตาราง 8 รายละเอียดเปรียบเทียบการใช้พลังงานของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็ก

เงื่อนไขการทดสอบ	การทดลอง		
	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
ข้อมูลวัสดุเกษตร			
น้ำหนักผลผลิตก่อนอบ (g)	1,286	1,258	1,281
น้ำหนักผลผลิตหลังอบ (g)	922	913	924
ความชื้นก่อนอบแห้ง (% wb)	20-30	20-30	20-30
ความชื้นหลังอบแห้ง (% wb)	1-3	1-3	1-3
ข้อมูลอากาศอบแห้ง			
อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	26-50	30-60	55-60
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศสิ่งแวดล้อม (°C)	26.5	28.16	29.09
ข้อมูลเชื้อเพลิง			
การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ (MJ)	127	73	53
การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวล (MJ)	0	880	1,034
การใช้พลังงานไฟฟ้า (MJ)	12	64	86
การใช้พลังงานรวม (MJ)	139	1,017	1,173

ตาราง 8 (ต่อ)

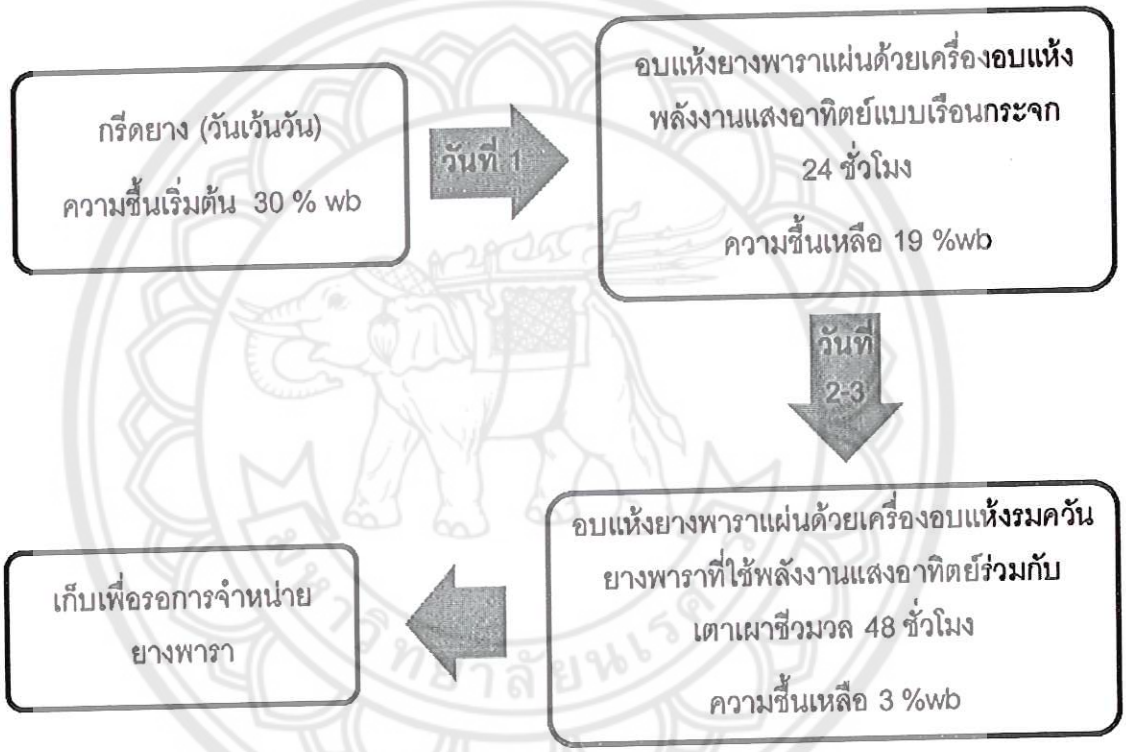
เงื่อนไขการทดสอบ	การทดลอง		
	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
ข้อมูลทั่วไป			
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)	128	84	60
อัตราการใช้พลังงานจำเพาะ ($MJ/kg_{น้ำระเหย}$)	18	145.29	167.57

หมายเหตุ: กรณีที่ 1 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์
กรณีที่ 2 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน
กรณีที่ 3 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน

จากผลการทดลองพบว่า กรณีอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่ในช่วง 55 - 60 °C ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน และใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่น้อยที่สุด 60 h และสำหรับการใช้พลังงานในการอบแห้งยางพาราทั้ง 3 กรณีนั้น กรณีที่อบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวนั้นมีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่น้อยที่สุด แต่จะเห็นว่ากรณีอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งถึง 128 h ซึ่งใช้ระยะเวลาที่นานที่สุดในการอบแห้งทั้ง 3 กรณีสำหรับกรณีการอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล เป็นกรณีที่ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่เร็วที่สุด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการอบแห้งอยู่ที่ 60 h แต่มีค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่มากที่สุด เนื่องจากต้นทุนค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจะเป็นเพียงส่วนหนึ่งในการพิจารณาตัดสินใจของกลุ่มเกษตรกร สำหรับการอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลจะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตในการอบแห้งให้แก่กลุ่มเกษตรกรได้มากขึ้น

จากพฤติกรรมการกรีดยาพาราของเกษตรกรทำการกรีดยางพารา 8 เดือน โดยทำการกรีดยางพาราวันเว้นวัน โดยยางพาราแผ่นจะมีความชื้นเริ่มต้นต่อแผ่นอยู่ที่ 30 %wb แล้วจะทำการอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายอยู่ที่ 3 %wb จากการทดลองสามารถทำการอบแห้งยางพาราให้

สอดคล้องกับผลผลิตและพฤติกรรมการกรีดยางพาราได้ดังนี้ เมื่อเริ่มกรีดยางพาราและผลิตยางพาราแผ่น ความชื้นเริ่มต้นที่ 30 %wb วันที่ 1 ทำการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวแล้วนั้นความชื้นจะลดลงเหลือเพียง 19 %wb วันที่ 2 และ 3 จะทำการอบแห้งยางพาราแผ่นโดยการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลเป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมงก็เหลือความชื้นสุดท้ายประมาณ 3 %wb จากข้อมูลข้างต้นสามารถเขียนแผนภาพการอบแห้งรมควันยางพาราได้ดังภาพ



ภาพ 24 แผนภาพการอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นโดยใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

จากภาพ 24 เกษตรกรควรมีเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกจำนวน 1 เครื่อง และเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลอีก 1 เครื่อง เพื่อให้สามารถอบแห้งรมควันยางพารามีความต่อเนื่องในการผลิตยางพาราแผ่นของเกษตรกรของเกษตรกร

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ถึงระยะเวลาคืนทุน โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณีด้วยกัน คือ 1) การเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์เครื่องอบแห้งรมควันยางพารา 2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตยางก้อนถ้วย ยางแผ่นดิบกับยางแผ่นรมควัน

การเปรียบเทียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ทำการศึกษานี้ จะทำการวิเคราะห์ถึงการใช้เครื่องอบแห้งที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ร้อยละ 7 ต่อปี ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ร้อยละ 5 ต่อปี ราคาค่าไฟฟ้า 2.3488 บาท/kWh คำนวณราคาน้ำยางที่ค่า%DRC ของน้ำยางสดอยู่ที่ 30% ราคาน้ำยางพาราสด 45 บาท/กิโลกรัม อัตราเงินเฟ้อ 2.3% ระยะเวลาชำระเงินให้กับธนาคารเป็นเวลา 3 ปี ไม่คำนวณค่าแรงในการผลิตยางเนื่องจากเป็นเครื่องอบแห้งขนาดเล็กที่สามารถทำกันเองได้ภายในครัวเรือน และไม่มีการคำนวณเชื้อเพลิงเพราะใช้เชื้อเพลิงที่หาได้ตามส่วนยางพาราของเกษตรกร โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 กรณีด้วยกันคือ กรณีที่ 1 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์กรณีที่ 2 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน กรณีที่ 3 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวันและกรณีที่ 4 กรณีใช้เครื่องอบแห้ง 2 เครื่อง โดยทำการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 1วัน และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล 2 วัน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีที่ 1 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว มีเงื่อนไขในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้งรวม 20,000 บาท
2. ใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ 128 ชั่วโมง
3. ทำการอบแห้งปีละ 40 ครั้ง
4. ราคายางแผ่นดิบ 46 บาท/กิโลกรัม
5. ใช้น้ำยางพาราสดปีละ 2,162 กิโลกรัม
6. ใช้ไฟฟ้า 128 kWh/ปี

จากเงื่อนไขที่กำหนด สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตยางแผ่นได้ว่าเงินลงทุนทั้งหมดตลอดอายุโครงการมีมูลค่าเท่ากับ 431,100 บาท โดยจะแบ่งค่าใช้จ่ายออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ในส่วนของต้นทุนคงที่จะมีเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ มูลค่า 10,000 บาท และสำหรับในส่วนของต้นทุนแปรผันซึ่งต้องชำระทุกปี ได้แก่ ค่าน้ำยางพารา ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุง แต่สำหรับดอกเบี้ยเงินกู้จะชำระภายใน 3 ปี และจะมีในส่วนของแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่จะทำการเปลี่ยนทุกๆ 5 ปี มีมูลค่า 10,000 บาท/ปี และเมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนรายปีมีมูลค่าเท่ากับ 40,336 บาทต่อปี ซึ่งจากการคำนวณ พบว่า ระยะเวลาคืนทุนในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 10 ปี 8 เดือน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีที่ 2 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน ในกรณีจะมีการนำเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งก็คือเศษไม้ยางพาราขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 นิ้ว ยาว 50 cm มาใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งทางผู้วิจัยไม่ได้นำค่าเชื้อเพลิงมาวิเคราะห์เพราะเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถหาได้เองตามสวนยางพาราของเกษตรกร ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีเงื่อนไข ดังนี้

1. ต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้งรวม 20,000 บาท
2. เตาเผาชีวมวล 15,000 บาท
3. ใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ 84 ชั่วโมง
4. ทำการอบแห้งปีละ 80 ครั้ง
5. ราคายางแผ่นรมควัน 51 บาท/กิโลกรัม
6. ใช้น้ำยางพาราสดปีละ 3,240 กิโลกรัม
7. ใช้ไฟฟ้า 1,080 kWh/ปี

จากเงื่อนไขที่กำหนด สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตยางแผ่น ได้ว่าเงินลงทุนตลอดอายุโครงการ 20 ปี เท่ากับ 874,658 บาท สำหรับในกรณีที่ 2 นี้จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของแหล่งพลังงานความร้อนเสริมมูลค่า 15,000 บาท และจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเข้ามาในส่วนของ Blower ที่ต้องทำการเปลี่ยนทุก 10 ปี มูลค่า 3,500 บาท/ปี แต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนรายปี มีมูลค่าเท่ากับ 67,081 บาทต่อปี ซึ่งจากการคำนวณพบว่าระยะเวลาคืนทุนในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 10 ปี 1 เดือน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีที่ 3 ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน จะมีระยะเวลาการอบแห้งที่เร็วที่สุด และได้ผลผลิตยางแผ่นที่มีคุณภาพดี ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลมีเงื่อนไข ดังนี้

1. ต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้งรวม 20,000 บาท
2. เตาเผาชีวมวล 15,000 บาท
3. ใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ 60 ชั่วโมง
4. ทำการอบแห้งปีละ 80 ครั้ง
5. ราคายางแผ่นรมควัน 51 บาท/กิโลกรัม
6. ใช้น้ำยางพาราสดปีละ 4,320 กิโลกรัม
7. ใช้ไฟฟ้า 1,920 kWh/ปี

จากเงื่อนไขที่กำหนด สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตยางแผ่น ได้ว่าเงินลงทุนตลอดทั้งโครงการ 20 ปี คือ 889,780 บาท สำหรับกรณีนี้จะมีค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมา เนื่องจากมีการใช้ Blower ในการเป่าลมร้อนจากเตาเผาเข้าสู่เครื่องอบแห้งตลอดเวลา แต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนรายปี มีมูลค่า 89,441 บาทต่อปี จากการคำนวณพบว่าระยะเวลาคืนทุนในกรณีที่ใช้ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 9 ปี 11 เดือน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์กรณีที่ 4 ใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล 2 เครื่อง โดยจะมีในส่วนของเครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวมูลค่า 20,000 บาท 1 เครื่องและเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล 1 เครื่อง มูลค่า 15,000 บาท เนื่องจากพฤติกรรมการกรีดยางพาราของเกษตรกรมีผลให้เครื่องอบแห้งรมควันเพียงเครื่องเดียวไม่เพียงพอกับการใช้งาน ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องก็จะแสดงดังภาพ 24 ซึ่งผลผลิตที่ได้ยางพาราแผ่นมีคุณภาพดี และมีปริมาณผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ลดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลมีเงื่อนไขดังนี้

1. ต้นทุนการสร้างเครื่องอบแห้ง 2 เครื่อง รวม 40,000 บาท
2. เตาเผาชีวมวล 15,000 บาท
3. ใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ 72 ชั่วโมง
4. ทำการอบแห้งปีละ 120 ครั้ง
5. ราคายางแผ่นรมควัน 51 บาท/กิโลกรัม
6. ใช้น้ำยางพาราสดปีละ 6,480 กิโลกรัม
7. ใช้ไฟฟ้า 2,328 kWh/ปี

จากเงื่อนไขที่กำหนด สามารถคำนวณต้นทุนการผลิตยางแผ่น ได้ว่าเงินลงทุนตลอดทั้งโครงการ 20 ปี คือ 1,329,380 บาท สำหรับกรณีนี้มีปริมาณค่าไฟฟ้าที่ลดลงขึ้นมา เนื่องจากมีการใช้การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวใน 1 วันแรก แต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนรายปี มีมูลค่า 134,162 บาทต่อปี จากการคำนวณพบว่าระยะเวลาคืนทุนในกรณีที่ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 2 เครื่อง อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 1 วันและใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล 2 วัน จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 9 ปี 11 เดือน

จากการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ข้างต้นสามารถสรุปเงื่อนไขในการวิเคราะห์ได้ดังตาราง

ตาราง 9 รายละเอียดเงื่อนไขในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งยางพารา

เงื่อนไขในการวิเคราะห์	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล			
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งยางพารา (บาท)				
- ตัวโรงเรือน	20,000	20,000	20,000	40,000
- แหล่งพลังงานความร้อนเสริม	0	15,000	15,000	15,000
อายุการใช้งาน (ปี)	20	20	20	20
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ (ร้อยละต่อปีของราคาเครื่องอบแห้ง)	5	5	5	5
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้*(ร้อยละต่อปี)	7	7	7	7
ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ** (บาท)	46	51	51	51
ราคาน้ำยางสด (บาท)	45	45	45	45
ราคายางก้อนถ้วย (บาท)	20	20	20	20
อัตราค่าไฟฟ้าของบ้านพักที่อยู่อาศัย***	2.3488	2.3488	2.3488	2.3488

ตาราง 9 (ต่อ)

เงื่อนไขในการวิเคราะห์	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล			
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าของระบบทั้งหมด (kwh/ครั้ง)	3	18	24	19
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวล (กก./ครั้ง)	0	63	74	60
เครื่องอบแห้งที่ออกแบบมีปริมาณยางพารา (กก./ครั้ง)	18	18	18	18
ระยะเวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมงต่อครั้ง)	128	84	60	72
ใน 1 ปีกรีดยางได้	8 เดือน	8 เดือน	8 เดือน	8 เดือน
สามารถอบยางพาราได้ (ครั้งต่อปี)	40	60	80	120

หมายเหตุ: * ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ 1 ตุลาคม 2558

** ราคายางพารากลุ่มเกษตรกรชาวสวนยางพาราพิจิตร 1 ตุลาคม 2558

*** การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 1 ตุลาคม 2558

กรณีที่ 1 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์

กรณีที่ 2 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน

กรณีที่ 3 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน

กรณีที่ 4 กรณีใช้เครื่องอบแห้ง 2 เครื่อง อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 1 วัน และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล 2 วัน

ตาราง 10 รายการประเมินค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลและระยะเวลาคืนทุนตลอดระยะโครงการ

ค่าใช้จ่าย	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3	กรณีที่ 4
เงินลงทุนเบื้องต้น				
- ราคาเครื่องอบแห้งยางพารา (บาท)	20,000	35,000	35,000	55,000
ค่าใช้จ่ายการอบแห้ง				
- ค่าบำรุงรักษาเครื่อง (บาท)	25,037	43,814	43,814	68,851
- ค่าไฟฟ้า (บาท)	7,700	64,971	115,504	140,078
- ราคาน้ำยางพารา (บาท)	746,859	1,120,289	1,493,718	2,240,577
- ดอกเบี้ยที่ต้องชำระ(บาท)	2,843	4,976	4,976	7,819
รวมต้นทุนมูลค่าปัจจุบัน (บาท)	431,100	676,209	889,780	1,329,380
ผลตอบแทนจากการจำหน่ายยางพาราอบแห้ง				
- จำนวนยางพาราที่อบแห้งได้ (กก./ปี)	720	1,080	1,440	2,160
- ราคาจำหน่ายยางพาราแผ่นอบแห้ง (บาทต่อปี)	40,336	67,081	89,441	134,162
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	10.69	10.08	9.95	9.91

หมายเหตุ: คิดอัตราเงินเฟ้อที่ 2.3%

กรณีที่ 1 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์

กรณีที่ 2 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน

กรณีที่ 3 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน

กรณีที่ 4 คือ กรณีใช้เครื่องอบแห้ง 2 เครื่อง อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ 1 วัน และใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวล 2 วัน

จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การอบยางพาราแผ่น พบว่า ในทุกกรณีจะมีค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งยางพารา 20,000 บาท แต่สำหรับกรณีที่ 2 และ 3 จะมีค่าใช้จ่ายของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มเข้ามาอยู่ที่ 15,000 บาท โดยทำการประเมินที่กรณีที่กู้เงินมาลงทุนจาก

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร โดยมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ7 บาทต่อปี อายุการใช้งานของเครื่อง 20 ปี ทำการออกแบบเครื่องอบแห้งยางพาราให้สามารถอบแห้งยางพาราได้จำนวน 18 กิโลกรัมต่อครั้ง จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตาราง 10 พบว่ากรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งยางพารามีเงินลงทุนทั้งหมด 431,100 บาท มีผลตอบแทนจากการขายยางพาราอบแห้งทั้งหมดเท่ากับ 40,336 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 10.69 ปี กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืนมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งยางพาราทั้งหมด 676,209 บาท มีผลตอบแทนจากการขายยางพาราอบแห้งทั้งหมดเท่ากับ 67,081 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 10.08 ปี กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน ค่าใช้จ่ายเงินลงทุนทั้งหมดในการอบแห้งยางพาราทั้งหมด 889,780 บาท มีผลตอบแทนจากการขายยางพาราอบแห้งทั้งหมดเท่ากับ 89,441 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 9.95 ปี และสำหรับกรณีสุดท้ายคือ กรณีที่มีเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา 2 เครื่องในกรณีนี้จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกเพิ่มเข้ามา ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดมีค่า 1,329,380 บาทแต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนจากการจำหน่ายยางพาราแผ่นอบแห้งรมควันมีมูลค่า 134,162 บาทต่อปี ซึ่งจะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 9.91 ปี เท่ากับกรณีที่ 3 แต่ถ้าหากเมื่อพิจารณาถึงราคาของยางแผ่นรมควันมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นมีผลให้ระยะเวลาในการคืนทุนที่เร็วขึ้น และอีกทั้งยังช่วยในเรื่องของการประหยัดเชื้อเพลิงชีวมวล

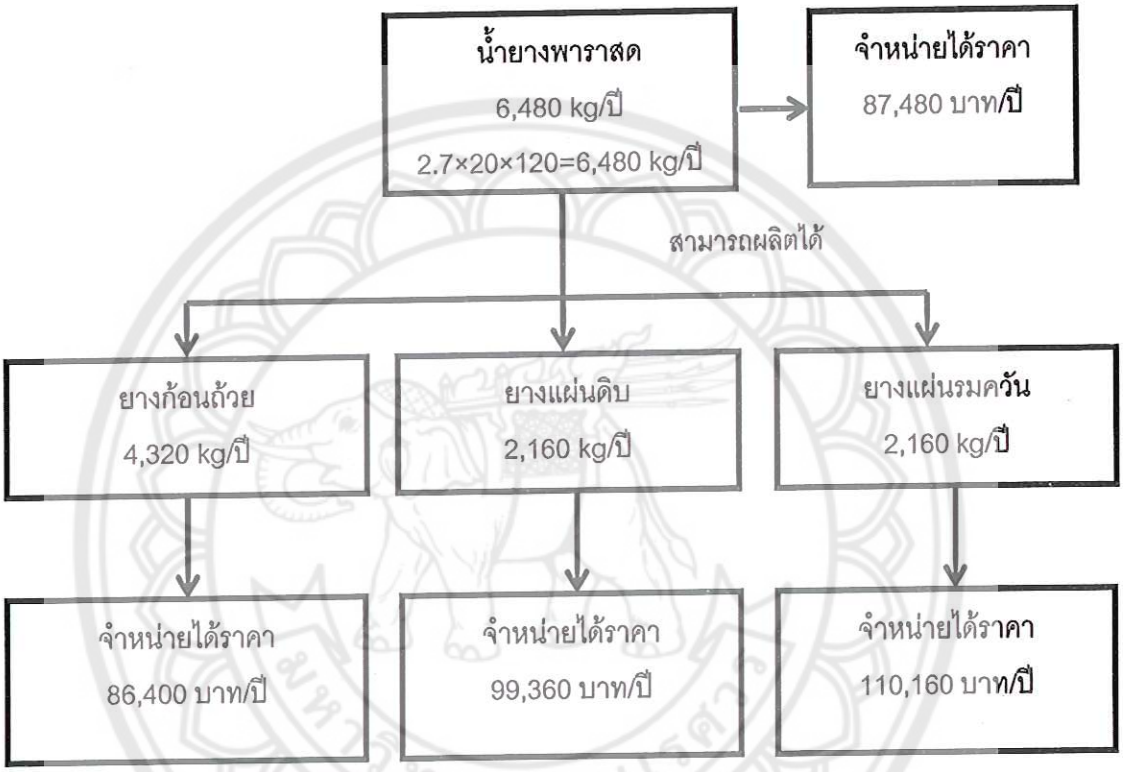
การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตยางก้อนถ้วยของเกษตรกร ยางแผ่นรมควัน และยางแผ่นดิบ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตยางพาราแบบดั้งเดิมของเกษตรกับการผลิตด้วยเครื่องอบแห้งรมควันที่ได้สร้างขึ้นนี้มีเงื่อนไขในการวิเคราะห์ ดังนี้

ตาราง 11 เงื่อนไขผลผลิตของเกษตรกร

เงื่อนไข	ขอบเขต
น้ำยางพารา (กิโลกรัม/ไร่)	2.7
น้ำยางสด 3 กิโลกรัมผลิตยางก้อนถ้วยได้ (กิโลกรัม)	2
% DRC น้ำยางสด	30
น้ำยางสด 3 กิโลกรัมได้ยางพาราแผ่น (กิโลกรัม)	1
ค่าใช้จ่ายการทำแผ่นยาง* (บาท/กิโลกรัม)	3.20
1 ปีสามารถกรีดยางได้ (วัน)	120

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่ปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ น้ำยางสด 3 กิโลกรัม สามารถผลิตยางก้อนถ้วยได้ 2 กิโลกรัม ยางแผ่นดิบหรือยางแผ่นรมควันได้ 1 กิโลกรัม และจากตาราง 11 สามารถวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบผลผลิตยางก้อนถ้วย ยางแผ่นดิบของเกษตรกรและยางแผ่นรมควันจากเครื่องอบแห้งรมควันได้ ดังนี้



ภาพ 25 การเปรียบเทียบวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การผลิตยางของเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งรมควัน

โดยปกติเกษตรกรมีผลิตน้ำยางประมาณ 2.7 กิโลกรัม/ไร่/วัน 1 ปี เกษตรกรกรีดยางพารา 120 วัน ดังนั้นเกษตรกรที่มีพื้นที่การปลูกยางพารา 20 ไร่ มีปริมาณน้ำยางสดที่สามารถกรีดได้คือ 6,480 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งเกษตรกรจะไม่นิยมจำหน่ายในรูปของน้ำยางสดเนื่องจากประสบกับปัญหาในการเก็บรักษาน้ำยางสดไว้เพื่อรอการจำหน่าย สาเหตุจากน้ำยางสดจากต้นยาง จะคงสภาพเป็นของเหลวอยู่ได้ไม่เกิน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะเริ่มจับตัวเป็นเม็ดพริก เรียกว่าน้ำยางบูด อันเนื่องจากจุลินทรีย์ในอากาศเข้าปะปนในน้ำยาง เกิดความเป็นกรด เป็นเหตุให้น้ำยางเสียสภาพก่อนนำไปแปรรูป

โดยเกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่จะนิยมผลิตยางพาราจำหน่ายในรูปของยางก้อนถ้วยซึ่งใน 1 ปีสามารถผลิตได้น้ำหนักประมาณ 4,320 kg/ปี ซึ่งเทียบเท่ากับน้ำยางสด 6,480 kg/ปี ผลตอบแทนที่ได้จากการจำหน่ายยางก้อนถ้วยมีมูลค่า 86,400 บาท/ปี เปรียบเทียบผลตอบแทนที่ได้จากการจำหน่ายผลผลิตในรูปของยางก้อนถ้วย ยางแผ่นดิบ และยางแผ่นรมควันแสดงดังภาพ 25 เกษตรกรผู้ปลูกยางลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราและจำหน่ายผลผลิตในรูปของยางแผ่นรมควันทดแทนยางก้อนถ้วย ได้ทำการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องอบแห้งรมควันในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลโดยคำนวณภายใต้สมมุติฐานดังนี้

1. มีค่าใช้จ่ายในการจัดทำยางแผ่น 3.2 บาท/กิโลกรัม
2. ใช้ไฟฟ้า 2,866 kWh/ปี
3. ราคาค่าไฟฟ้า 2.3448 บาท/kWh
4. เครื่องอบแห้งรมควันสามารถใช้งานได้ 20 ปี
5. ใช้เวลาในการอบแห้งครั้งละ 60 ชั่วโมง
6. ทำการอบแห้งปีละ 120 ครั้ง
7. ราคาเครื่องอบแห้งรมควัน 35,000 บาท
8. อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 7 ต่อปี
9. อัตราเงินเฟ้อ 2.3 %
10. ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง 5% ต่อปี

จากเงื่อนไขที่กล่าวข้างต้น สามารถวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการผลิตยางพาราของเกษตรกรได้

ตาราง 12 เปรียบเทียบจุดคุ้มทุนของการผลิตยางของเกษตรกรกับเครื่องอบแห้งรมควัน

รายการ	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ลงทุน (บาท)	255,169	154,751
- ค่าจัดทำยางแผ่น	177,033	-
- ค่าไฟฟ้า	172,414	172,414
- ดอกเบี้ยที่ต้องชำระ	4,976	4,976
ผลผลิต (กก./ปี)	4,320	2,160
ราคาจำหน่าย (บาท/กก)	20	46

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการ	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
รายได้ในการจำหน่ายยางของเกษตรกร(บาท/ปี)	86,400	99,360
รายได้ในการจำหน่าย	110,160	110,160
ส่วนต่างของราคาจำหน่าย	23,760	10,800
ระยะเวลาคืนทุน	8.9	7.9

หมายเหตุ: กรณีที่ 1 เกษตรกรจำหน่ายในรูปยางก้อนถ้วยเปลี่ยนมาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน
กรณีที่ 2 เกษตรกรจำหน่ายในรูปแผ่นดิบเปลี่ยนมาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน

ดังนั้น สำหรับในกรณีที่เกษตรกรที่จำหน่ายยางพาราในรูปของยางก้อนถ้วย มีมูลค่าของการจำหน่ายอยู่ที่ 86,400 บาท/ปี แต่ถ้าหากเกษตรกรเปลี่ยนมาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน เกษตรกรจะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนคง ได้แก่ เครื่องอบแห้งยางพารามูลค่า 20,000 บาท และแหล่งพลังงานความร้อนเสริมมูลค่า 15,000 บาท สำหรับในส่วนของต้นทุนแปรผัน ได้แก่ ค่าผลิตยางแผ่นกิโลกรัมละ 3.2 บาท ค่าไฟฟ้า 6,732 บาท/ปี ค่าซ่อมบำรุง 1,750 บาท/ปี ค่าดอกเบี้ยเงินกู้ 4,976 บาท และค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่ต้องทำการเปลี่ยนทุก 5 ปีๆ ละ 10,000บาท และค่า Blower เปลี่ยนทุก 10 ปีๆ ละ 3,500 บาท เพราะฉะนั้นเงินลงทุนตลอดอายุโครงการมีมูลค่า 255,169 บาท เมื่อพิจาณาถึงรายได้ในการจำหน่ายยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 110,160 บาท/ปี และสำหรับส่วนต่างของราคาจำหน่ายยางก้อนถ้วยกับยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 23,760 บาท/ปี เมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของเกษตรกรที่เปลี่ยนการจำหน่ายยางจากยางก้อนถ้วยมาเป็นยางแผ่นรมควันมีระยะเวลาอยู่ที่ 8 ปี 9 เดือน

สำหรับในกรณีที่เกษตรกรจำหน่ายยางพาราในรูปของยางแผ่นดิบ โดยจะมีมูลค่าอยู่ที่ 99,360 บาท/ปี แต่ถ้าหากเกษตรกรเปลี่ยนมาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน เกษตรกรจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลงเนื่องจากเกษตรกรผลิตยางแผ่นอยู่แล้วซึ่งมูลค่าการลงทุนตลอดอายุโครงการอยู่ที่ 154,751 บาท และเมื่อพิจารณาถึงรายได้ในการจำหน่ายยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 110,160 บาท/ปี สำหรับส่วนต่างของราคาจำหน่ายอยู่ที่ 10,800 บาท/ปี เมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนจะมีระยะเวลา 7 ปี 9 เดือน

ดังนั้น การผลิตยางแผ่นค่าใช้จ่ายรวมตลอดระยะเวลาโครงการ 20 ปีเมื่อนำมาพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของเครื่องสำหรับกรณีที่เกษตรกรจำหน่ายยางในรูปยางแผ่นดิบ จะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 7 ปี 9 เดือน สำหรับในกรณีที่เกษตรกรที่จำหน่ายในรูปยางก้อนถ้วย มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 8 ปี 9 ก็สามารถคืนทุนให้กับเกษตรกรได้แล้ว การลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราขนาดเล็ก เป็นเครื่องที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตยางแผ่นรมควันให้มีคุณภาพดีและอีกทั้งในการผลิตยางแผ่นรมควันนี้เกษตรกรยังสามารถเก็บยางแผ่นรมควันไว้จำหน่ายในช่วงที่มีราคาดี ผิดไปกับยางก้อนถ้วยที่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานจึงทำให้ไม่มีสิทธิการต่อรองเรื่องราคาในการจำหน่าย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผล

จากการออกแบบเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล และวิเคราะห์ข้อมูลยางพาราแผ่นที่ได้จากการอบแห้งจากเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลจากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

1.1 ขนาดภายในของเครื่องอบยางพารา 2.5 × 2.5 × 2.5 m^3 ภายในเครื่องอบมีราวตากยาง สามารถตากยางพาราได้ 20-30 แผ่น

1.2 พื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ 2.5× 2.5 m^2

1.3 ขนาดของเตาเผาชีวมวล 0.75 × 0.80 × 0.80 m^3

1.4 ขนาดของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 2.5 m^2

2. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง

จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งยางพาราขนาดเล็ก ทั้ง 3 กรณี จะเห็นว่ากรณีอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว อุณหภูมิภายในของเครื่องอบยางพาราจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ใช้เวลาในการอบยางพารา 128 h ส่วนในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและจุดเตาเพิ่มอุณหภูมิในตอนกลางคืน อุณหภูมิภายในของเครื่องอบยางพาราจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางวัน ใช้เวลาในการอบแห้ง 84 h สำหรับกลางคืนอุณหภูมิภายในของเครื่องอบยางพาราจะขึ้นอยู่กับการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล สำหรับกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลอุณหภูมิภายในของเครื่องอบยางพาราจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมแต่จะขึ้นอยู่กับการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล ในกรณีนี้จะควบคุมอุณหภูมิภายในของเครื่องอบยางได้ค่อนข้างคงที่ตลอดการอบยาง ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งยางพาราที่ 60 h

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพยางพาราที่ได้จากเครื่องอบแห้งโรงอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลที่ทำการออกแบบ กับเครื่องอบแห้งของกลุ่มเกษตรกร กับพบว่าคุณภาพของยางพาราที่ได้จากการทดลองทั้ง 4 กรณี อยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด

4. จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยรวมเพื่อประเมินคุณภาพของยางพาราแผ่น

สำหรับการผลิตยางพาราอบแห้งที่มีคุณภาพ โดยพิจารณาจากคุณภาพของยางพาราหลังการอบแห้งพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งและเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง พบว่ากรณีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว มีต้นทุนด้านพลังงานต่ำที่สุด แต่ใช้เวลาในการอบแห้ง 128 ชั่วโมง สำหรับกรณีที่พลังงานเสริมตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน แต่ใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 60 ชั่วโมง สามารถช่วยลดระยะเวลาของเกษตรกรในการอบแห้งได้ดี

5. จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การอบแห้งยางพารา

โดยประเมินกรณีที่กู้เงินมาลงทุนที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ 7 บาทต่อปี อายุการใช้งาน 20 ปี ทำการอบแห้งรมควันยางพาราได้ยางพาราแผ่นแห้งจำนวน 18 กิโลกรัมต่อครั้ง พบว่ากรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว มีระยะเวลาคืนทุน 10.69 ปี กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์และใช้พลังงานชีวมวลเสริมช่วงเวลากลางคืน มีระยะเวลาคืนทุน 10.08 ปี กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลเสริมตลอดทั้งวัน มีระยะเวลาคืนทุน 9.95 ปีและกรณีที่ใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราจำนวน 2 เครื่อง มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 9.91 ปี

6. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการผลิตยางก้อนถ้วยของเกษตรกร ยางแผ่นรมควัน และยางแผ่นดิบ

สำหรับในกรณีที่เกษตรกรที่จำหน่ายยางพาราในรูปของยางก้อนถ้วย มีมูลค่าของการจำหน่ายอยู่ที่ 86,400 บาท/ปี และมีเงินลงทุนตลอดอายุโครงการมีมูลค่า 255,169 บาท เมื่อพิจาณาถึงรายได้ในการจำหน่ายยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 110,160 บาท/ปี และสำหรับส่วนต่างของราคาจำหน่ายยางก้อนถ้วยกับยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 23,760 บาท/ปี เมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของเกษตรกรที่เปลี่ยนการจำหน่ายยางจากยางก้อนถ้วยมาเป็นยางแผ่นรมควันมีระยะเวลาอยู่ที่ 8 ปี 9 เดือน

สำหรับในกรณีที่เกษตรกรจำหน่ายยางพาราในรูปของยางแผ่นดิบ โดยจะมีมูลค่าอยู่ที่ 99,360 บาท/ปี แต่ถ้าหากเกษตรกรเปลี่ยนมาผลิตเป็นยางแผ่นรมควัน เกษตรกรจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลงเนื่องจากเกษตรกรผลิตยางแผ่นอยู่แล้วซึ่งมูลค่าการลงทุนตลอดอายุโครงการอยู่ที่ 154,751 บาท และเมื่อพิจารณาถึงรายได้ในการจำหน่ายยางแผ่นรมควันมีมูลค่า 110,160 บาท/ปี สำหรับส่วนต่างของราคาจำหน่ายอยู่ที่ 10,800 บาท/ปี เมื่อพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนจะมีระยะเวลา 7 ปี 9 เดือน

ดังนั้น การผลิตยางแผ่นค่าใช้จ่ายรวมตลอดระยะเวลาโครงการ 20 ปีเมื่อนำมาพิจารณาถึงจุดคุ้มทุนของเครื่องสำหรับกรณีที่เกษตรกรจำหน่ายยางในรูปยางแผ่นดิบ จะมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 7 ปี 9 เดือน สำหรับในกรณีที่เกษตรกรที่จำหน่ายในรูปยางก้อนถ้วยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 8 ปี 9 ก็สามารถคืนทุนให้กับเกษตรกรได้แล้ว การลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราขนาดเล็ก เป็นเครื่องที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถผลิตยางแผ่นรมควันให้มีคุณภาพดีและอีกทั้งในการผลิตยางแผ่นรมควันนี้เกษตรกรยังสามารถเก็บยางแผ่นรมควันไว้จำหน่ายในช่วงที่มีราคาดี ผิดไปกับยางก้อนถ้วยที่ไม่สามารถเก็บไว้ได้นานจึงทำให้ไม่มีสิทธิการต่อรองเรื่องราคาในการจำหน่าย

ข้อเสนอแนะ

กระบวนการผลิตยางพาราแผ่น เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการผลิตยางพาราแผ่นชั้นดี ฉะนั้นจะต้องควบคุมกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอย่างรัดกุม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

[1] สยาม แซ่แฮ่. (2553). **การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวมวล.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[2] การผลิตยางแผ่นดิบคุณภาพดี. (2550). **เอกสารทางวิชาการฉบับปรับปรุง 2550.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[3] สุรศักดิ์ สุทธิสงค์. (2528). **การผลิตยางแผ่นผึ่งแห้ง.** สงขลา: กลุ่มอุตสาหกรรมยางดิบและทดสอบ ศูนย์วิจัยยาง.

[4] จงจิตร์ หิรัญลาภ. (2547). **กระบวนการพลังงานรังสีอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน.** กรุงเทพฯ: ดวงกลม.

[5] ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2547). **หน่วยวิจัยระบบทางอุณหภาพ.** เชียงใหม่: สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] จรวย บุญยุบล. (2529). **พลังงาน.** กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยและอบรมพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[7] วิรุฬห์ ตัณฑะพานิชกุล. (2548). **เทคโนโลยีอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[8] วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชย์กุล. (2529). **อุปกรณ์การอบแห้งในอุตสาหกรรม** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[9] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2535). **การอบแห้งเมล็ดธัญพืช.** กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[10] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** กรุงเทพฯ: คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[11] ณัฐวุฒิ ดุษฎี. (2546). **การอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตรกรด้วยพลังงานทดแทน.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[12] ธีระพงษ์ ภาระบุญ. (2538). **การอบแห้งเนื้อวัวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากก๊าซชีวมวล.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[13] สุนทร สิงหจารุ. (2547). **การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับการดึงกลับความร้อนทิ้งจากหม้อน้ำเชื้อเพลิงถ่านหิน.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[14] Thuesen, G.J. and Fabrycky, W.J. (1993). **Engineering economy.** New Jersey: Prentice-Hell.

[15] นิพนธ์ บรรจงกิจ. (2536). **ประสิทธิภาพของโรงอบยางแสงอาทิตย์หลังคาสองชั้น.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[16] สุรจิตร์ พระเมือง. (2552). **โรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดเรือนกระจก.** เลย: ภาควิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

[17] ปลวัชร หวังยศ. (2555). **การพัฒนาโรงเรือนอบแห้งยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์.** วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

[18] ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล. (2551). **โรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์.** สืบค้นเมื่อ 4 มกราคม 2552, จาก http://www.live-rubber.com/para-rubber-articles/51-para-rubber/200-2008-12-31-16-03-06

[19] พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น ศิริชัย เทพา และพิชัย นามประกาย. (31 สิงหาคม 2550). เปรียบเทียบการอบแห้งแผ่นด้วยการรมควันและอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. ใน **การประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ ครั้งที่ 1.** กรุงเทพฯ: โรงแรมเดอะทวินทาวเวอร์.

[20] พิพัฒน์ อมตฉายา. (2554). **การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งยางพาราโดยอาศัยความร้อนจากตัวรับรังสีและจากแหล่งอื่น.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา.

[21] ซุลกิพลี กาซอ, พรศักดิ์ สมประสงค์, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ภารพนา บัวเพชร์ และธนวัฒน์ชัย เทพนวล. (25-26 กันยายน 2551). ศึกษาอุณหภูมิภายในโรงอบยางรมควัน. ใน **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 18.** สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[22] กัน ผาสุก. (2552). **การพัฒนาโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[23] ธนวัฒน์ชัย เทพนวล, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ซุลกิพลี กาซอ, พรศักดิ์ สมประสงค์ และภารพนา บัวเพชร์. (2553). การใช้พลังงานของโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**, 12(3), 119-128.

[24] สยาม แซ่แฮ่. (2553). **การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวมวล.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[25] ปรีดิ์เปรม ทัศนกุล. (2554). โรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผา. **วารสารยางพารา**, 32(2), 12-16.

[26] ทนงศักดิ์ ลาโพธิ์, อนุพงศ์ เอกผล, ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. (10-11 พฤศจิกายน 2554). การพัฒนาระบบอบแห้งสาหรับยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยลมร้อนและพลังงานแสงอาทิตย์. ใน **การประชุมวิชาการนานาชาติวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่** 21. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[27] เถลิงราช นิลเชื้อวงศ์, อนุพงศ์ เอกผล, ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. (2555). การอบแห้งยางแผ่นผึ่งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สาหรับวิสาหกิจและกลุ่มเกษตรกรสวนยางพาราขนาดย่อม. **วารสารวิทยาศาสตร์บรูพา**, 17(2), 50-59.

[28] **การยางแห่งประเทศไทย.** (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อ 31 ตุลาคม 2558, จาก http://www.rubbernongkhai.com

ภาคผนวก

ตาราง 13 รายละเอียดต้นทุนการทำยางแผ่นดิบในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

ปี	รายการ							
	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนแปรผัน					รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่าดอกเบี้ย		
0	10,000				10,000		20,000	20,000
1		29,831	308	1,000		1,400	32,538	20,000
2		30,517	315	1,023		955	32,809	30,410
3		31,219	322	1,047		488	33,075	28,657
4		31,937	329	1,071			33,337	26,999
5		32,671	337	1,095	10,000		44,103	25,432
6		33,423	345	1,120			34,888	31,445
7		34,191	353	1,146			35,690	23,247
8		34,978	361	1,173			36,511	22,226
9		35,782	369	1,200			37,351	21,250
10		36,605	377	1,227	10,000		48,210	20,316
11		37,447	386	1,255			39,089	24,507

ตาราง 13 (ต่อ)

ปี	รายการ							
	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนแปรผัน						
	เครื่องอบแห้ง	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่าดอกเบี้ย	รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
12		38,308	395	1,284			39,988	18,571
13		39,190	404	1,314			40,907	17,755
14		40,091	413	1,344			41,848	16,975
15		41,013	423	1,375	10,000		52,811	16,229
16		41,956	433	1,406			43,795	19,141
17		42,921	443	1,439			44,803	14,835
18		43,909	453	1,472			45,833	14,183
19		44,918	463	1,506			46,887	13,560
20		45,952	474	1,540			47,966	12,965
รวม	10,000	746,859	7,700	25,037	40,000	2,843	832,439	431,100

ตาราง 14 รายละเอียดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน

ปี	รายการ									
	ต้นทุนคงที่		ต้นทุนแปรผัน						รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	เตาเผาชีวมวล	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่า Blower	ค่าดอกเบี้ย		
0	10,000	11,500				10,000	3,500		35,000	35,000
1			44,746	2,595	1,750			2,450	51,541	48,169
2			45,775	2,655	1,790			1,671	51,891	45,324
3			46,828	2,716	1,831			855	52,230	42,635
4			47,905	2,778	1,874				52,557	40,095
5			49,007	2,842	1,917	10,000			63,766	45,464
6			50,134	2,908	1,961				55,002	36,650
7			51,287	2,974	2,006				56,267	35,040
8			52,467	3,043	2,052				57,561	33,501
9			53,673	3,113	2,099				58,885	32,030
10			44,746	2,595	2,147	10,000	3,500		73,740	37,486

ตาราง 14 (ต่อ)

ปี	รายการ									
	ต้นทุนคงที่		ต้นทุนแปรผัน						รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	เตาเผาชีวมวล	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่า Blower	ค่าดอกเบี้ย		
11			45,775	2,655	2,197				61,625	29,278
12			57,463	3,333	2,247				63,043	27,992
13			58,784	3,409	2,299				64,493	26,762
14			60,136	3,488	2,352				65,976	25,587
15			61,520	3,568	2,406	10,000			77,493	28,087
16			62,935	3,650	2,461				69,046	23,388
17			64,382	3,734	2,518				70,634	22,361
18			65,863	3,820	2,576				72,258	21,379
19			67,378	3,908	2,635				73,920	20,440
20			68,927	3,997	2,696				75,620	19,542
รวม	10,000	11,500	1,120,288.61	64,971.21	43,814	40,000	7,000	4,976	1,302,549	676,209

ตาราง 15 รายละเอียดต้นทุนการทำยางแผ่นรมควันในกรณีที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน

ปี	รายการ									
	ต้นทุนคงที่		ต้นทุนแปรผัน						รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	เตาเผาชีวมวล	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่า Blower	ค่าดอกเบี้ย		
0	10,000	11,500				10,000	3,500		35,000	35,000
1			59,661	4,613	1,750			2,450	68,475	63,995
2			61,034	4,720	1,790			1,671	69,214	60,454
3			62,437	4,828	1,831			855	69,952	57,101
4			63,873	4,939	1,874				70,686	53,926
5			65,342	5,053	1,917	10,000			82,312	58,687
6			66,845	5,169	1,961				73,975	49,293
7			68,383	5,288	2,006				75,676	47,127
8			69,956	5,409	2,052				77,417	45,057
9			71,565	5,534	2,099				79,198	43,078
10			73,211	5,661	2,147	10,000	3,500		94,519	48,049
11			74,894	5,791	2,197				82,883	39,377

ตาราง 15 (ต่อ)

ปี	รายการ ต้นทุนคงที่		ต้นทุนแปรผัน						รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	เตาเผาชีวมวล	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่า Blower	ค่าดอกเบี้ย		
12			76,617	5,925	2,247				84,789	37,647
13			78,379	6,061	2,299				86,739	35,994
14			80,182	6,200	2,352				88,734	34,413
15			82,026	6,343	2,406	10,000			100,775	36,525
16			83,913	6,489	2,461				92,863	31,456
17			85,843	6,638	2,518				94,999	30,074
18			87,817	6,791	2,576				97,184	28,753
19			89,837	6,947	2,635				99,419	27,490
20			91,903	7,107	2,696				101,705	26,283
รวม	10,000	11,500	1,493,718	115,504	43,814	40,000	7,000	4,976	1,726,512	889,780

ตาราง 16 รายละเอียดต้นทุนการทำยางแผ่นรมควันในกรณีที่ใช้เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล 2 เครื่อง

ปี	รายการ									
	ต้นทุนคงที่		ต้นทุนแปรผัน						รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	เตาเผาชีวมวล	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่า Blower	ค่าดอกเบี้ย		
0	20,000	11,500				20,000	3,500		55,000	55,000
1			89,492	5,595	2,750			3,850.00	101,687	95,035
2			91,550	5,724	2,813			2,625.70	102,713	89,713
3			93,656	5,855	2,878			1,343.05	103,732	84,676
4			95,810	5,990	2,944				104,744	79,909
5			98,014	6,128	3,012	20,000			127,153	90,659
6			100,268	6,269	3,081				109,618	73,043
7			102,574	6,413	3,152				112,139	69,835
8			104,933	6,560	3,224				114,718	66,767
9			107,347	6,711	3,299				117,357	63,834
10			109,816	6,866	3,375	20,000	3,500		143,556	72,977

ตาราง 16 (ต่อ)

ปี	รายการ									
	ต้นทุนคงที่		ต้นทุนแปรผัน						รวมต้นทุน	มูลค่าเงินปัจจุบัน
	เครื่องอบแห้ง	เตาเผาชีวมวล	ค่าน้ำยางพารา	ค่าไฟฟ้า	ค่าซ่อมบำรุง	ค่าแผ่นโพลีคาร์บอเนต	ค่า Blower	ค่าดอกเบี้ย		
11			112,342	7,023	3,452				122,817	58,350
12			114,925	7,185	3,532				125,642	55,787
13			117,569	7,350	3,613				128,532	53,336
14			120,273	7,519	3,696				131,488	50,993
15			123,039	7,692	3,781	20,000			154,512	56,002
16			125,869	7,869	3,868				137,606	46,612
17			128,764	8,050	3,957				140,771	44,564
18			131,726	8,235	4,048				144,009	42,607
19			134,755	8,425	4,141				147,321	40,735
20			137,855	8,618	4,236				150,709	38,946
รวม	20,000	11,500	2,240,577	140,078	68,851	80,000	7,000	4,976	2,575,825	1,329,380

การพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

Development of Para-Rubber Sheet Dryer with Using Combined Solar Energy and Biomass Stove in Small Scale

หทัยชนก เนตรคำ[1] ศิรินุช จินดารักษ์

Hathaichanok Netkham[1] Sirinuch Chindaraksa

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

(Email: hathaichanok_6.1@hotmail.com[1])

บทคัดย่อ

ประเทศไทยได้มีการปลูกยางพารา และมีการขยายพื้นที่การปลูกยางพาราไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งในอดีตจะปลูกกันมากในภาคใต้ของประเทศไทย แต่ปัจจุบันนี้ได้มีการปลูกยางหลายภูมิภาคของไทย ส่งผลให้มีผลผลิตออกสู่ตลาดมากขึ้น ทำให้มีผลกระทบต่อราคายางพารา ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรรายย่อย ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ให้เหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนเสริม สามารถอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจกที่มีขนาดความกว้าง 2.5 เมตร ยาว 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร คลุมด้วยแผ่นโพลิคาร์บอเนต แหล่งพลังงานความร้อนเสริมเป็นเตาเผาไหม้ชีวมวลมีขนาดความกว้าง 0.5 m ความยาว 0.75 m สูง 0.8 m ผนังทำด้วยอิฐทนไฟ ภายในมีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.037 m ยาว 0.75 m จำนวน 10 ท่อ มีช่องระบายอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02 m อยู่บริเวณด้านบนของเตา และทำการเปรียบเทียบอบแห้งยางพาราแผ่น 3 กรณี คือ 1. อบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว 2. อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลเสริมในช่วงกลางคืน 3. ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลโดยควบคุมอุณหภูมิในห้องอบแห้ง ให้มีอุณหภูมิ 55 – 60 °C ตลอดช่วงเวลาการอบ ในการอบแห้งทำการอบแห้งที่ความชื้นเริ่มต้น 40-50 % มาตรฐานแห้ง และได้ทำการอบแห้งยางพาราแผ่นจนเหลือความชื้นสุดท้ายของยางพาราแผ่น 1-3 % มาตรฐานแห้ง จากการทดลองพบว่า กรณีที่ 1 อุณหภูมิภายในเฉลี่ย 36.74 °C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 128 ชั่วโมง กรณีที่ 2 มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ย 50.14 °C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 84 ชั่วโมง การอบแห้งกรณีที่ 3 มีอุณหภูมิภายในเฉลี่ย 59.08 °C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 60 ชั่วโมง

คำสำคัญ

การอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์/ยางพาราแผ่น/เชื้อเพลิงชีวมวล/แหล่งพลังงานความร้อนเสริม

Abstract

Thailand has para-rubber and the expansion of rubber cultivation throughout all regions of Thailand. In the past it was widely planted in southern Thailand. But now has many regions of Thailand rubber plantation. As a result, output market. Thus affecting the price of rubber. Which mainly affects small farmers. This research was to development of para-rubber sheet dryer with using combined solar energy and biomass stove in small scale to be suitable for small farmers. The design and construction of a rubber sheet drying using solar energy with auxiliary heat source can be dried para-rubber 20 sheets per cycle with the para-rubber drying machine can be built with 2.5 meters width, 2.5 meters length, and 2.5 meters height. The auxiliary heat source was biomass stove with a 0.5 m long, 0.75 m wide and 0.8 m high wall made of fireguard and internal heat exchanger tube diameter, 0.37 m long, 0.75 m of pipe 10 has ventilator diameter 0.2 meter on the stove. The Comparison of dried rubber sheet 3 cases. The first case is solar drying. The Second case is solar drying in the day and biomass energy in the night. The third case is solar combined biomass energy by controlling the temperature at 55-60 °C in the drying room. The para-rubber initial moisture 40 - 50 % dry-basic after drying the final moisture is 1 - 3 % dry-basic. The first part internal temperature averaged 36.74 °C period of drying 128 hours. The Second part internal temperature averaged 50.14 °C period of drying 84 hours and the third part internal temperature averaged 59.08 °C period of drying 60 hours.

Keywords

Solar dryer / Para-rubber sheet / biomass fuel / auxiliary heat source

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเริ่มมีพื้นที่ปลูกยางพาราก้นอย่างแพร่หลาย รัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการปลูก ไม่เฉพาะในภาคใต้ แต่ขยายไปทางภาคตะวันออก ซึ่งอากาศและพืชพันธุ์คล้ายกับภาคใต้ และในที่สุดก็ขยายพื้นที่การปลูกครั้งใหญ่ไปในภาคอีสานและภาคเหนือ ขณะนี้มีพื้นที่ปลูกยางพารา 63 จังหวัดกระจายในทุกภาคของประเทศไทย และมีพื้นที่ราว 22 ล้านไร่เลยทีเดียว ทำให้มีผลผลิตออกสู่ท้องตลาดมากราคายางตกต่ำมีผลต่อเกษตรกรจำนวนมากทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย มีผลผลิตไม่มากนัก เมื่อกรีดยางแล้วจึงจำหน่ายในรูปยางแผ่นดิบ น้ำยางสด หรือยางก้อนถ้วยและขายเศษยาง โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมจำหน่ายเป็นยางแผ่นดิบให้กับพ่อค้าหรือโรงงานรมควันทั่วไป สำหรับเกษตรกร

รายย่อยมักนำยางแผ่นไปตากกลางแจ้ง ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 10 วัน ทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพยางได้ เช่น แผ่นยางเหนียวเยิ้ม และมีสีคล้ำ เป็นต้น ในช่วงที่ทำการตากยางหากมีปริมาณฝนตกจะทำให้ยางแผ่นแห้งช้าและราขึ้น และปัญหาอีกอย่างของการผลิตยางแผ่นรมควันคือ การแห้งของแผ่นยางที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากความร้อนที่เข้าสู่ห้องอบมีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ร้อนเป็นจุดๆส่งผลให้ยางแผ่นรมควันมีคุณภาพต่ำ และใช้ระยะเวลานานในการอบแต่ละครั้ง ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำนวนมาก [1-2] (นิรนาม, 2550)

จากปัญหาดังกล่าวส่งผลให้มีการออกแบบเครื่องอบแห้งยางพาราโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลเพื่อปรับปรุงกระบวนการอบแห้งยางพาราให้ได้คุณภาพดีที่สุด นำแหล่งพลังงานหมุนเวียนจากแสงอาทิตย์และชีวมวลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อประหยัดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงเกษตรกรสวนยางพาราระดับย่อยที่มีพื้นที่การปลูกยางพาราประมาณ 20 ไร่ สามารถนำเทคโนโลยีอบแห้งแบบผสมผสานโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และเตาเผาชีวมวลไปใช้ได้ เป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตและสามารถเก็บผลผลิตไว้เพื่อรอราคาหรือมีอำนาจในการต่อรองราคามากขึ้น ปัจจัยหลักที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องอบแห้ง คือ ต้นทุนราคาเครื่องอบแห้งเหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยสามารถลงทุนได้อบแห้งรมควันยางพาราได้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน สมารถใช้ได้กับเศษไม้ยางพารา และแหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้ในเครื่องอบแห้งเป็นพลังงานสะอาดไม่เกิดมลพิษและไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคของการใช้เครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับชีวมวล

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญที่ต้องออกแบบได้แก่ การออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ การออกแบบเตาเผาชีวมวล ในกรณีที่โรงอบแห้งมีเงื่อนไขในการออกแบบ ดังนี้

อบแห้งยางพาราแผ่นครั้งละ	20	แผ่น
ความชื้นเริ่มต้น	40 – 50	% db
ความชื้นสุดท้าย	1 - 3	% db

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง	60	℃
อุณหภูมิอากาศหลังการอบแห้ง	50	℃
อุณหภูมิแวดล้อม	30	℃
ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม	70	%
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	48	hr

1. ขั้นตอนการทดลอง

ข้อกำหนดในการทดลอง

ยางพาราที่ใช้ในการทดลองใช้ยางพารารีดแผ่นขนาดมาตรฐานกว้าง 38 - 46 cm ยาว 80 - 90 cm มีความหนา 3 - 4 mm ทดลองอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น

ทำการทดลองและเก็บข้อมูลโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณีคือ

1) ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2) ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงกลางวันและพลังงานชีวมวลร่วมในตอนกลางคืน

3) ทดลองใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวลร่วมกันตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน

การเก็บข้อมูลของทั้ง 3 กรณี มีดังนี้

- ทำการอบแห้งยางพาราครั้งละ 20 แผ่น นำมาตากภายในโรงอบแห้งยางพาราที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และชีวมวล
- เปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ เพื่อหมุนเวียนอากาศภายในโรงอบ
- วัดอุณหภูมิ ของอากาศภายในโรงอบแห้งตามจุดต่างๆที่กำหนดไว้ และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมด้วย
- อบแห้งยางพาราจนความชื้นสุดท้าย 1 - 3 % db
- นำยางพาราที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก
- ทำการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลองทั้งหมดจำนวน 2 ครั้งโดยข้อมูลที่ทำการบันทึก จะบันทึกอุณหภูมิทุก 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักทุกๆ 6 ชั่วโมงตลอดการทดลอง

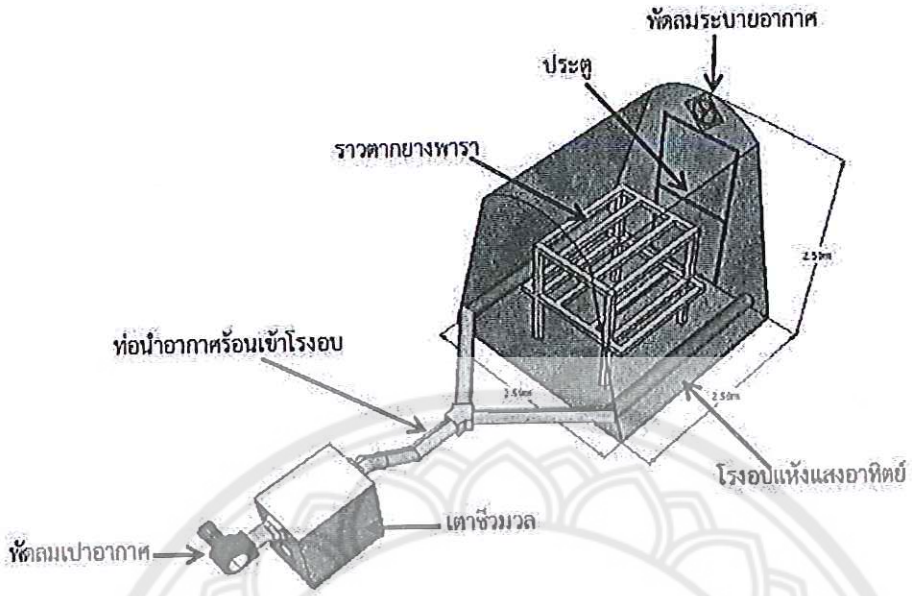
ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิภายในโรงอบแห้งยางพาราขนาดเล็ก ทั้ง 3 กรณี จะเห็นว่ากรณีอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว อุณหภูมิภายในของโรงอบยางพาราจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ใช้เวลาในการอบยางพารา 128 h ส่วนในกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและจุดเตาเพิ่มอุณหภูมิในตอนกลางคืน อุณหภูมิภายในของโรงอบยางพาราจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางวัน ใช้เวลาในการอบแห้ง 84 h สำหรับกลางคืนอุณหภูมิภายในของโรงอบยางพาราจะขึ้นอยู่กับการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล สำหรับกรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลอุณหภูมิภายในของโรงอบยางพาราจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมแต่จะขึ้นอยู่กับการสันดาปของเชื้อเพลิงชีวมวล ในกรณีนี้จะควบคุมอุณหภูมิภายในของโรงอบยางได้ค่อนข้างคงที่ตลอดการอบยาง ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งยางพาราที่ 60 h

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพยางพาราที่ได้จากโรงอบแห้งโรงอบแห้งที่ทำการศึกษาแสงอาทิตย์ละชีวมวลที่ทำการออกแบบ กับโรงอบแห้งของกลุ่มเกษตรกรกับพบว่าคุณภาพของยางพาราที่ได้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด

อภิปรายผลการวิจัย

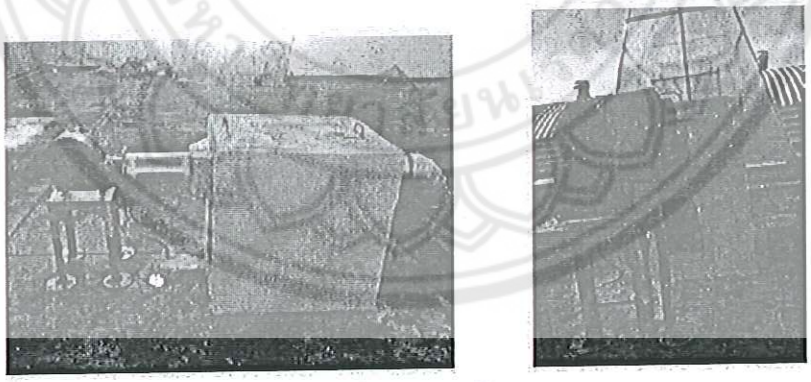
เครื่องอบแห้งที่ได้ประกอบด้วย การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ขนาดของเครื่องอบแห้ง มีขนาด 2.5×2.5×2.5 m^3 (กว้าง×ยาว×สูง) สามารถอบแห้งยางพาราแผ่นได้ครั้งละ 20 แผ่น ลักษณะเป็นเรือนกระจกที่ปิดด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต มีความหนา 6 mm มีพัดลมระบายอากาศขนาด 0.5 แรงม้าอยู่ด้านบน สำหรับระบายอากาศภายในห้องอบ ภายในห้องอบมีราวตากยางขนาด 1.5 ×1.9 m^2 โรงอบแห้งยางพารามีประตูขนาด กว้าง 0.7 m ความสูง 2.5 m



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็ก

เตาเผาชีวมวล

ขนาดโดยรวมของเตาเผาชีวมวล มีความกว้าง 0.5 m ความยาว 0.75 m สูง 0.8 m ผนังทำด้วยอิฐทนความร้อน ภายในมีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.37 นิ้ว ยาว 0.75 m จำนวน 10 ท่อ มีช่องระบายอากาศออกอยู่บริเวณด้านบนของเตา ช่องระบายอากาศมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02 m



รูปที่ 2 เตาเผาชีวมวล

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างโรงอบแห้งยางพาราขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดเปรียบเทียบการใช้พลังงานของโรงอบแห้งยาพาราขนาดเล็ก

เงื่อนไขการทดสอบ	การทดลอง		
	โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล		
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
ข้อมูลวัสดุเกษตร			
น้ำหนักผลผลิตก่อนอบ (gต่อแผ่น)	1,286	1,258	1,281
น้ำหนักผลผลิตหลังอบ (g)	909	923	915
ข้อมูอากาศอบแห้ง			
อุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง ($^{\circ}C$)	26-50	30-60	55-60
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศสิ่งแวดล้อม ($^{\circ}C$)	26.5	28.16	29.09
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอากาศสิ่งแวดล้อม (%)	85.8	83.3	82.5
ข้อมูลเชื้อเพลิง			
ความเข้มข้นแสงอาทิตย์เฉลี่ย ($MJ/m^2.d$)	17.5	18.3	18.8
น้ำหนักเชื้อเพลิงชีวมวล (kg)	0	72	84
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)	128	84	60
อัตราการใช้พลังงานจำเพาะรวม ($MJ/kg_{H2O\ evp}$)	54.65	159.24	185.39

หมายเหตุ กรณีที่ 1 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์

กรณีที่ 2 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันและใช้พลังงานชีวมวลในช่วงเวลากลางคืน

กรณีที่ 3 คือ กรณีใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดทั้งวัน

เมื่อทำการอบแห้งยางพาราพบว่า กรณีที่ 1 มีอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งอยู่ในช่วง 26 – 50 $^{\circ}C$ ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 128 ชั่วโมง มีการใช้อัตราการใช้พลังงานจำเพาะ 54.65 $MJ/kg_{H2O\ evp}$ ในกรณีนี้มีอัตราการใช้พลังงานที่น้อยที่สุดแต่มีระยะเวลาในการอบแห้งที่นานที่สุด กรณีที่ 2 อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งอยู่ในช่วง 30 – 60 $^{\circ}C$ ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 84 ชั่วโมง มีการใช้อัตราการใช้พลังงานจำเพาะ 159.24 $MJ/kg_{H2O\ evp}$ สาหรับ กรณีที่ 3 อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งอยู่ในช่วง 55 – 60 $^{\circ}C$ สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้เหลือเพียง 60 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ของระยะเวลาในการอบแห้งของพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการใช้พลังงานจำเพาะ แล้วพบว่ามีค่าการใช้พลังงานสูงถึง 185.39 $MJ/kg_{H2O\ evp}$ ซึ่งในกรณีนี้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ได้เปล่าและเศษไม้ยางพาราที่นำมาใช้

เป็นเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากส่วนยางพาราของเกษตรกรเอง จึงทำให้การอบแห้งในกรณีนี้เป็นที่น่าสนใจ เพราะมีความเหมาะสมกับผลผลิตยางพาราของเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ คุณธงชัย ผาริโน เจ้าของสวนยางพาราจังหวัดพิจิตร คุณณรงค์ฤทธิ์ พิจิตรศิริ ที่ให้คำแนะนำสำหรับการออกแบบเครื่อง

เอกสารอ้างอิง

[1] สยาม แซ่แฮ่ . การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวมวล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, หน้า 4-41

[2] นิรนาม, 2550. การผลิตยางแผ่นดิบคุณภาพดี. เอกสารทางวิชาการฉบับปรับปรุง 2550. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ENETT12-ST-97

เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

A Small Scale Para-Rubber Sheet Smoked Dryer by using Solar Energy combined Biomass Stove

หทัยชนก เนตรคำ และศิรินุช จินดารักษ์*

ภาควิชาหิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
*E-mail: sirinuch_goi@yahoo.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องอบแห้งรมควันแบบเรือนกระจกที่มีขนาด กว้าง 2.5 เมตร สูง 2.5 เมตร และยาว 2.5 เมตร ที่มีแหล่งพลังงานความร้อนเสริมเป็นเตาเผาชีวมวลขนาด กว้าง 0.75 เมตร ยาว 0.8 เมตร และสูง 0.8 เมตร มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 2.5 ตารางเมตร สามารถอบแห้งยางพาราได้ครั้งละ 20 แผ่น โดยที่แผ่นยางพารามีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 50 มาตรฐานแห้ง อบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 3 มาตรฐานแห้ง ใช้เวลาในการอบแห้ง 60 ชั่วโมง มีการใช้พลังงานในการอบแห้งทั้งหมด 2,067 MJ ซึ่งคิดเป็น 295 MJ/kgH_2O_{evap} เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล มีอายุการใช้งานของเครื่อง 5 ปี ใน 1 ปีสามารถกรีดยางพาราได้ 8 เดือน จำนวนยางพาราที่สามารถอบแห้งรมควันได้ 120 ครั้งต่อปี โดยมีผลตอบแทนการลงทุนที่ได้จากการใช้เครื่อง 988 บาทต่อครั้ง หรือ 118,560 บาทต่อปี และมูลค่าเงินลงทุนรายปี 105,850 บาท จะทำให้จุดคุ้มทุนจากการใช้เครื่องอบแห้งมีค่า 1.12 ปี

คำหนัก: ระยะเวลาคืนทุน, ด้านเศรษฐศาสตร์, เครื่องอบแห้งรมควัน, ยางแผ่นรมควัน

Abstract

A small scale para-rubber sheet smoked solar dryer combined with biomass stove has developed in this studied. The capacity of this dryer is 20 para-rubber sheet. The green house dryer has 2.5 x 2.5 x 2.5 m3 with auxiliary heat. Biomass stove used as a auxiliary heat with 0.75 x 0.8 x 0.8 m3 and heat exchanger area 2.5 m2. The initial and final moisture content of para-rubber are about 50 %db and 3 %db, respectively. The drying time is about 60 hours. The total energy consumption is 2,067 MJ/kg or specific energy consumption is 295 MJ/kg H2Oevap. Payback period of this dryer was analyzed in this study. The assumption are as follow: 1. Life time of the dryer is 5 years with in 120 batch/year. 2. The benefit of smoked-dried para-rubber is 988 Baht/batch. and 3. The annual investment cost is about 105,850 Baht. It was found that, the payback period is 1.12 years.

Keywords: payback period, economics, Dryers smoked, Rubber Smoked Sheet.

1. บทนำ

จากสถานการณ์ยางพาราในปัจจุบัน เกษตรกรส่วนใหญ่จะเป็นเกษตรกรรายย่อยมีพื้นที่การปลูกยางพาราไม่เกิน 20 ไร่ จึงมีผลผลิตยางพาราไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะนิยมทำเป็นยางก้อนถ้วยซึ่งในกรณีนี้เกษตรกรจะไม่สามารถเก็บยางไว้ได้นาน หรือทำยางแผ่นผึ่ง ซึ่งในทั้ง 2 กรณีนั้น เกษตรกรจะจำหน่ายยางพาราได้ในราคาไม่สูงมาก แต่ถ้าหากเกษตรกรจะทำยางแผ่นรมควัน ก็อาจจะประสบกับปัญหาการแห้งของแผ่นยางที่ไม่สม่ำเสมอ อาจจะเนื่องการกระจายตัวของอุณหภูมิหรือพลังงานที่ใช้ไม่เพียงพอสำหรับการรมควัน

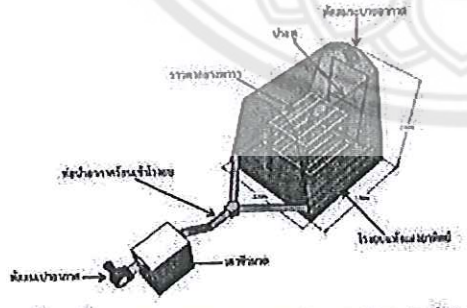
ปัจจุบันเทคโนโลยีการอบแห้งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและขยายขอบเขตงานเพิ่มมากขึ้นจากเดิมที่มีเฉพาะด้านการถนอมอาหารและไปสู่อุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็ก กลางและขนาดใหญ่ เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์คือการนำประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในรูปของความร้อนเป็นการนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและ

ยังไม่เสียค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงอีกด้วยรวมไปถึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนฝุ่นละออง และยังสามารถช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งอีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นกับการจัดการและพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมและมีความคุ้มค่าในการนำมาใช้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและได้มาตรฐาน ธวัฒน์ชัย เทพนวล และคณะ [1] ศึกษาประสิทธิภาพของโรงอบยางพาราพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ยางพารา ออกแบบให้ด้านล่างมีการสะสมความร้อนจากการเผาไหม้ และให้หลังคามีการสะสมความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อุณหภูมิภายในเฉลี่ย 53.55±0.09 °C อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลเท่ากับ 10 กิโลกรัม ซึ่งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงชีวมวลจากไม้ยางพาราได้ เมื่อเทียบกับโรงอบรมควันที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบทั่วไป สยาม แซ่แต่ [2] ศึกษาและพัฒนาเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลจากถ่านไม้และเศษไม้เนื้อแข็ง โดยเครื่องอบสามารถบรรจุยางพาราได้ครั้งละ 12 แผ่น ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 64 hr มีการพลังงานความร้อนเฉลี่ย 32.67 MJ ต่อแผ่น

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาถึงขั้นตอนการอบแห้งรมควันยางพารา ด้วยเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล และวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ในการสร้างเครื่องอบแห้งยางพาราแผ่นขนาดเล็กสำหรับเกษตรกรรายย่อย สำหรับเป็นตัวเลือกในการเพิ่มมูลค่าของยางพารา

2. ลักษณะและวิธีการใช้เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กที่ใช้เป็นแบบเรือนกระจกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไป



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล

2.1 ลักษณะเฉพาะเครื่องอบแห้งรมควัน

ตารางที่ 1 ลักษณะและโครงสร้างของเครื่องที่ใช้ในการอบแห้งรมควันยางพาราแผ่น

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
1. โครงสร้างของเครื่องอบแห้ง	ทรงโดม ทำจากเหล็กกล่องขนาด 2.5x2.5x2.5 m^3
2. ตัวเครื่องอบแห้ง	คลุมด้วยโพลีคาร์บอเนต ทนความร้อน มีความหนา 5 mm
3. เตาเผาชีวมวล	ทำจากอิฐทนความร้อนมีขนาด 0.75x0.8x0.8 m^3
4. พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน	เป็นท่อแป๊ปเหล็กขนาด 0.05x0.8 m^2 มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 2.5 m^2
5. ราวตากยาง	ทำจากเหล็กกล่องมีขนาด0.1x0.15 x0.15 m^3
6. พัดลมระบายอากาศ	พัดลมระบายอากาศขนาด 0.25 hp
7. จำนวนยางพารา	ยางพาราแผ่นขนาดมาตรฐาน จำนวน 20 แผ่น โดยมีการแขวน 2 ชั้น ชั้นบน 8 แผ่น ชั้นล่าง 12 แผ่น

2.2 วิธีการใช้

เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ใช้ในการทดสอบนี้สามารถทำการอบแห้งได้ทั้งหมด 3 กรณีด้วยกัน คือ 1) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว 2) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันและใช้พลังงานชีวมวลใช้เวลากลางคืน 3) อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดการทดลอง แต่ในกรณีนี้จะพิจารณาการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานชีวมวลตลอดการทดลอง เนื่องจากมีระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่เร็วที่สุดและสามารถควบคุมคุณภาพของยางพาราได้จากการควบคุมอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้ง และอีกทั้งยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับยางพาราได้อีกด้วย ในการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งใช้ความเร็วรอบของพัดลม โดยจะมีการเผาไม้ยางพาราควบคู่ไปกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันและในช่วงเวลากลางคืนจะใช้พลังงานจากชีวมวลจากไม้ยางพารา เมื่อพิจารณาถึงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวลในเวลากลางวันจะใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเพียงร้อยละ 50 ของเวลากลางคืนเท่านั้น สภาวะการทำงานของเครื่องอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สภาวะการทำงานของเครื่องอบแห้งรมควันยางพารา

เงื่อนไข	การทดลอง
น้ำหนัก (g)	
- ก่อนการอบแห้ง	1,243
- หลังการอบแห้ง	923
ความชื้น (% db)	
- ก่อนอบแห้ง	50
- หลังอบแห้ง	3
อุณหภูมิ (°C)	
- ห้องอบแห้ง	55-60
- เฉลี่ยของอากาศสิ่งแวดล้อม	30
ข้อมูลเชื้อเพลิง (MJ)	
- การใช้พลังงานแสงอาทิตย์	848
- การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงชีวมวล	1,172
- การใช้พลังงานไฟฟ้า	45
การใช้พลังงานรวม	2,065

เงื่อนไข	การทดลอง
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h)	60
อัตราการใช้พลังงานจำเพาะ (MJ/kgH_2O_{evap})	295

3. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราที่ทำการศึกษานี้ จะทำการวิเคราะห์ถึงการใช้เครื่องอบแห้งที่มีอายุการใช้งาน 5 ปี โดยสมมุติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็น ดังนี้

ต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งยางพารา

- ตัวโรงเรือน 20,000 บาท
- ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 15,000 บาท

อายุการใช้งาน 5 ปี

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่อปี ร้อยละ 7 ของราคาเครื่องอบแห้ง

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ร้อยละ 7 ต่อปี (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ 1 ตุลาคม 2558)

ราคาน้ำยางสด 38 บาท

ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 44 บาท

ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าของระบบทั้งหมด 13 kwh/ครั้ง

อัตราค่าไฟฟ้าของบ้านพักที่อยู่อาศัย 2.3488 บาท/kwh

(การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 1 ตุลาคม 2558)

อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 72 กิโลกรัม/ครั้ง

ใน 1 ปีสามารถกรีดยางได้ 8 เดือน

สามารถอบยางพาราได้ 120 ครั้งต่อปี

4. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

จากเงินลงทุนสามารถคิดเป็นเงินลงทุนรายปีได้ดังนี้ [3]

เงินลงทุนรายปี = 35,000 CRF (7%,5)

$= 35{,}000(i\,(1+i)^n)/((1+i)^n-1)$

$= 35{,}000(0.07(1+0.07)^5)/((1+0.07)^5-1)$

= 8,536 บาทต่อปี

ค่าบำรุงรักษา = 35,000x0.05 = 2,450 บาทต่อปี

ค่าไฟฟ้า = 13x2.3488x120 = 3,664 บาทต่อปี

รวมเงินลงทุนรายปี = (เงินลงทุนในการสร้างเครื่องอบรมควัน + เงินลงทุนในการดูแลรักษารายปี+ค่าน้ำยางพารา+ค่าไฟฟ้า)

= 8,536+2,450+91,200+3,664= 105,850 บาท

เมื่อพิจารณาการอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นด้วยเครื่องอบแห้งรมควัน ถ้าน้ำยาง 0.9 กิโลกรัม ราคากิโลกรัมละ 38 บาท สามารถผลิตยางแผ่นรมควันได้ 1 กิโลกรัม ราคากิโลกรัมละ 44 บาท เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนของเครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวล มีอายุการใช้งานของเครื่อง 5 ปี ใน 1 ปีสามารถกรีดยางพาราได้ 8 เดือน จำนวนยางพาราที่สามารถอบแห้งรมควันได้ 120 ครั้งต่อปี โดยมีผลตอบแทนการลงทุนที่ได้จากการใช้เครื่อง 988 บาทต่อครั้ง หรือ 118,560 บาทต่อปี และมูลค่าเงินลงทุนรายปี 105,850 บาท จะทำให้จุดคุ้มทุนจากการใช้เครื่องอบแห้งมีค่า 1.12 ปี

5. สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบแห้งรมควันยางพาราแผ่นขนาดเล็กโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาชีวมวลสามารถอบแห้งได้ครั้งละ 20 แผ่น โดยทำการอบแห้งที่ความชื้นเริ่มต้น 50 %db อบแห้งจนมีความชื้นสุดท้าย 3 %db อุณหภูมิภายในอยู่ในช่วง 55 – 60 °C อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ 30 °C ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งรมควัน 60 ชั่วโมง

จำนวนยางพาราที่สามารถอบแห้งรมควันได้ 120 ครั้งต่อปี เมื่อพิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่ได้จากการใช้เครื่อง 987.46 บาทต่อครั้ง หรือ 118,495.2 บาทต่อปี จากมูลค่าเงินลงทุนรายปี = 105,850 บาท จุดคุ้มทุนจากการใช้เครื่องอบแห้งมีค่า = 1.12 ปี

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ คุณธงชัย ผาริโน เจ้าของสวนยางพารา คุณณรงค์ฤทธิ์ พิจิตรศิริ ที่ให้คำแนะนำสำหรับการออกแบบเครื่อง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ธนวัฒน์ชัย เทพนวล, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ชุลกิพลี กาชอ, พรศักดิ์ สมประสงค์, และภารพนา บัวเพชร์ . การใช้พลังงานของโรงอบยางแผ่นพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 (119-128), ตุลาคม – มกราคม 2553

[2] สยาม แซ่แซ่. การอบแห้งยางพาราแผ่นโดยใช้พลังงานความร้อนร่วมจากแสงอาทิตย์และเชื้อเพลิงชีวมวล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร,หน้า 4-41 (2553)

[3] ประพันธ์ เศวตนันทน์ (2535). เศรษฐศาสตร์ กรุงเทพฯ : คณะเศรษฐศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย