



รายงานการวิจัย

การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เคลือบแผ่นยางก่อนนำไปอบแห้ง
ด้วยเตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์

Study of the Rubber Sheets enamel with Wood Vinegar to Heat
Transfer by Microwave Acetylene Gas and Solar Power Furnaces

โดย

นายวชร

กาลี

นายปัญญา

แดงวิไลลักษณ์

นายณบดิน

ศรีสังข์

นายศิษุพร

ตุงโสธรานนท์

นายไชยรัตน์

เพชรศิริ

ที่ปรึกษา

นายอัครเดช

สินธุภัก

ได้รับเงินทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2551

RCH

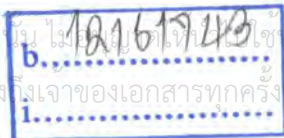
TS

1890 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

10522

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105435

วัน,เดือน,ปี 23 พ.ค. 2552



สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หรือการอื่นใดที่ฝ่าฝืนลิขสิทธิ์อื่นที่ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางแผ่นเมื่อนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบกับยางแผ่นรมควันที่ผลิตได้จากสหรณส์สวนยาง ทำให้ทางสหรณส์สวนยางมีแนวทางที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควัน และสามารถแข่งขันในตลาดได้ จากการศึกษาพบว่าวิธีการใช้น้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบแห้ง โดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์นั้น สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ ทำให้ยางอบแห้งที่ได้จากกรรมวิธีนี้มีคุณภาพสูงกว่าหรือเท่ากับยางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ทางสหรณส์สวนยางผลิตได้ ส่วนการอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟนั้นไม่มีความเหมาะสมเพราะคุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ด้วยวิธีนี้มีคุณภาพต่ำเกินไปและขายไม่ได้ราคา



Abstract

The objective of this research is to study the effect of the rubber sheets property which has enameled wood vinegar before drying by the hot gas from Microwave, Liquefied Petroleum Gas (LPG) and solar energy furnaces. The results found that wood vinegar is suitable for curing them from the moulds problem on the rubber sheets surface. The products from LPG and solar energy furnaces have high or same quantity and quality with using by the rubber smoke room. It is difference by the rubber drying from Microwave furnace is considered below market standards and thus lower prices.



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้จากความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากบุคคลและกลุ่มบุคคลหลายฝ่าย คณะทำงานชาวบรูไนในมิตรไมตรีของท่านเหล่านี้ คือ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณทางสหกรณ์กองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง บ้านหัวถนน จำกัด ที่ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัย ขอขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ที่ให้ความรู้ ขอขอบพระคุณผศ.เกษิณี อัมพันธ์สุข ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณคุณดุยพงศ์ สุขเกิด คุณอิทธิศักดิ์ กุศลศิริ คุณศศิยาภรณ์ เมฆหมอก คุณสมพงษ์ เหลืองงาม และคุณสมพร สมประสงค์ที่ให้การช่วยเหลือทดสอบและหาข้อมูลในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณคุณบุญพริภา สิงขรอาจที่ให้อำนาจใจและให้ความช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ได้อบรมสั่งสอนและเป็นกำลังใจ และขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆที่ไม่ได้กล่าวนามที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อม คณะทำงานขอระลึกถึงพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบพระคุณมา ณ. ที่นี้

คณะทำงานวิจัย

สารบัญ

หน้า

ชื่อเรื่อง	(1)
บทคัดย่อ	(2)
Abstract	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(4)
สารบัญ	(5)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำตั้งเรื่อง	1
1.2 ปัญหาของอนุภาคเขม่าควันที่มีต่ออย่างแผ่นรมควัน	3
1.3 ปัญหาในการผลิตยางแผ่นรมควันของประเทศไทย	3
1.4 ปริมาณและคุณภาพของยางแผ่นรมควันที่ผลิตได้	3
1.5 วัตถุประสงค์	4
1.6 ขอบเขตการศึกษา	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2 ทฤษฎี	6
2.1 กรรมวิธีในการรมยางแผ่นดิบ	6
2.2 การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน	7
2.3 น้ำส้มควันไม้	8
2.4 การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์	11
2.5 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้	13
2.6 การอบแห้ง	14
2.7 การถ่ายเทความร้อน	19
2.8 แก๊สหุงต้ม	20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9	คลื่นไมโครเวฟ	22
2.10	บทสรุป	24
3	เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้และน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบต่างชนิดกัน	25
3.1	การออกแบบและคำนวณเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	25
3.2	อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา	31
3.3	ขั้นตอนการทดลอง	37
3.4	ผลการศึกษ ปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้	37
3.5	วิธีการและผลการศึกษาระดับยังเชื่อราน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้	50
3.6	บทสรุป	51
4	ห้องอบขนาดเล็กที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	52
4.1	อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดสอบห้องอบยาง	52
4.2	ขั้นตอนการทดสอบ	58
4.3	ผลการทดสอบ	61
4.4	บทสรุป	68
5	ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	69
5.1	อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดสอบห้องอบยาง	69
5.2	ขั้นตอนการทดสอบ	72
5.3	ผลการทดสอบ	76
5.4	บทสรุป	81
6	ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานจากเตาไมโครเวฟ	82
6.1	อุปกรณ์การทดสอบ	82
6.2	ขั้นตอนการทดสอบ	83
6.3	ผลการทดสอบ	84
6.4	บทสรุป	87
7	ผลของการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนยางแผ่นดิบก่อนนำไปอบแห้ง	88
7.1	ขั้นตอนการทดสอบ	88

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.2 ผลการทดสอบ	91
7.3 เครื่องชुบน้ำส้มควันไม้	104
7.4 บทสรุป	106
8 บทสรุป	107
8.1 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้และน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบ ต่างชนิดกัน	107
8.2 ห้องอบยางขนาดเล็กที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	108
8.3 ห้องอบยางขนาดเล็กที่สามารถใช้ได้ทั้งพลังงานความร้อนจาก แสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	108
8.4 ห้องอบยางขนาดเล็กที่ใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ เป็นเชื้อเพลิง	109
8.5 ผลของการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนยางแผ่นดิบก่อนนำไป อบแห้ง	109
8.6 บทสรุปรวม	110
8.7 ข้อเสนอแนะ	110
บรรณานุกรม	111
ภาคผนวก ก ข้อมูลทั่วไปของยางพารา	113
ภาคผนวก ข ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ทดลอง	116
ภาคผนวก ค ผลการเกิดราบนยาง	119
ภาคผนวก ง แบบเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	129
ภาคผนวก จ แบบห้องอบยางแผ่นดิบ	134
ภาคผนวก ฉ แบบเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้	140

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน	7
2.2 สมบัติของน้ำส้มควันไม้	9
3.1 รายละเอียดของเครื่องต้นแบบที่สามารถออกแบบได้	28
3.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม้ยางพาราที่ไฟเบามวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	38
3.3 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม้ยางพาราที่ไฟเบามวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	38
3.4 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม้ยางพาราที่ไฟแรงมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	39
3.5 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม้ยางพาราที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	39
3.6 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะลามะพร้าวที่ไฟเบามวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	40
3.7 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะลามะพร้าวที่ไฟเบามวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	41
3.8 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะลามะพร้าวที่ไฟแรงมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	41
3.9 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะลามะพร้าวที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	42
3.10 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทะเลาะปาล์มที่ไฟเบามวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	43
3.11 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทะเลาะปาล์มที่ไฟเบามวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	43
3.12 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทะเลาะปาล์มที่ไฟแรงมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	44
3.13 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทะเลาะปาล์มที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	44
3.14 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองขี้เถ้าที่ไฟเบามวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	45
3.15 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองขี้เถ้าที่ไฟเบามวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	46
3.16 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองขี้เถ้าที่ไฟแรงมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	46
3.17 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองขี้เถ้าที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	47
3.18 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองฟุน ไม้ที่ไฟเบามวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	48
3.19 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองฟุน ไม้ที่ไฟเบามวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	48
3.20 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองฟุน ไม้ที่ไฟแรงมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม	49
3.21 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองฟุน ไม้ที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม	49
7.1 นำหนักยางแผ่นดิบก่อนอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	91
7.2 นำหนักยางแผ่นดิบหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	91

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.3 นำหนักยางแผ่นดิบก่อนอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม	92
7.4 นำหนักยางแผ่นดิบหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม	92
7.5 นำหนักยางแผ่นดิบก่อนอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแก๊สหุงต้ม เพียงอย่างเดียว	93
7.6 นำหนักยางแผ่นดิบหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแก๊สหุงต้ม เพียงอย่างเดียว	94
7.7 ความหนาของแผ่นยาง (มิลลิเมตร)	99
7.8 ค่าแรงกระทำต่อแผ่นยาง (นิวตัน)	99
7.9 ระยะยืดของยางแผ่น (มิลลิเมตร)	100
7.10 ค่าความเค้นของยางแผ่น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)	101
7.11 ค่า Elongation หรือความเครียด (ไม่มีหน่วย)	101
ข-1 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 1	117
ข-2 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 2	117
ข-3 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 3	117
ข-4 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 4	118
ข-5 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 5	118
ค-1 ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อน จากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว	120
ค-2 ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อน จากแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม	122
ค-3 ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อน จากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว	125

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่	หน้า
2.1 น้ำส้มควันไม้และน้ำมันทาร์จากน้ำส้มควันไม้ที่เก็บไว้ในถัง	12
2.2 เส้นอัตราส่วนความชื้นกับเวลา	15
2.3 เส้นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นวัสดุและอัตราการอบแห้ง	18
2.4 โครงสร้างทางเคมีของไอโซบิวเทน	21
2.5 การให้ความร้อนแบบธรรมดาและการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ	23
3.1 ลักษณะการไหลของกระแสในคอนเดนเซอร์	29
3.2 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	32
3.3 ดึงสแตนด์เลสไฟว์วัตต์ดูคิบ	32
3.4 ตาตั้งถึงวัตต์ดูคิบ	33
3.5 ถังใส่น้ำหล่อเย็น	33
3.6 ชุดควบแน่น (Condenser)	34
3.7 ปั๊มคูดน้ำหล่อเย็น	34
3.8 ภาชนะรองน้ำส้มควันไม้	35
3.9 เทอร์โมมิเตอร์และเกจวัดอุณหภูมิ	35
3.10 หัวแก๊ส	36
3.11 นาฬิกาจับเวลา	36
3.12 ภาที่กีดขึ้น (7 วัน)	51
3.13 ภาที่กีดขึ้น (14 วัน)	51
4.1 โครงสร้างห้องอบย่างที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง	53
4.2 ขนาดของห้องอบย่าง	54
4.3 พัดลมระบายอากาศ	54
4.4 Sensor วัดอุณหภูมิ	55
4.5 Relay Control	55
4.6 Temperature controller	56
4.7 หัวจ่ายแก๊ส	56

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.8 โพลีโนเมียลคว่ำ	56
4.9 วงจรควบคุมอุณหภูมิ	57
4.10 การทำความสะอาดแผ่นยางคิบบ	58
4.11 แผ่นยางคิบบฝั่งลม	58
4.12 เก็บค่าน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นยางคิบบ	59
4.13 แผ่นยางคิบบในตู้รมยาง	59
4.14 Temperature controller	60
4.15 เก็บค่าน้ำหนักระหว่างการอบ	61
4.16 อุปกรณ์ Data Acquisition Modules	61
4.17 การอบยางแผ่นคิบบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	62
4.18 การอบยางแผ่นคิบบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	62
4.19 การอบยางแผ่นคิบบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	63
4.20 การอบยางแผ่นคิบบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	63
4.21 การอบยางแผ่นคิบบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	63
4.22 การอบยางแผ่นคิบบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส	64
4.23 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	65
4.24 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบบังคับที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	65

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
4.25 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	66
4.26 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบบังคับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	66
4.27 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	67
4.28 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบบังคับที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	67
5.1 โครงสร้างห้องรมยาง	69
5.2 ขนาดของห้องอบยาง	70
5.3 แผงรับแสงอาทิตย์และทิศทางการไหลของแก๊สร้อน	70
5.4 แผงรับแสงอาทิตย์ที่ประกอบกับห้องอบ	71
5.5 เครื่องวัดความเข้มแสง	71
5.6 เครื่องวัดความเร็วลม	72
5.7 แผ่นยางดิบฝั่งลม	73
5.8 เก็บค่าน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นยางดิบ	73
5.9 แผ่นยางดิบในห้องอบยาง	74
5.10 Temperature controller	74
5.11 ชุดท่อระบายความร้อน	75
5.12 วาล์วควบคุมการระบายความร้อน	76
5.13 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพียงอย่างเดียว	77
5.14 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว	77
5.15 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ แก๊สหุงต้ม (มีการระบายความร้อน)	78

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
5.16 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ แก๊สหุงต้ม (มีการหมุนเวียนความร้อน) แต่จะควบคุมอุณหภูมิอยู่ ระหว่าง 50-60°C	78
5.17 ค่าเฉลี่ยการลดน้ำหนักของแผ่นยางในแต่ละชั้นทั้ง 4 กรณี	79
5.18 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมยางที่ใช้ความร้อนจากพลังงาน แสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม (มีการระบายความร้อน)	80
5.19 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมยางที่ใช้ความร้อนจากพลังงาน แสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม (มีการหมุนเวียนความร้อน)	80
6.1 โครงสร้างห้องอบยาง	82
6.2 การทดสอบการเดินเครื่องเพื่อหาข้อบกพร่องก่อนการทดสอบจริง	83
6.3 การอบยางแผ่นดิบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 300 วัตต์	84
6.4 การอบยางแผ่นดิบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 600 วัตต์	84
6.5 การอบยางแผ่นดิบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 800 วัตต์	85
6.6 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบที่ใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 600 วัตต์	86
6.7 ยางแผ่นอบแห้งที่ได้จากการอบด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แก๊สหุงต้ม และไมโครเวฟ	86
7.1 การทำความสะอาดแผ่นยาง	88
7.2 การชั่งน้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนทดสอบ	89
7.3 การฝั่งลมยางแผ่นดิบที่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้แล้ว	89
7.4 การทดลองแบบอบยางแผ่นในตู้อบด้วยแก๊ส LPG	90
7.5 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีน้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์)	94
7.6 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน)	95
7.7 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน)	95

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
7.8 นำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน)	96
7.9 นำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีไม่ได้ชุบน้ำส้มควันไม้)	96
7.10 เชื้อราจำพวก <i>Penicillium species</i> ที่เกิดขึ้นบนแผ่นยาง	97
7.11 การทดสอบคุณสมบัติของยางแผ่นด้วยเครื่อง Tensile Test Set	98
7.12 ตัวอย่างชิ้นยางก่อนและหลังการทดสอบ	98
7.13 ระยะเวลาของยางแผ่นกับตัวอย่างชิ้นงานตามอัตราส่วนน้ำส้มควันไม้	100
7.14 ค่าความเครียดกับตัวอย่างของชิ้นงานตามอัตราส่วนน้ำส้มควันไม้	102
7.15 ค่าเฉลี่ยความเครียดกับตัวอย่างของแผ่นยางแต่ละส่วน	102
7.16 เครื่อง Tensile Test	103
7.17 ลักษณะการจับและทดสอบคุณสมบัติยางแผ่น	103
7.18 เครื่องชุบน้ำส้มควันไม้	104
7.19 โครงสร้างเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้	105
7.20 การทำงานของเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้	105
ก-1 พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี	114
ง-1 ฝาของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	130
ง-2 ท่อควมแน่นของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	131
ง-3 ถังใส่วัตถุดิบของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	132
ง-4 ตัวเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้	133
จ-1 ห้องอบยางแผ่นดิบ (ด้านข้าง)	135
จ-2 ห้องอบยางแผ่นดิบ (ด้านหน้า)	136
จ-3 ห้องอบยางแผ่นดิบ	137
จ-4 ห้องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้ม	138
จ-5 แผงรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์	139

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่	หน้า
ฉ-1 เครื่องชุบน้ำส้มควันไม้	141
ฉ-2 เครื่องชุบน้ำส้มควันไม้ (ด้านบน)	142
ฉ-3 ส่วนประกอบของเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้	143
ฉ-4 ส่วนประกอบของเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้ (ภายใน)	144
ฉ-5 รางบรรจุน้ำส้มควันไม้และตุ๊กตึง	145



บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

ปัญหาทางเศรษฐกิจในปัจจุบันทำให้การลงทุนในด้านต่างๆ ได้ลดลงและถดถอยเป็นอันมาก ทั้งภาคการผลิต การบริการ และการบริโภคภายในประเทศ ทำให้อุตสาหกรรมขนาดเล็กต้องปิดกิจการไป โดยเฉพาะอุตสาหกรรมทางการเกษตร ซึ่งราคาของสินค้าส่วนใหญ่ถูกกำหนดจากผู้บริโภคหรือประเทศคู่ค้า สิ่งเดียวที่จะทำให้อุตสาหกรรมเหล่านี้อยู่รอด คือการลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะต้นทุนทางด้านพลังงาน

พลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมดสามารถเกิดหรือสร้างทดแทนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ได้แก่ แสงแดด ลม น้ำ และพลังงานชีวมวล ซึ่งเป็นพลังงานจากวัสดุเหลือใช้จากทั้งภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมนั้นเป็นพลังงานที่ควรนำมาพิจารณาและให้ความสนใจเป็นพิเศษ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของไทยที่มีประวัติการปลูกมาตั้งแต่รัชกาลที่ 5 (จุฬาลงกรณ์) และปัจจุบันได้ถูกนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ล้อรถยนต์ เป็นต้น และจากการศึกษาพบว่าอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควันเป็นอุตสาหกรรมอีกประเภทหนึ่งที่มีการใช้พลังงานหมุนเวียนจากทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ ลม และพลังงานชีวมวล โดยพลังงานแสงอาทิตย์และลมนั้นจะถูกนำมาใช้บ้างในช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานชีวมวล ซึ่งได้แก่ ฟืน ไม้ยางพารา เพราะหากใช้พลังงานแสงอาทิตย์และลมเพียงอย่างเดียวก็จะทำให้อุณหภูมิภายในห้องอบต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียสในวันแรกของการอบยางแผ่นดิบ ซึ่งจะก่อให้เกิดราบนยางแผ่นดิบได้ [Prasertsan, 1993] ส่วนวิธีที่จะนำพลังงานอื่นมาใช้ทดแทน เช่น พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม หรือ ฮีทเตอร์ก็จะพบปัญหาการเกิดราบนยางอบแห้ง หลังจากได้เก็บยางแผ่นอบแห้งไว้ระยะหนึ่งก่อนจัดส่งจำหน่าย เนื่องจากการอบแห้งด้วยวิธีอื่นนอกจากการรมควันจะไม่มีกรดฟีนอลิกที่มีความสามารถป้องกันการเกิดเชื้อราเคลือบบนแผ่นยาง จากการศึกษาก่อนหน้าพบว่าอนุภาคเขม่าควันและแก๊สร้อนที่เกิดจากการ

เผาไหม้ของฟืนไม้ยางพาราจะมีกรดหลายชนิดประกอบอยู่ เช่น อะซิติกและฟีนอลิก เป็นต้น [วชร กาลาสี, 2548]

ยางธรรมชาติทั่วโลกมีมากกว่า 70% ที่ผลิตมาจากทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งกระบวนการผลิตยางธรรมชาติสามารถผลิตได้หลายวิธี สำหรับการผลิตยางแผ่นรมควันนั้น ประเทศไทยสามารถผลิตได้อยู่ในระดับแนวหน้าของโลก โดยสามารถผลิตได้ประมาณ 1.2 ล้านตันต่อปี [สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2550] อุตสาหกรรมการผลิตยางแผ่นรมควันของประเทศไทยได้มีสหกรณ์สวนยางเป็นฐานหลักในการผลิต หลังจากได้จัดตั้งขึ้นในช่วงปี 2537 ถึง 2538 ทั่วทั้งประเทศกว่า 700 โรง โดยกรมส่งเสริมสหกรณ์ ซึ่งมีการดำเนินงานโดยรับน้ำยางดิบจากสมาชิกแล้วนำไปแปรรูปเป็นยางแผ่น

โรงรมยางของสหกรณ์สวนยางส่วนใหญ่ที่ตั้งอยู่ทางภาคใต้จะใช้ฟืนไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงและมีปริมาณการใช้ไม้ฟืนสูงมาก ซึ่งสวนยางกับราคาไม้ฟืนยางพาราที่สูงขึ้นจากเดิม 0.20 บาทต่อกิโลกรัมในปี 2538 [กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2538] เป็น 0.80 ถึง 1.20 บาทต่อกิโลกรัมหรือมากกว่า ในปี 2549 [สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, 2550] เพราะผลจากการแย่งซื้อไม้ยางพาราในตลาดอย่างรุนแรงของอุตสาหกรรมแปรรูปไม้และเฟอร์นิเจอร์ ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สูงขึ้นมาก

ปัจจุบันวัสดุที่เหลือใช้จำพวกเศษไม้ยางพารา ขี้เลื่อยไม้ กะลามะพร้าว และทะลายปาล์ม เป็นต้น ได้ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมจากการเผาทำลาย เนื่องจากปัญหาพื้นที่สำหรับฝังขยะจำกัดมากขึ้น นอกจากนี้ควันและอนุภาคเขม่าควันที่เกิดจากการเผาทำลายวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ก็มีผลทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศได้เช่นกัน ทางคณะผู้วิจัยจึงได้สังเกตเห็นปัญหาข้างต้นเหล่านี้ จึงมีแนวความคิดที่จะนำควันและอนุภาคเขม่าควันที่เป็นมลภาวะนี้มาแปลงสภาพ จากการควบคุมแน่นให้เป็นของเหลว คือน้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar) ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนสารเคมีที่เป็นอันตรายบางชนิด และเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการผลิตต่าง ๆ ได้ เช่น ในด้านอุตสาหกรรมก็สามารถนำไปใช้ผลิตสารดับกลิ่นตัว ผลิตภัณฑ์รักษาโรคผิวหนังหรือผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากเชื้อรา ในด้านการเกษตรก็สามารถนำไปผสมน้ำเพื่อฉีดพ่นขับไล่แมลงและป้องกันการเกิดเชื้อรา ส่วนด้านครัวเรือนสามารถนำไปผสมน้ำเพื่อป้องกันปลวกและสัตว์มีพิษต่างๆได้เช่นกัน โดยน้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นเพียงพอจะมีประสิทธิภาพเทียบเท่าการอบฆ่าเชื้อด้วยการรมควัน [วชร กาลาสี, 2551]

1.2 ปัญหาของอนุภาคเขม่าควันที่มีต่ออย่างแผ่นรมควัน

แม้ว่าวิธีการรมควันยางแผ่นดิบจะสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนยางแผ่นรมควันได้ แต่คุณภาพของยางแผ่นรมควันอาจจะลดลงได้ เนื่องจากผลของอนุภาคเขม่าควันที่ได้ไปเกาะติดบนผิวของแผ่นยางทั้งก่อนและระหว่างการรมควัน โดยก่อนการรมยางจะมีอนุภาคเขม่าควันเกาะอยู่ที่ราวไม้ไผ่และโครงเหล็กแขวนยาง ซึ่งเมื่อนำยางแผ่นดิบไปพาดบนราวไม้ไผ่ จะทำให้อนุภาคเขม่าควันไปเกาะติดบนผิวของยางแผ่น [คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2545] ส่วนในระหว่างการรมยางอนุภาคเขม่าควันที่ไหลมากับแก๊สร้อนจะไปเกาะติดบนขอบของแผ่นยางบนราวพาดและตามแผ่นยาง [Prasertsan, 1993 Kalasee, 2009 และ Kalasee et. al., 2003] ทำให้มีสีที่คล้ำมาก และขายได้ในราคาที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

1.3 ปัญหาในการผลิตยางแผ่นรมควันของประเทศไทย

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการแปรรูปยางเป็นผลิตภัณฑ์อย่างชั้นสูง เช่น ยางรถยนต์และถุงมือยางนั้นยังมีจำนวนน้อยในประเทศไทย จึงทำให้ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ในรูปของยางแผ่นรมควันเป็นส่วนใหญ่ แต่ในปัจจุบันประเทศที่นำเข้ายางแผ่นรมควันจากไทย เช่น สหรัฐอเมริกาได้ลดการนำเข้าจากไทย เพราะยางแผ่นรมควันที่ส่งออกไปมีสิ่งเจือปนมาก และมีราคาสูงกว่ายางแผ่นรมควันของอินโดนีเซียซึ่งที่มีคุณภาพเดียวกัน [สถาบันวิจัยยาง, 2543] ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะทำให้เกิดผลกระทบต่ออุตสาหกรรมยางแผ่นรมควันของไทยในอนาคต โดยเฉพาะสหกรณ์สวนยางที่เป็นฐานการผลิตหลักของประเทศ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควัน

1.4 ปริมาณและคุณภาพของยางแผ่นรมควันที่ผลิตได้

ยางแผ่นรมควันที่ทางสหกรณ์สวนยางผลิตได้นั้นยังมีปริมาณและคุณภาพไม่แน่นอน ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ถูกกดราคาจากทางโรงงานอุตสาหกรรม โดยปกติแล้วทางโรงงานจะให้ราคายางแผ่นรมควันที่ผลิตได้จากสหกรณ์สวนยางสูงสุดเพียงยางแผ่นรมควันชั้น 3 ดังนั้นการเพิ่ม

คุณภาพของยางแผ่นรมควันของสหกรณ์อาจเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็นในปัจจุบัน แต่ถ้าทางสหกรณ์สามารถควบคุมปริมาณและคุณภาพของยางแผ่นรมควันที่ผลิตได้แต่ละครั้งให้คงที่ก็จะมีผลต่อต้นทุนการผลิตและการกำหนดคุณภาพมาตรฐานในอนาคต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาความเป็นไปได้และผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางแผ่นเมื่อนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบกับยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยาง ทำให้ทางสหกรณ์สวนยางมีแนวทางที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควัน และสามารถแข่งขันในตลาดได้

1.5 วัตถุประสงค์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์
- ศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้จากการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์

1.6 ขอบเขตการศึกษา

- โครงการวิจัยนี้มีขอบเขตเพื่อศึกษาว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์นั้น จะมีคุณสมบัติเป็นอย่างไรเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นยางที่ได้มาจากการรมควันของสหกรณ์สวนยาง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตยางแผ่นอบแห้ง โดยการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทดแทนการใช้ฟืน ไม้ยางพารา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรสวนยาง สหกรณ์สวนยาง และผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับยางแผ่น

- เป็นแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับไม้ยางพารา
- สามารถลดมลภาวะทางอากาศได้
- สามารถลดการตัดไม้ทำลายป่าของเกษตรกรได้



บทที่ 2

ทฤษฎี

ในบทนี้ได้กล่าวถึงทฤษฎี มาตรฐานและกระบวนการต่างๆ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ เพื่อเป็นแนวทางเลือกและลดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันของเกษตรกรชาวสวนยาง ซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีในการรมยางแผ่นดิบ การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน น้ำส้มควันไม้ การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ การอบแห้ง การถ่ายเทความร้อน กำขหุงต้ม และคลื่นไมโครเวฟ

2.1 กรรมวิธีในการรมยางแผ่นดิบ

ในการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์โรรมยางนั้น ทางสหกรณ์จะรับน้ำยางจากสมาชิกมาเพื่อผลิตยางแผ่นดิบก่อนแล้วจึงทำการรมควันให้ยางแห้ง ในกรรมวิธีการรมควันนั้นทางสหกรณ์ใช้วิธีการให้แก๊สร้อนจากการเผาไหม้ไม้พืนไพลเข้าสัมผัสกับแผ่นยาง ทำใหยางแผ่นแห้งและสุก เพื่อรักษาคุณภาพของยางแผ่นและป้องกันการเกิดรา โดยการแห้งของยางแผ่นสังเกตได้จากการไม่มีส่วนชุ่มมัวในเนื้อยางแผ่น ซึ่งยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพดีในเนื้อยางแผ่นจะไม่มีสิ่งสกปรกและฟองอากาศ ปกติในการรมควันของสหกรณ์สวนยางแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 4 ถึง 7 วัน [Brey Mayer et. al., 1993 และอนันต์ จรรยาศักดิ์, 2541] แต่ถ้าหากมีปัญหาห้องรมเกิดการสูญเสียความร้อนมาก ระยะเวลาในการรมก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการรมควันจะมีค่าอยู่ระหว่าง 49 ถึง 63 องศาเซลเซียส โดยในวันแรกจะรมยางที่อุณหภูมิประมาณ 49 ถึง 52 องศาเซลเซียส และจะค่อยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพราะถ้าเร่งอุณหภูมิในวันแรกสูงเกินไปก็จะเกิดยางฟองขึ้น เช่นเดียวกันในวันต่อมาหากใช้อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดก็จะเกิดยางฟองได้ ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิต้องเพิ่มอย่างช้าๆ โดยการใส่ไม้พืนไพลอย่างสม่ำเสมอ 2 ถึง 3 ชั่วโมงต่อครั้ง เพื่อควบคุมให้ห้องรมควันมีอุณหภูมิประมาณ 50 ถึง 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดต้อง

ควบคุมให้ไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นจะทำให้ยางแผ่นเหวและมีการยืดตัว สำหรับยางแผ่นดิบที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ควรควบคุมอุณหภูมิห้องรม ดังนี้ [Prasertsan, 1993]

วันที่ 1 อุณหภูมิ	49-52 องศาเซลเซียส
วันที่ 2 อุณหภูมิ	52-57 องศาเซลเซียส
วันที่ 3 อุณหภูมิ	57-60 องศาเซลเซียส
วันที่ 4 อุณหภูมิ	60-63 องศาเซลเซียส

โดยทั่วไปการรมควันของสหกรณ์จะหยุดใส่เชื้อเพลิงไม้ฟืนในวันสุดท้าย และห้องรมจะมีอุณหภูมิตกลงเหลือประมาณ 50 องศาเซลเซียส

การรมควันยางแผ่นนั้นจะต้องใช้เชื้อเพลิงไม้ฟืนเท่านั้น เนื่องจากในควันไฟมีกรดฟีนอลิก (phenolic acid) ที่จะไปเคลือบแผ่นยางสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ โดยทั่วไปทางสหกรณ์จะใช้เชื้อเพลิงจากไม้ยางพารา เนื่องจากหาได้ง่ายในท้องถิ่นและต้นทุนไม่สูงนัก [คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2545]

2.2 การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน

การจัดชั้นยางแผ่นรมควันสามารถจัดแบ่งตามข้อกำหนดของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร [สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, 2545] ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน

ชั้นยาง	การหีบห่อ	ยางเสียปลอมปน	คุณสมบัติยางแผ่น
ชั้น 1 พิเศษ (NO.1 RSS XL)	แต่ละก้อนต้องมีรา แต่ขณะส่งมอบอนุญาตให้มีราแห่งจำนวนเล็กน้อย บนผิวก้อนที่ติดกับแผ่นยางที่ห่อได้	ต้องไม่มียางที่รอยไหม้เป็นจุดๆ หรือเป็นแถบๆ ไม่มียางย่อยหรือยางเยิ้ม ไม่มียางอ่อนรม ไม่มียางแถม ไม่มียางขุ่นมัว ไม่มียางไหม้	แผ่นยางต้องแห้งสนิท สะอาดและดูแข็งแรงคงทนปราศจากข้อตำหนิใดๆ อันได้แก่ สิ่งปลอมแปลงเจือปน ราสนิม ยางพอง ดินหรือทราย สิ่งสกปรกเจือปนอื่นๆ อนุญาตให้มีฟองอากาศขนาดปลายเข็มได้
ชั้น 1 (NO.1 RSS)	เหมือนชั้น 1 พิเศษ	เหมือนชั้น 1 พิเศษ	เหมือนชั้น 1 พิเศษ ต่างกันที่อนุญาตให้มีตำหนิเปลือกไม้และฟองอากาศได้เล็กน้อย

ชั้นยาง	การหีบห่อ	ยางเสียปลอมปน	คุณสมบัติยางแผ่น
ชั้น 2 (NO.2 RSS)	อนุญาตให้มีราสนิมหรือ ราแห้งได้ไม่เกิน 5%	เหมือนชั้น 1 พิเศษ และ ชั้น 1	เหมือนชั้น 1
ชั้น 3 (NO.3 RSS)	อนุญาตให้มีราสนิมหรือ ราแห้งได้ไม่เกิน 10%	เหมือนชั้น 1 พิเศษ ชั้น 1 และชั้น 2	เหมือนชั้น 1 พิเศษ ชั้น 1 และ ชั้น 2 แต่ยินยอมให้ยางแผ่นดูไม่ค่อย สะอาดขึ้นเล็กน้อย
ชั้น 4 (NO.4 RSS)	อนุญาตให้มีราสนิมหรือ ราแห้งได้ไม่เกิน 20%	เหมือนชั้น 1 พิเศษ ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3	เหมือนชั้น 3 และอนุญาตให้มีตำหนิ เปลือกไม้ ฟองอากาศ สิ่งเจือปน โปร่งแสงเหนียวเล็กน้อย ยางแกร่ง ได้
ชั้น 5 (NO.5 RSS)	อนุญาตให้มีราสนิมหรือ ราแห้งได้ไม่เกิน 20%	จะต้องไม่มียางที่มีรอยไหม้ เป็นจุดๆ หรือเป็นแถบๆ ไม่ มียางข้อยหรือยางเอ็ม ไม่มี ยางไหม้ อนุญาตให้มียาง อ่อนรมได้เล็กน้อย อนุญาต ให้มียางแกร่งได้เล็กน้อย	ยางแผ่นต้องแห้งสนิท อนุญาตให้มี ตำหนิ เปลือกไม้ ฟองอากาศ ยาง พองได้เล็กน้อย

2.3 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) หมายถึง ของเหลวสีน้ำตาลใสมีกลิ่นควันไฟ ที่ได้มาจากการควบแน่น (condensed) ควันที่เกิดจากการเผาไหม้ไม้ในช่วงที่เป็นถ่าน (carbonization) โดยมีอุณหภูมิของเตาเผาอยู่ระหว่าง 300 – 400 องศาเซลเซียส [พูนันทน์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2543]

2.3.1 ประวัติ

ในประเทศญี่ปุ่น ได้มีการผลิตถ่านไม้มานานกว่า 15 ศตวรรษ และได้พัฒนาวิธีการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพและผลดีอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาพบว่าได้มีการนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการควบแน่นควันที่เกิดขึ้นระหว่างการผลิตถ่านไม้มาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ในรัชสมัยเมจิ [พูนันทน์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2543]

ปัจจุบันสมาคมน้ำส้มควันไม้แห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นคนกลางในการซื้อขายน้ำส้มควันไม้ ได้ตั้งเกณฑ์มาตรฐานของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากเตาอิวตะไว้ โดยการวัดอุณหภูมิที่ปากปล่องควันระหว่าง 80 – 150 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิภายในเตาจะอยู่ระหว่าง 300 – 400 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้สามารถเก็บได้โดยอาศัยเครื่องมือง่ายๆ โดยอาศัยการถ่ายเทความร้อน

จากปล่องคักควันที่มีอุณหภูมิสูง สู่อากาศรอบปล่องคักควันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ความชื้นในควันก็เกิดควบแน่นเป็นหยดน้ำ นำมารวบรวมและทำให้บริสุทธิ์ขึ้นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ [พุดินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ, 2543]

2.3.2 คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ เป็นของเหลวที่มีสารประกอบทางเคมีนับร้อยชนิด เป็นสารเคมีที่ทางคณะกรรมการอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (เอฟดีเอ) อนุญาตให้ใช้สำหรับแต่งกลิ่นควันในอาหาร รวมทั้งให้สามารถใช้เคลือบผิวงานไม้ เพื่อป้องกัน มอด แมลง เชื้อรา และใช้ทดแทนสารเคมีอันตรายบางชนิด กรรมวิธีการผลิตน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพต้องทำดังนี้ คือ การคัดขนาดและแยกประเภทของไม้ก่อนทำการเผาทุกครั้ง โดยในการเผาไม้นั้นอุณหภูมิระหว่างการเผา ต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 300 – 400 องศาเซลเซียส และต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ยังไม่ได้ทำให้บริสุทธิ์อย่างน้อย 2 วัน ครั้ง [เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546] น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำประมาณ 85 % กรดอินทรีย์ประมาณ 3 % และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12 % มีค่าความเป็นกรด (pH) ประมาณ 3 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012 – 1.024 แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมบัติของน้ำส้มควันไม้

คุณสมบัติ	น้ำส้มควันไม้	น้ำส้มควัน ไม้ที่กลั่นแล้ว
ค่า pH	1.5 – 3.7	1.5 – 3.7
ความถ่วงจำเพาะ	1.005	1.001
ความเป็นกรด	1 – 18%	1 – 18%
สี	เหลือง น้ำตาลจาง น้ำตาลแดง	ไม่มีสี เหลืองจาง น้ำตาลแดงจาง
ความใส	ใส	ใส
สารแขวนลอย	ไม่มี	ไม่มี

2.3.3 การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำส้มควันไม้

การผลิตน้ำส้มควันไม้ในปัจจุบันยังเป็นการผลิตจากภูมิปัญญาชาวบ้านซึ่งได้ผลิตน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่านที่ทำจากถ่านน้ำมัน 200 ลิตร และมีเทคนิคในการดักเก็บน้ำส้มควันไม้โดยการลดพื้นที่หน้าเตาลงให้เหลือประมาณ 20-30 เซนติเมตร สำหรับให้อากาศเข้าเพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิในเตาไว้ให้นานที่สุดเพื่อยืดระยะเวลาในการดักเก็บน้ำส้มควันไม้ให้นาน ซึ่งช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการดักเก็บน้ำส้มควัน ไม้คืออุณหภูมิปากปล่องประมาณ 82-120 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำส้มควัน ไม้ที่ได้มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน สามารถกัดกร่อนโลหะบางชนิดได้ มีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.002-1.014 และมีค่าพีเอช ประมาณ 3.51-4.46 [เคหะการเกษตร, 2546]

จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ และคณะ, 2548 ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำส้มควันไม้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยขี้เลื่อยไม้ยางพาราจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์จะถูกนำไปผ่านการร่อนตะแกรงเพื่อคัดขนาด และถูกนำไปทดสอบหาความชื้นและองค์ประกอบโดยวิธี proximate analysis จากนั้นนำขี้เลื่อยเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์เพื่อทำการกลั่นสลายไม้ที่อุณหภูมิ 300 – 500 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน น้ำมันดินและก๊าซต่างๆที่ได้จากการกลั่นสลายไม้ จะถูกนำเข้าสู่เครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็น น้ำส้มควัน ไม้ดิบที่เก็บได้จะถูกนำไปหาอีลด์พีเอช และค่าความถ่วงจำเพาะ รวมทั้งการหาองค์ประกอบที่สำคัญในน้ำส้มควัน ไม้ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออีลด์ที่ได้ แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไปแล้ว คุณภาพของน้ำส้มควัน ไม้จะลดลง เพราะมีการปนเปื้อนของทาร์ในน้ำส้มควัน ไม้สูงมาก

ส่วนพัฒนาการผลิตน้ำส้มควัน ไม้โดยใช้เตาที่มีลักษณะคล้ายกับ Rotary kiln furnace หรือ Screw furnace โดยภายในเตาเผาจะมี Electric heater เป็นตัวให้ความร้อนและมีเตาเผา ทั้งหมด 2 ตัวโดยที่ในเตาเผาตัวแรกจะทำการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ซึ่งน้ำส้มที่ได้จะมีคุณภาพสูง ส่วนของวัตถุดิบที่ได้ไม่กลั่นตัวจะถูกส่งไปยังเตาเผาที่ตัว 2 และทำการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2- 4 ชั่วโมง ซึ่งน้ำส้มควัน ไม้ที่ได้จะมีทาร์ปนเปื้อนอยู่ส่วนถ่านที่ได้จะมีคุณภาพดี และนอกจากนั้นยังได้มีการทดลองโดยเปลี่ยนอุณหภูมิในเตาเผา จากการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำส้มควัน ไม้ที่ได้จะลดลง แต่คุณภาพของน้ำส้มควัน ไม้ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควัน ไม้ที่ได้ใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ส่วนที่อุณหภูมิ 400 และ 450 องศาเซลเซียส จะมีทาร์และเบนโซไพรีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งปะปนออกมาด้วย

ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าเปลี่ยนแหล่งพลังงานความร้อนโดยใช้ก๊าซในโตรเจนเพิ่มเข้าไป ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จะเพิ่มขึ้นเป็น 40-50% ของน้ำหนักไม้แต่จะทำให้คุณภาพและปริมาณของถ่านที่ผลิตได้เปลี่ยนแปลง [IARC, 1982]

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 400 องศาเซลเซียสขึ้นไปพบว่าจะมีทาร์และสารก่อมะเร็งปนเปื้อนออกมาด้วยจึงได้มีการคิดค้นที่จะปรับปรุงน้ำส้มควันไม้ที่ได้โดยน้ำส้มควันไม้ดิบที่กลั่นได้ไปผ่านเครื่องกรองซึ่งมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอก 2 ถัง โดยเริ่มแรกจะปล่อยน้ำส้มควันไม้ดิบให้ไหลลงสู่ชั้นกรองที่มีลักษณะแตกต่างกันไปเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้น้ำส้มควันไม้ที่เหมาะสมจะนำมาใช้กับร่างกายมนุษย์ เนื่องจากสารอันตรายต่างๆ เช่น เบนโซไพรีน ได้ถูกกำจัดออกไปหมดแล้ว [IARC, 1982]

2.4 การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเก็บจากเตาเผา นั้น ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนเป็นถ่านไม้ไม่ได้เกิดขึ้นกันทั้งเตา แต่จะเริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบน แล้วแผ่กระจายมายังด้านล่างเตา ดังนั้นควันที่ผสมกันระหว่างควันที่อุณหภูมิต่ำและสูง และเมื่อสูงถึง 310 องศาเซลเซียส ลิกนิน (Lignin) ก็เริ่มจะสลายตัวก็จะมีน้ำมันดิน (Tar) และสารระเหยง่าย (Volatile) ปนออกมาด้วยการทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์นั้นสามารถทำได้ 3 วิธีด้วยกัน คือ

2.4.1 การปล่อยให้ตกตะกอน

การปล่อยให้ตกตะกอนสามารถทำได้โดยการนำน้ำส้มควันไม้มาเก็บไว้ในถังทรงสูง มีความสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า โดยทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้ก็จะตกตะกอนแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดจะเป็นน้ำส้มใส ชั้นกลางเป็นของเหลวใสสีขาวคือน้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างสุดจะเป็นของเหลวข้นสีดำคือน้ำมันดิน หากนำผงถ่านมาผสมประมาณ 5% ผงถ่านก็จะดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดิบให้ตกตะกอนลงสู่ชั้นล่างสุดในเวลาเร็วขึ้น เพียงประมาณ 45 วัน ระหว่างที่ปล่อยให้ตกตะกอนสารประกอบในน้ำส้มควันไม้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเปลี่ยนเป็นสารประกอบใหม่ที่มีโมเลกุลยาวขึ้น เช่น ฟอรัมาดีไฮด์ ทำปฏิกิริยากับ ฟีนอล เปลี่ยนเป็นน้ำมันดินแล้วจึงจะเกิดการตกตะกอน หรือจับตัวติดแน่นกับผนังเก็บ ดังนั้นหากนำน้ำส้มควันไม้ที่ได้มากรองโดยไม่ตกตะกอนเสียก่อนก็จะเกิดน้ำมันดิน

2.4.2 การกรอง

การกรองโดยการใช้ผ้ากรอง หรือถังกรองที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะได้สมบัติที่แตกต่างกันออกไป เพราะถ่านกัมมันต์จะลดความความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ และจะนำวิธีนี้เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในงานอุตสาหกรรมต่อไป

2.4.3 การกลั่น

การกลั่นสามารถทำได้โดยการกลั่นได้ทั้งในความดันบรรยากาศและกลั่นแบบลดความดันรวมทั้งการกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกเฉพาะสารอย่างใดอย่างหนึ่งในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์มักใช้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตามทั้งการกรองและการกลั่น ต้องทำหลังจากตกตะกอนก่อนเท่านั้น เนื่องจากต้องรอให้ปฏิกิริยาในน้ำส้มควันไม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ก่อนดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น

2.5 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ด้านคือ

2.5.1 ด้านอุตสาหกรรม

- ผลิตสารดับกลิ่นตัว และสารปรับผิวนุ่ม
- อุตสาหกรรมอาหารรมควัน
- อุตสาหกรรมย้อมผ้า
- ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลง
- ผลิตยารักษาโรคผิวหนัง เชื้อไทฟอยด์ และอาหารเสริมภูมิคุ้มกัน

2.5.2 ด้านครัวเรือน

- น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้น 100 % สามารถใช้รักษาแผลสดได้
- น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนผสมกับน้ำ 20 ส่วน สามารถทำลายปลวกและมดได้
- น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนผสมกับน้ำ 50 ส่วน สามารถป้องกันปลวก มด และสัตว์ชนิดต่างๆ

2.5.3 ด้านการเกษตร

- ใช้น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนที่ผสมกับน้ำ 20 ส่วน พ่นลงบนดินสามารถทำลายจุลินทรีย์และแมลงในดินได้

- น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนผสมกับน้ำ 50 ส่วน สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำลายพืชได้
- ใช้น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนที่ผสมกับน้ำ 200 ส่วน ฉีดพ่นบนใบไม้ สามารถขับไล่แมลงและป้องกันเชื้อราได้

2.5.4 ด้านการปศุสัตว์

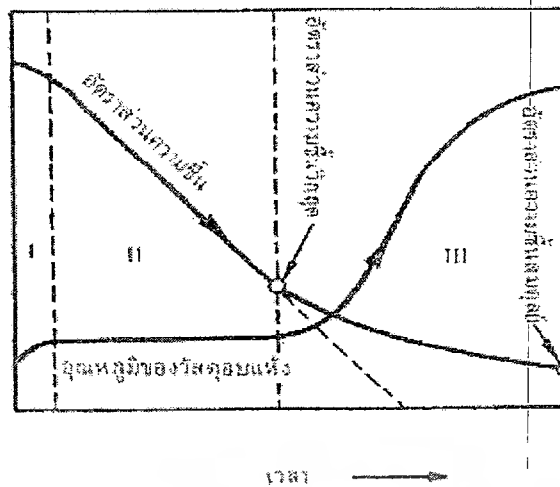
- น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วน ผสมกับน้ำ 100 ส่วน สามารถลดกลิ่นและแมลงรบกวนได้
- ใช้น้ำส้มควันไม้ผสมผงถ่าน สามารถช่วยย่อยและป้องกันโรคท้องเสียของสัตว์เลี้ยง ช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ ทำให้ไข่แดงใหญ่และเหนียว เพิ่มปริมาณวิตามินและลดคลอเรสเตอรอล เพิ่มปริมาณนม ลดกลิ่นมูลสัตว์ และทำให้สัตว์ลดความเครียด
- สามารถยับยั้งการฟักไข่แมลงในมูลสัตว์ได้

2.6 การอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการลดความชื้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่ชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยวัสดุ

2.6.1 ทฤษฎีการอบแห้ง

การอบแห้ง เป็นกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย หลักการของการอบแห้งซึ่งการอบแห้งวัสดุทั่วไปนั้น มักใช้อากาศเป็นตัวกลาง ในการอบแห้งความร้อนจะถูกถ่ายเทจากกระแสอากาศไปยังผิวของวัสดุที่มีความชื้นอยู่ภายในเมื่อสัมผัสกับอากาศร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ ทำให้วัสดุอบแห้งดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นจะระเหยกลายเป็นไอออกจากวัสดุไปสู่บรรยากาศรอบข้างกระบวนการอบแห้งวัสดุใดๆ จะมีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทมวลของความร้อน หรือน้ำ จากวัสดุไปสู่บรรยากาศรอบๆ ข้าง ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ไหลผ่านวัสดุอบแห้งมีค่าคงที่และอากาศที่ถูกถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุเป็นแบบการพาความร้อน การลดลงของความชื้นในวัสดุอบแห้งจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เส้นอัตราส่วนความชื้นกับเวลา

กรณีนี้เป็นการวางวัสดุที่เปียกชื้นกระแสดมปริมาณมากที่อุณหภูมิความชื้น (Humidity) และความเร็วลมคงที่ จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง

1. ช่วงให้ความร้อนเบื้องต้นกับวัสดุ เป็นช่วงที่ผิวของวัสดุที่เปียกชื้น ความชื้นที่ผิวจะอยู่ในรูปของน้ำ ถ้าเอาวัสดุมาอบแห้งภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) ของกระแสดมร้อน

2. เป็นช่วงอบแห้งที่อุณหภูมิกึ่งที่ อุณหภูมิของวัสดุจะค่อนข้างคงที่โดยประมาณ ทรายใดที่ความชื้นยังคงเหลืออยู่ในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับในช่วงนี้ จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น

3. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไป เพราะการถ่ายเทความร้อนในรูปของน้ำจากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยจากผิวของวัสดุ ดังนั้นผิวของวัสดุจะอยู่ในรูปที่แห้งและอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น ความเร็วของการอบแห้งจะค่อยๆ ลดลงเพราะปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับจะลดลง แล้วความร้อนยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุด้วย

อนึ่งการอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราความชื้นลดลงถึงค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture content) โดยค่าของอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยที่จุดต่อระหว่างช่วง 2 และ 3 เรียกว่า อัตราส่วนความชื้นวิกฤต (Critical moisture content)

จากการศึกษาพบว่าช่วงที่ 2 และ 3 มีเวลานานกว่าช่วงที่ 1 อาจไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงช่วงที่ 1 เลยก็ได้ สำหรับกรณีที่วัสดุไม่เปียกหรือชื้นหรือมีลักษณะเฉพาะบางชนิดอาจไม่มีช่วงที่ 2 เลยก็ได้ โดยเงื่อนไขการอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. เงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ก่อให้เกิดการอบแห้ง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับวิธีการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและวิธีการกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา
2. เงื่อนไขภายในตัววัสดุจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบและรูปร่าง อัตราส่วนความชื้นสมดุลของวัสดุแห้ง และอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ

2.6.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

การทำแห้งจะมีอัตราเร็วในการทำแห้ง (Rate of drying) มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายหลักการดังนี้

1. ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง

โดยทั่วไปแล้วเครื่องอบแห้งแบบใช้ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอื่นๆ เนื่องจากว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามต้องการ และมีการระบายความร้อนได้ดีโดยใช้พัดลมช่วย

2. อุณหภูมิของการทำแห้ง

ยิ่งอุณหภูมิสูงเท่าใด น้ำก็ยิ่งระเหยออกได้ง่ายเท่านั้น แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส

3. อัตราเร็วของลมหรืออากาศ

ถ้าการอบแห้งมีลมช่วยระบายอากาศด้วย ยิ่งให้การทำแห้งเร็วยิ่งขึ้น และถ้าการระบายอากาศภายในตู้อบได้ดีแล้วยิ่งทำให้อาหารแห้งเร็วและมีความสม่ำเสมอด้วย

4. ความหนาของวัสดุที่ต้องการอบแห้ง

ถ้าวัสดุที่ต้องการอบแห้งมีความหนามากเกินไป จะทำให้อัตราการทำแห้งต่ำ เพราะว่ามีภาระของน้ำซ้ำ

5. ขนาดและรูปร่างของวัสดุที่ต้องการอบแห้ง

หากวัสดุที่ต้องการอบแห้งมีขนาดเล็กและมีรูปร่างแบนยาว จะแห้งได้เร็ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของการทำแห้ง ยังมีพื้นที่ผิวในการรับพลังงานความร้อนมากเท่าใดก็ยิ่งทำให้วัสดุที่ต้องการอบแห้งแห้งเร็วขึ้นเท่านั้น

2.6.3 ความชื้นวิกฤติ (Critical moisture content)

ความชื้นที่ตรงจุดสุดท้ายของช่วงการอบแห้งคงที่ (Constant rate period) นั้นเรียกว่า ความชื้นวิกฤติ ซึ่งค่าความชื้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวางวัสดุอบแห้ง เช่น การวางแบบ กระจายกับการวางเป็นกองๆ ในกรณีแรกค่าความชื้นวิกฤติจะน้อยกว่ากรณีหลังมาก

ส่วนค่าความชื้นวิกฤตินั้นจะมีความสำคัญต่อการอบแห้งมาก เพราะถ้าค่านี้ยังต่ำการอบแห้งเพื่อให้ความชื้นต่ำๆก็เสียพลังงานและค่าใช้จ่ายน้อยเพราะการระเหยความชื้นที่เหลือต่ำกว่านั้นจะเสียค่าใช้จ่ายหรือพลังงานและเสียเวลาสำหรับการอบแห้งมาก เนื่องจากอัตราการอบแห้งหลังจากความชื้นวิกฤติเป็นช่วงการอบแห้งที่มีค่าลดลง

2.6.4 ความชื้นสมดุล (Equilibrium moisture content)

ค่าความชื้นสมดุลเป็นค่าเฉพาะอย่างหนึ่งของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแล้ววัสดุประเภท เซลล์ (Cell) จะมีค่าความชื้นสมดุลมาก ค่าความชื้นสมดุลเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยิ่งความชื้นสูงขึ้น และอุณหภูมิต่ำลงค่าความชื้นสมดุลจะยิ่งสูงขึ้น

ความชื้นสมดุลของวัสดุมีความสำคัญต่อการศึกษาระบวนการอบแห้งเพราะเมื่อทำการอบแห้งวัสดุโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ (เช่น มีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์คงที่) ความชื้นของวัสดุจะลดต่ำลงจนถึงจุดๆหนึ่งที่ไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะนั้นความชื้นในวัสดุมีความดันไอเท่ากับ ความดัน ไอของอากาศที่อยู่รอบๆ และอุณหภูมิจึงเท่ากับอุณหภูมิของอากาศรอบๆด้วย เราเรียกความชื้นในขณะนั้นว่าความชื้นสมดุล ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของ วัสดุ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2.6.5 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-Bulb Temperature)

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T) คืออุณหภูมิของอากาศที่ชั่งบอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ทั่วไป

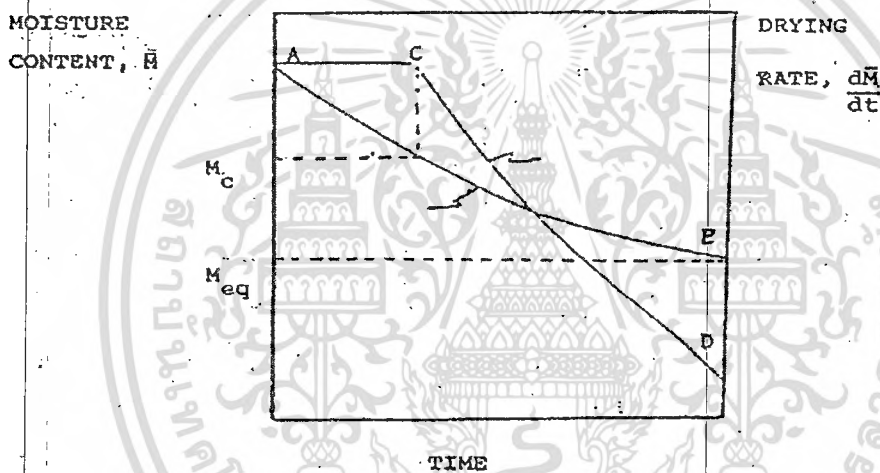
2.6.6 อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-Bulb Temperature)

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb}) คืออุณหภูมิของอากาศที่ชั่งบอกโดยเทอร์โมมิเตอร์ที่ กระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้าก๊อสปเปียก และมีลมเป่าผ่านกระเปาะนี้อย่างน้อย 4.6 m/sec อุณหภูมิ กระเปาะเปียกนี้เรียกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกเชิงไซโคเมตริก (Psychrometric Wet-Bulb Temperature) อุณหภูมิกระเปาะเปียกอีกชนิดหนึ่งมีชื่อว่า อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเทอร์โม

ไดนามิกส์ (Thermodynamic Wet-Bulb Temperature, T_{wb}) อุณหภูมิที่ได้จากการทำให้อากาศชื้น อิ่มตัวแบบ Adiabatic Saturation โดยการสัมผัสกับน้ำที่อุณหภูมิ T_{wb}^* จนอากาศชื้นอิ่มตัว ค่า อุณหภูมิจะปะทะเปือก ทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันมาก ในกรณีของอากาศแห้งและไอน้ำ

2.6.7 ปรากฏการณ์การอบแห้ง (Dry Phenomena)

วัสดุจากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นลักษณะรูพรุน เมื่อทำการอบแห้งวัสดุ เหล่านี้ที่สภาวะอากาศคงที่ จะได้อัตราการอบแห้งเป็น 2 ช่วง คือ อัตราการอบแห้งคงที่ (Constant rate period) คือ ช่วง AC และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling rate period) คือ ช่วง CD ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เส้นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นวัสดุและอัตราการอบแห้ง

จากรูปที่ 2 จุด C คือ จุดความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Content) เป็นจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ เป็นช่วงอัตราอบแห้งลดลง ซึ่งจุดความชื้นวิกฤตินี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และสภาวะในการอบแห้ง ช่วง AC เป็นช่วงที่มีอัตราการอบแห้งคงที่ ระยะเวลาปริมาณความชื้นในวัสดุจะมีค่าสูงกว่าจุดความชื้นวิกฤติ ที่ผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัว การกระจายที่ความชื้นที่ผิวของวัสดุมีค่าสม่ำเสมอ ความชื้นจะถูกพาออกไปโดยอากาศ การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น วัสดุที่มีความชื้นต่ำ ช่นพวกเมล็ดพืชจะมีระยะสั้นมาก หรือ ไม่มีเลย

จุด E คือจุดที่ต่อไปจะไม่ทำให้น้ำหนักลดลง ความชื้นของวัสดุมีค่าคงที่ทั้งนี้เนื่องจากความดันไอน้ำจากวัสดุ มีค่าเท่ากับความดันไอน้ำในบรรยากาศที่อยู่โดยรอบวัสดุนั้น

โดยที่ค่าความชื้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศช่วง CD เป็นช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลง ระยะนี้ปริมาณในวัสดุมีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤติ น้ำภายในท่อเล็กๆ ในเนื้อวัสดุจะเคลื่อนที่มายังผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวและหรือไอน้ำได้ช้ามากและช้ากว่าการระเหยของน้ำจากผิว

2.7 การถ่ายเทความร้อน

การไหลของความร้อน เรียกว่า การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีผลต่างของอุณหภูมิเท่านั้น โดยความร้อนจะไหลจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

2.7.1 การนำความร้อน (Heat Conduction)

การนำความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายในวัตถุชิ้นหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันทุกจุดหรือเมื่อนำวัตถุ 2 ชิ้นที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาสัมผัสกัน ปัจจัยที่มีส่วนในการกำหนดอัตราการนำความร้อนก็คือผลต่างของอุณหภูมิ มิติและรูปร่างของวัตถุ และคุณสมบัติของวัตถุ ยิ่งผลต่างของอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้นเท่าใดอัตราการนำความร้อนก็จะสูงขึ้นเท่านั้น ในกรณีของการนำความร้อนถ้าอุณหภูมิที่ทุกๆ จุดของวัตถุที่นำความร้อนมีค่าคงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาเรียกว่า การนำความร้อนที่สภาวะคงที่ (Steady-state Heat Conduction) ในกรณีนี้ ปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยของวัตถุในหนึ่งหน่วยเวลาจะมีค่าคงที่ ในทางตรงกันข้าม ถ้าอุณหภูมิของวัตถุทั้งชิ้น หรือ อุณหภูมิของวัตถุส่วนหนึ่งมีการแปรเปลี่ยนค่าตามเวลา อัตราการนำความร้อนของวัตถุย่อมเปลี่ยนค่าตามเวลาด้วย ในกรณีนี้เรียกว่า การนำความร้อนในสภาวะไม่คงที่ (Unsteady-state Heat Conduction) โดยทั่วไปการนำความร้อนที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน สามารถถือว่าเป็นการนำความร้อนในสภาวะคงที่

2.7.2 การพาความร้อน (Heat Convection)

การถ่ายเทความร้อนแบบการพาเป็นลักษณะเฉพาะของของไหล เพราะจะเกิดขึ้นในก๊าซและของเหลวเท่านั้น ในการพาความร้อน โมเลกุลของก๊าซหรือของของเหลวจะเคลื่อนที่ผ่านไป ยังผิวถ่ายเทความร้อนอย่างไม่ขาดสายและทำการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิวนั้น ด้วยเหตุนี้ยังการเคลื่อนของโมเลกุลกระจัดกระเนงขึ้นเท่าไร อัตราการพาความร้อนก็จะสูงขึ้นเท่านั้นเพราะจำนวนของโมเลกุลที่เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวถ่ายเทความร้อนมีเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน มีอยู่บ่อยๆ ที่ทำการกวนของไหลด้วยแรงกลบ้าง; หมุนเวียนของไหลด้วยเครื่องสูบบ้าง หรือจับเคลื่อนของไหลด้วยวิธีการพิเศษบ้าง การทำเช่นนี้เรียกว่า การพาโดยบังคับ (Forced Convection) ในทางตรงข้าม การพาความร้อนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหลอย่างธรรมชาติเนื่องจากแรงลอยตัว (Buoyant Force) ที่เกิดจากการขยายตัวของของไหลด้วยความร้อนเรียกว่า การพาอย่างธรรมชาติ (Natural Convection) หรือการพาอย่างอิสระ

2.7.3 การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดขึ้นระหว่างผิว 2 แห่งที่มีอุณหภูมิต่างกัน และถูกคั่นกลางด้วยตัวกลาง (Medium) ที่ยอมให้รังสีความร้อนวิ่งผ่านได้ อากาศที่บริสุทธิ์ และสุญญากาศจะยอมให้รังสีความร้อนวิ่งผ่านได้ แต่ของเหลวส่วนใหญ่จะไม่ยอมให้รังสีความร้อนวิ่งผ่าน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ไอน้ำ และส่วนใหญ่ของก๊าซที่สันดาปได้จะมีคุณสมบัติยอมให้รังสีที่มีความยาวคลื่นเฉพาะบางช่วงเท่านั้นวิ่งผ่าน เมื่อรังสีความร้อนแผ่ไปถึงผิวของวัตถุ รังสีส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับจากผิววัตถุ รังสีส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนเป็นความร้อนและไปเพิ่มอุณหภูมิของวัตถุที่รับรังสีความร้อน และในบางครั้งรังสีอีกส่วนหนึ่งจะวิ่งทะลุวัตถุนั้นโดยไม่เปลี่ยนเป็นความร้อน

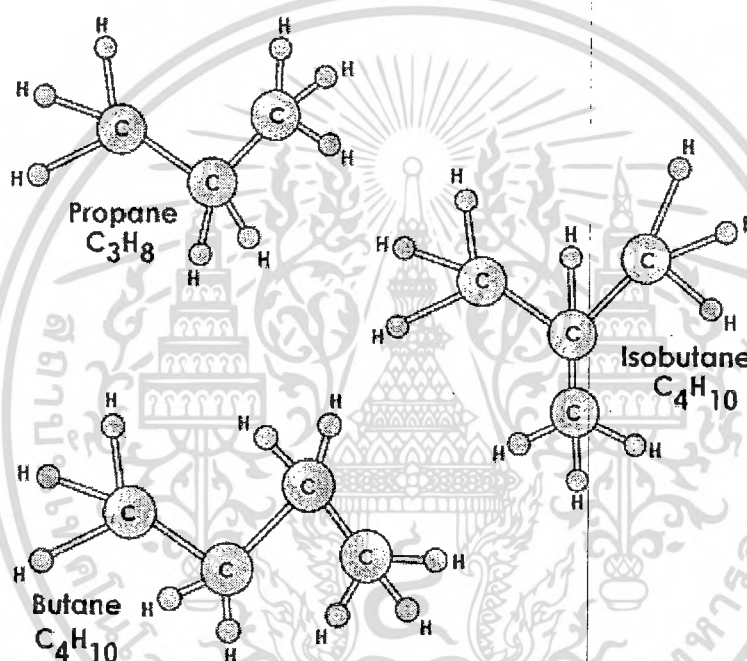
2.8 แก๊สหุงต้ม

แก๊สหุงต้ม หรือ Liquefied Petroleum Gas (LPG) เป็นหนึ่งในพลังงานทางเลือกที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วโลกในปัจจุบัน และยังเป็นพลังงานหลักในการทำความร้อน การอบแห้งและการปรุงอาหารในประเทศกำลังพัฒนา เช่น อินเดีย ลาว พม่า และรวมไปถึงพื้นที่

ห่างไกลบางแห่งในสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ในปัจจุบันราคาพลังงานน้ำมันได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการใช้แก๊สหุงต้มเพื่อให้พลังงานในอุตสาหกรรมต่างๆเพิ่มมากขึ้น

2.8.1 คุณสมบัติของแก๊สหุงต้ม

ปัจจุบันมีแก๊สหุงต้มที่ใช้กันอยู่ 2 ชนิด คือ โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) ที่สามารถเก็บอยู่ในรูปของเหลวภายใต้ความกดดันได้ โดยปกติแล้วบิวเทนและไอโซบิวเทน (รูปที่ 2.4) จะถูกนำมาผสมกับโพรเพน ตามความเหมาะสมและความต้องการในงานแต่ละประเภท



รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของไอโซบิวเทน

2.8.2 คุณสมบัติของโพรเพนและบิวเทน

โพรเพน (Propane) เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถพกพาได้ มีจุดเดือดที่ -44°F หรือ -42°C นั่นคือโพรเพนจะสามารถกลายเป็นไอได้ทันทีที่ถูกปล่อยออกจากภาชนะบรรจุ ซึ่งต้องมีการควบคุมความดันในการเก็บรักษาและใช้งาน

บิวเทน (Butane) มีจุดเดือดอยู่ที่ 31°F หรือ -0.6°C นั่นคือบิวเทนจะไม่สามารถกลายเป็นไอได้ในอุณหภูมิที่เย็นมากๆ ซึ่งทำให้การนำบิวเทนไปใช้งานที่ยากขึ้น ซึ่งหลายๆ กรณีเราจำเป็นต้องผสมบิวเทนกับโพรเพน เพื่อความเหมาะสมกับการใช้งาน

2.8.3 การให้พลังงานความร้อน

โพรเพนหนักหนึ่งปอนด์สามารถให้พลังงานความร้อนได้ถึง 21,548 BTU ในขณะที่บิวเทนให้พลังงานความร้อนได้เพียง 21,221 BTU และเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานชนิดอื่นพบว่า ทั้งโพรเพนและบิวเทนยังคงให้พลังงานความร้อนสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหินและไม้ที่ให้พลังงานความร้อน 21,200 BTU 10,000 BTU และ 7,000 BTU ตามลำดับ

2.9 คลื่นไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากถึง 2,450 ล้านรอบต่อวินาที มีลักษณะคล้ายกับคลื่นวิทยุแต่มีความถี่ที่สูงกว่า หลักการสำคัญของเตาไมโครเวฟ คือตัวแม่กนิตรอนที่จะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เพราะคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นความถี่สูงมีโพรงสี่ จึงไม่กระจายและสะสมในร่างกายมนุษย์

สำหรับระบบการทำงานของเตาไมโครเวฟนั้น คลื่นไมโครเวฟจะพุ่งเข้าสู่สิ่งที่ต้องการอบแห้งจากทุกทิศทาง โดยรอบของผนังเตาด้านในแล้วแผ่กระจายไปสู่สิ่งที่ต้องการอบแห้ง เมื่อคลื่นไปกระทบสิ่งที่ต้องการอบแห้ง จะทำให้โมเลกุลของสิ่งที่ต้องการอบแห้งเกิดการสั่นและเสียดสีกัน ก่อให้เกิดเป็นพลังงานความร้อนทำให้สิ่งที่ต้องการอบแห้งแห้งอย่างรวดเร็ว หลักการนี้คล้ายกับการที่เราใช้มือถูกันไปมาเร็วๆ จนรู้สึกร้อนขึ้นมาทันที จากคุณสมบัติเด่นของคลื่นไมโครเวฟที่ทำให้สิ่งที่ต้องการอบแห้งแห้งอย่างรวดเร็ว รวมถึงยังมีความสะดวก ประหยัด ปลอดภัย และไร้เขม่าควันไฟ จึงทำให้คลื่นไมโครเวฟถูกนำมาใช้ในการอบแห้งอย่างกว้างขวาง

2.9.1 คุณสมบัติของคลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟจะมีลักษณะเด่น 3 ประการ คือ

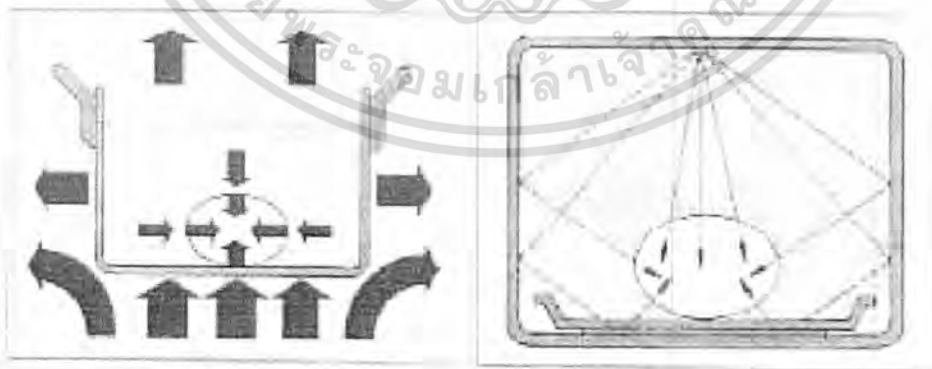
- การสะท้อนกลับ (Reflection) คลื่นไมโครเวฟเมื่อไปกระทบกับวัตถุที่เป็นโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะ คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านวัตถุดังกล่าวได้ และจะเกิดการสะท้อนกลับหมด ทำให้สิ่งที่ต้องการอบแห้งไม่แห้ง

- การส่งผ่าน (Transmission) คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระจกใส ไม้ เซรามิกและพลาสติกได้ เพราะวัตถุดังกล่าวไม่มีส่วนผสมของโลหะ จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในเตาไมโครเวฟ

- การดูดซึม (Absorption) ปกติสิ่งที่ต้องการอบแห้งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำ เมื่อโมเลกุลของน้ำดูดซึมคลื่นไมโครเวฟแล้วจะสลายตัวในทันทีและไม่สะสมในสิ่งที่ต้องการอบแห้งนั้น

2.9.2 หลักการให้ความร้อน

การอบแห้งด้วยเตาไมโครเวฟนี้แตกต่างจากการอบแห้งด้วยเตาอบธรรมดา คือเตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาอบแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้สิ่งที่ต้องการอบแห้งแห้งโดยการถ่ายเทความร้อน คือการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน แต่ในกรณีของเตาไมโครเวฟนั้นจะทำให้อาหารสุกโดยการใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูง เพื่อทำให้โมเลกุลของน้ำในสิ่งที่ต้องการอบแห้งเกิดการสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่นๆต่อไป จนเกิดเป็นพลังงานจลน์ ซึ่งพลังงานจลน์นี้จะกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน ทำให้สิ่งที่ต้องการอบแห้งแห้งอย่างรวดเร็ว โดยจะรวดเร็วกว่าการประกอบอบแห้งด้วยวิธีอื่นๆ ทั้งการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แก๊สหุงต้ม หรือไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.4 การให้ความร้อนแบบธรรมดาและการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 บทสรุป

ในบทที่ 2 นี้ได้เสนอทฤษฎีและกระบวนการที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วยกรรมวิธีในการมียางแผ่นดิบ การจัดชั้นยางแผ่นรมควัน น้ำส้มควันไม้ การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์ ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ การอบแห้ง การถ่ายเทความร้อน ก๊าซหุงต้ม และคลื่นไมโครเวฟ เพื่อนำไปออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ ห้องอบยางขนาดเล็กที่ใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ก๊าซหุงต้ม และไมโครเวฟตามลำดับ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบและผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ เพื่อเป็นแนวทางเลือกและลดต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันของเกษตรกรชาวสวนยาง ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป



บทที่ 3

เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้และน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบต่างชนิดกัน

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เน้นที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ แต่น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้แต่ละชนิดก็มีคุณภาพและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ซึ่งวิธีการควบคุมคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดสอบก็คือ การผลิตน้ำส้มควันไม้เองดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ รวมไปถึงประสิทธิภาพของเครื่องและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบด้วยวิธีต่างๆ ข้างต้นต่อไป

3.1 การออกแบบและคำนวณเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้

ในการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้สามารถแบ่งหัวข้อศึกษาได้ 2 หัวข้อ คือการศึกษาและออกแบบความหนาของถังทรงกระบอกและการหาประสิทธิภาพการควบแน่นของคอนเดนเซอร์

3.1.1 การออกแบบถังทรงกระบอก

เนื่องจากเตาเผาจำเป็นต้องเป็นถังที่ต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้เกี่ยวข้องกับความดันสูงด้วย นั่นคือต้องทนความดันได้สูง ดังนั้นจึงต้องออกแบบเตาเผาให้เป็นถังทรงกระบอก เนื่องจากรูปถังทรงกระบอกจะสามารถทนความดันได้สูงที่สุดกว่าถังรูปแบบอื่นๆ และสามารถรับแรงเค้นที่เกิดขึ้นได้ดีในระหว่างการทำงาน ซึ่งสามารถออกแบบรายละเอียดของถังทรงกระบอกได้ดังนี้

ออกแบบเป็นถังทรงกระบอก ที่มี $L = 2D$ (ตามมาตรฐานแล้วนิยมออกแบบให้ถังมีความสูง เป็น 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง)

ฝาดังด้านบนเป็นฝาดังรูปไข่มาตรฐาน (เนื่องจากฝาดังรูปไข่จะสามารถรองรับแรงเค้นที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าฝาดังชนิดอื่นๆ)

สภาวะการออกแบบ : $T_{\max} = 500^{\circ}C$ $T_{des} = 530^{\circ}C$

$$V_{\max} = 10L$$

จากสมการ $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$$\frac{(1atm)(22.4L)}{(25 + 273)K} = \frac{P_2(10L)}{(530 + 273)K}$$

$$P_2 = 6.04 \text{ atm} \quad (1atm = 101.325 \text{ kPa})$$

$$P_2 = 612 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 0.612 \text{ MPa}$$

จากสมการ $P_{des} = (1.1)P_2$

$$= (1.1)(0.612)$$

$$P_{des} = 0.673 \text{ MPa}$$

หาความเค้นในการออกแบบ (S_{des}) โดยระหว่างค่าทั้งสองค่าต่อไปนี้เป็นเลือกค่าที่ต่ำที่สุด ดังนี้

$$S_{des} = S_{ultimate} F_s$$

$$= (520)(0.09)$$

$$= 46.8 \text{ MPa}$$

$$S_{des} = S_{plate} = 63 \text{ MPa}$$

ดังนั้นจึงเลือกค่าความเค้นในการออกแบบ (S_{des}) = 46.8 MPa

หาขนาดของถังทรงกระบอกวางตั้ง :

จากสมการ $V = 0.785D_i^2 L + V_{head}$ โดย $L = 2D$ (V_{head} คือ ปริมาตรของฝาดังรูปไข่)

$$V = 0.785D_i^2 (2D) + V_{head}$$

$$V = 0.785(2)D_i^2 + 0.131 D_i^3$$

$$V = 1.701D_i^3$$

$$\frac{10L}{1000L} \times 1 \text{ m}^3 = 1.701 D_i^3$$

$$D_i = 0.1805 \text{ m} = 18.05 = 180.5 \text{ mm}$$

ดังนั้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังทรงกระบอก = 180.5 mm ปรับเป็น = 200 mm

ความยาวของถังทรงกระบอก จาก $L = 2D = 2(200) = 400 \text{ mm}$

$$\text{ผ่าถังรูปไข่มาตรฐานสูง } h = \frac{D_i}{4} = \frac{200}{4} = 50 \text{ mm}$$

การตรวจสอบว่าถังทรงกระบอกเป็นถังแบบบางหรือแบบหนา จากสมการข้างล่างนี้ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าความดันในการออกแบบ (P_{des}) ถ้ามากกว่าเป็นถังทรงกระบอกบาง แต่น้อยกว่าเป็นถังทรงกระบอกหนา

$$0.385(S_{des}) = 0.385(46.8) = 18.018 \text{ MPa}$$

พบว่ามีค่ามากกว่าค่าความดันในการออกแบบ ($P_{des} = 0.673 \text{ MPa}$) แสดงว่าเป็นถังทรงกระบอกควรเป็นแบบบาง

หาความหนาของถังทรงกระบอกแบบบาง :

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } t &= \frac{P_{des} D_i}{2S_{des} - 1.2P_{des}} \\ t &= \frac{(0.673)(200)}{2(46.8) - 1.2(0.673)} \\ t &= 1.45 \text{ mm} \end{aligned}$$

ความหนาที่ได้นำไปบวกกับความหนาเพื่อชดเชยการกัดกร่อนปานกลางวัสดุราคาแพง (1.5 มิลลิเมตร)

ดังนั้น ความหนาต่ำสุดของตัวถัง = $1.45 + 1.5$
 = 2.95 mm ปรับเป็น 3 mm

หาความหนาของฝาถังรูปไข่มาตรฐาน :

จากสมการ $t = \frac{P_{des} D_i}{2S_{des} - 0.2P_{des}}$
 $t = \frac{(0.673)(200)}{2(46.8) - 0.2(0.673)}$
 $t = 1.44 \text{ mm}$

ความหนาที่ได้นำไปบวกกับความหนาเพื่อชดเชยการกัดกร่อนปานกลางของวัสดุราคาแพง (1.5 มิลลิเมตร)

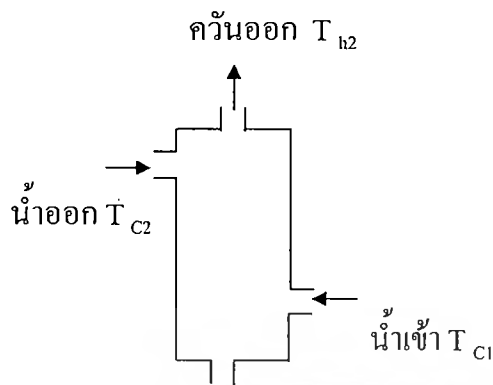
ดังนั้น ความหนาต่ำสุดของตัวถัง = $1.44 + 1.5$
 = 2.94 mm ปรับเป็น 3 mm

ดังนั้นจึงสามารถสรุปรายละเอียดของตัวเครื่องเตาเผาที่ได้ออกแบบไว้ได้ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องต้นแบบที่สามารถออกแบบได้

รายละเอียด	ค่าที่ออกแบบได้
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังสเตนเลส	200 มิลลิเมตร
ขนาดความสูงของถังสเตนเลส	400 มิลลิเมตร
ความหนาของถังสเตนเลส	3 มิลลิเมตร
ความหนาของฝาถังรูปไข่มาตรฐาน	50 มิลลิเมตร

3.1.2 การหาประสิทธิภาพการควบแน่นของคอนเดนเซอร์



รูปที่ 3.1 ลักษณะการไหลของกระแสในคอนเดนเซอร์

กำหนดให้

$$\begin{aligned}
 T_{C1} &= \text{อุณหภูมิของน้ำขาเข้า} = 30^{\circ}\text{C} \\
 T_{C2} &= \text{อุณหภูมิของน้ำที่ออกจาก} = 36^{\circ}\text{C} \\
 T_{h1} &= \text{อุณหภูมิของควั่นที่เข้า} = 90^{\circ}\text{C} \\
 T_{h2} &= \text{อุณหภูมิของควั่นที่ออก} \\
 U &= 2.3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}} \\
 C_w &= \text{ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ} = 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}} \\
 M_w &= \text{อัตราการไหลของน้ำ} \\
 &= \frac{1\text{lit}}{29.37\text{s}} \times \frac{1000\text{cm}^3}{1\text{lit}} \times \frac{1\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}} = 3.4 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

จากสมการ

$$\begin{aligned}
 q_w &= m_w C_w \Delta T \\
 &= \left[3.4 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \left[4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}} \right] [T_{C2} - 30^{\circ}]
 \end{aligned}$$

จากสมการ

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln \left[\frac{T_{h2} - T_{c2}}{T_{h1} - T_{c1}} \right]}$$

$$= \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (90 - 30)}{\ln \left[\frac{T_{h2} - T_{c2}}{90 - 30} \right]}$$

$$= \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - 60}{\ln \left[\frac{T_{h2} - T_{c2}}{60} \right]} \dots \dots \dots (1)$$

จากสมการ

$$q = UA\Delta T_m = U(\pi DL)\Delta T_m$$

แทนค่า

$$[0.142T_{c2} - 3.55] = \left[2.3 \frac{W}{m^2 C} \right] [\pi \times 0.15 \times 0.5] \Delta T_m$$

ดังนั้น

$$\Delta T_m = \frac{[0.142T_{c2} - 3.55]}{(2.3)(\pi \times 0.15 \times 0.5)} \dots \dots \dots (2)$$

สมการ (1) = (2) :

$$\frac{(T_{h2} - T_{c2}) - 60}{\ln \left[\frac{T_{h2} - T_{c2}}{60} \right]} = \frac{[0.142T_{c2} - 3.55]}{(2.3)(\pi \times 0.15 \times 0.5)}$$

ทำการ trial and error : โดยแทนค่า $T_{c2} = 36^\circ C$

$$\frac{(T_{h2} - 30^\circ C) - 60^\circ}{\ln \left[\frac{T_{h2} - 36^\circ}{60} \right]} = \frac{[(0.142)(36) - 3.55]}{(2.3)(\pi \times 0.04 \times 0.5)}$$

$$T_{\max} = 600^\circ C \quad T_{des} = 300^\circ C$$

$$V_{\max} = 10 \text{ L}$$

จากสมการ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{(1\text{atm})(0.38\text{L})}{(40+273)\text{k.}} = \frac{P_2(10\text{L.})}{(300+273)\text{k.}}$$

$$P_2 = 0.0695 \text{ atm. (1 atm = 101.325 kPa)}$$

$$P_2 = 7.0487 \text{ KPa.}$$

$$P_2 = 0.00704 \text{ Pa.}$$

จากสมการ

$$P_{des} = (1.1) P_2$$

$$= (1.1)(0.00704)$$

$$P_{des} = 0.007744 \text{ MPa}$$

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้ ออกแบบ รวมไปถึงปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากพื้นไม้ยางพารา กะลามะพร้าว ทะลายปาล์ม จี้เถี่ยวและฟืนไม้ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้แต่ละ ชนิดก่อนที่จะนำไปทดสอบกับยางแผ่นดิบต่อไป

3.2.1 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้

เตาเผาเป็นเตาที่ใช้ในการเผาวัตถุดิบต่างๆแล้วทำการควบแน่นจากควันที่ได้จากการเผา เพื่อให้ได้น้ำส้มควันไม้ โดยเตาดังกล่าวจะมีการทำจากเหล็กหนาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 75 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้

3.2.2 ถังสแตนเลสใส่วัตถุดิบ

ถังสแตนเลส เป็นภาชนะ สำหรับบรรจุวัตถุดิบต่างๆ ในการเผา โดยจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร มีน้ำหนักประมาณ 6.61 กิโลกรัม หนา 3 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ถังสแตนเลสใส่วัตถุดิบ

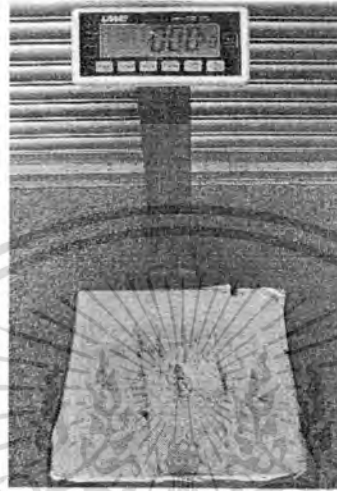
3.2.3 ถังแก๊สพร้อมวาล์วแก๊สและสายแก๊ส

ถังแก๊สพร้อมวาล์วแก๊สและสายแก๊สเป็นชุดอุปกรณ์ที่ใช้ให้ความร้อนแก่เตาเผาในการเผาวัตถุดิบต่างๆ แก๊สที่ใช้เป็นแก๊ส หุงต้มในครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ตาชั่งวัดถุดิบ

ตาชั่งวัดถุดิบเป็นตาชั่งดิจิตอลใช้สำหรับชั่งถั่งใส่วัตถุดิบ รวมทั้งใช้ในการชั่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง และใช้สำหรับชั่งถั่งแก๊สเพื่อหาปริมาณการใช้แก๊สในการเผาแต่ละรอบ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตาชั่งถั่งวัตถุดิบ

3.2.5 ถังใส่น้ำหล่อเย็น

ถังใส่น้ำหล่อเย็นเป็นถังพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ใช้ในการใส่น้ำหล่อเย็นในการกลั่น ดังรูปที่ 3.5

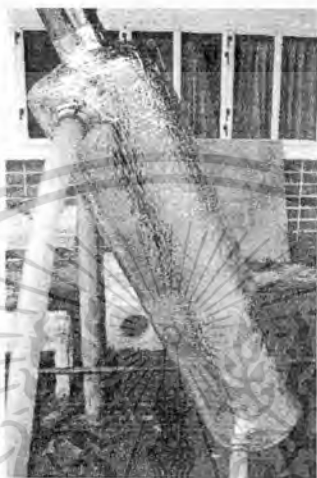


รูปที่ 3.5 ถังใส่น้ำหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ชุดควบแน่น (Condenser)

ชุดควบแน่น หรือ Condenser เป็นชุดสำหรับควบแน่นควันที่ได้จากการเผาวัตถุดิบ โดยมี การนำน้ำมาช่วยในการหล่อเย็น คือ น้ำจะมีการไหลวนเพื่อให้กระบวนการกลั่นเกิด ประสิทธิภาพสูงสุด โดยน้ำจะไหลจากท่อทางด้านล่างและไหลออกทางท่อทางด้านบน จะมี ขนาดความยาว 55 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ชุดควบแน่น (Condenser)

3.2.7 ปัมมุดน้ำหล่อเย็น

ปัมมุดน้ำหล่อเย็นเป็นปัม AP 1600 ใช้ไฟ AC 220 – 240 V ใช้ในการจุดน้ำหล่อเย็นเข้าสู่ชุด Condenser ทางท่อด้านล่างแล้วอัดน้ำในชุด Condenser ให้ไหลออกทางท่อด้านบน เป็นอุปกรณ์ ที่ใช้ในการหมุนวนน้ำในชุด Condenser ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ปัมมุดน้ำหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 ภาชนะรองน้ำส้มควันไม้

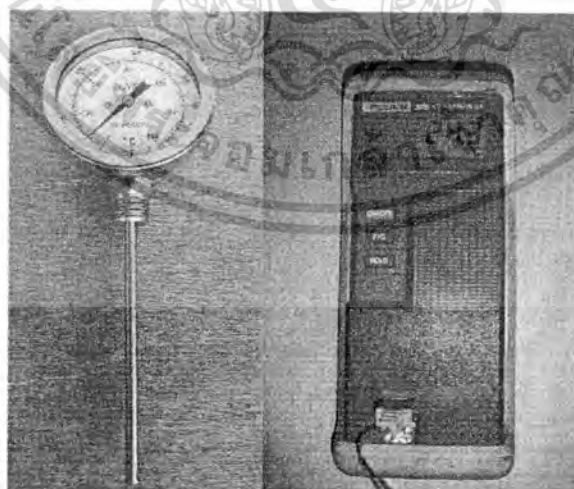
ภาชนะรองน้ำส้มควันไม้เป็นภาชนะที่ใช้รับรองน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการกลั่นโดยชุดควบแน่น (Condenser) ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ภาชนะรองน้ำส้มควันไม้

3.2.9 เทอร์โมมิเตอร์และเกจวัดอุณหภูมิ

เทอร์โมมิเตอร์แบบเกจ เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้กับตัวเตาเผา เพื่อใช้ตรวจสอบอุณหภูมิในการเผาภายในเตาเผา จะทนอุณหภูมิได้ 600°C ส่วนเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบอุณหภูมิของท่อควันแต่ละจุด ดังรูปที่ 3.9

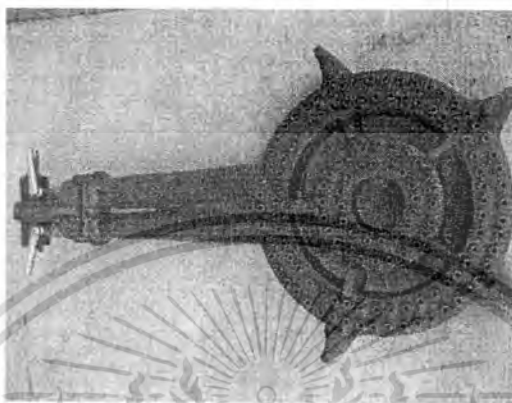


รูปที่ 3.9 เทอร์โมมิเตอร์และเกจวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.10 หัวแก๊ส

หัวแก๊สเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการให้ความร้อนกับถังสแตนเลสที่บรรจุวัตถุคิบในเตาเผา โดยจะมีวาล์วปรับความยาว – แรงของไฟที่จะใช้ในการเผา อยู่ 2 ด้าน คือ จุดกลางของหัวแก๊ส และรอบนอกของหัวแก๊ส ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 หัวแก๊ส

3.2.11 นาฬิกาจับเวลา

นาฬิกาจับเวลาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับเวลาในการเผาแต่ละครั้ง เป็นนาฬิกาแบบดิจิทัล ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 นาฬิกาจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนในการดำเนินงานสามารถแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน คือ

1. เตรียมอุปกรณ์ ประกอบด้วยเตาเผา ชุดควบแน่น ชุดแก๊ส ภาชนะรองน้ำส้มควันไม้
2. เตรียมวัตถุดิบน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม นำมาใส่ในภาชนะถึงสแตนเลสทรงกระบอกหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ความสูง 40 เซนติเมตร
3. ภาชนะที่บรรจุวัตถุดิบวางลงในเตาเผา จากนั้นปิดเตาเผา
4. ทำการติดแก๊ส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ วัตถุดิบก็จะเกิดการเผาไหม้ทำให้เกิดควัน เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่น้ำส้มควันไม้กลั่นตัวของวัสดุแต่ละชนิดเริ่มตั้งแต่ $150-300^{\circ}\text{C}$ ให้ทำการปล่อยน้ำเข้าสู่ชุดควบแน่นเพื่อทำการควบแน่น
5. เมื่อวันกระทบกับความเย็นก็จะเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำส้มควันไม้ จากนั้นหยดน้ำส้มควันไม้ก็จะไหลลงสู่ภาชนะรองน้ำส้มควันไม้
6. หลังจากเผามาเป็นระยะเวลาหนึ่ง เมื่อสังเกตเห็นว่าควันเริ่มลดน้อยลงแล้วก็จะหยุดทำการควบแน่น ปิดแก๊สของเตาเผา จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิเย็นลง
7. เมื่ออุณหภูมิจึงเตาเย็นลงแล้วก็ทำการเปิดเตาเผา นำภาชนะสแตนเลสทรงกระบอกที่บรรจุวัตถุดิบออกมา เอาวัตถุดิบที่เผาออก ให้ทำความสะอาดให้เรียบร้อย
9. ทำการเพิ่มน้ำหนักวัตถุดิบขึ้นเป็น 3.0 กิโลกรัม ให้ทำการทดลองซ้ำตามวิธีการทดลองข้อที่ 3-7

3.4 ผลการศึกษาปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้

ผลการศึกษานี้ได้แสดงถึงปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบที่ต่างชนิดกันและมีปริมาณที่ต่างกัน ทำให้สามารถเลือกและคำนวณปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตน้ำส้มควันไม้ให้เพียงพอต่อความต้องการในการทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ต่อไป โดยผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.21

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองเฝ้าระวังพาราที่เฟรมมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่ชุดความแน่น		อุณหภูมิชุดความแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.1 kg.	200 °C	120 °C	30 °C	35 °C	83 °C	61 °C	34.33 min.	80 ml.	102 °C	72 °C
2	0.2 kg.	180 °C	120 °C	30 °C	34 °C	82 °C	65 °C	33.49 min.	50 ml.	97 °C	75 °C
3	0.2 kg.	190 °C	130 °C	30 °C	35 °C	83 °C	63 °C	33.40 min.	80 ml.	95 °C	73 °C
4	0.1 kg.	200 °C	120 °C	30 °C	35 °C	83 °C	63 °C	34.20 min.	70 ml.	101 °C	88 °C

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองเฝ้าระวังพาราที่เฟรมมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่ชุดความแน่น		อุณหภูมิชุดความแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.26 kg.	230 °C	140 °C	30 °C	35 °C	80 °C	62 °C	1.10 hr.	190 ml.	80 °C	74 °C
2	0.23 kg.	250 °C	170 °C	30 °C	35 °C	74 °C	53 °C	1.16 hr.	140 ml.	93 °C	63 °C
3	0.22 kg.	260 °C	170 °C	30 °C	36 °C	81 °C	63 °C	1.13 hr.	190 ml.	97 °C	71 °C
4	0.24 kg.	250 °C	150 °C	30 °C	35 °C	78 °C	57 °C	1.06 hr.	150 ml.	89 °C	68 °C

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองไฟแรงมวลดหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.11 kg.	190 °C	120 °C	30 °C	34 °C	85 °C	63 °C	29 min.	70 ml.	87 °C	96 °C
2	0.12 kg.	200 °C	130 °C	30 °C	35 °C	86 °C	65 °C	28 min.	80 ml.	92 °C	100 °C
3	0.12 kg.	190 °C	130 °C	30 °C	36 °C	86 °C	63 °C	27 min.	80 ml.	83 °C	91 °C
4	0.10 kg.	180 °C	110 °C	30 °C	35 °C	84 °C	64 °C	30 min.	60 ml.	81 °C	89 °C

ตารางที่ 3.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองไฟแรงมวลดหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.23 kg.	250 °C	160 °C	30 °C	35 °C	83 °C	59 °C	1.00 hr.	180 ml.	105 °C	70 °C
2	0.27 kg.	260 °C	180 °C	30 °C	35 °C	92 °C	64 °C	1.02 hr.	170 ml.	114 °C	74 °C
3	0.22 kg.	240 °C	170 °C	30 °C	34 °C	84 °C	58 °C	1.03 hr.	180 ml.	111 °C	78 °C
4	0.20 kg.	250 °C	180 °C	30 °C	33 °C	84 °C	54 °C	1.00 hr.	150 ml.	100 °C	73 °C

จากตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.5 พบว่าไม่เพียงพอที่จะทำให้ปริมาณไฟเบาหรือไฟแรง และมวลที่เราทำการทดลองที่ต่างกันนั้น ทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ค่อนข้างต่างกันอยู่แต่ที่ไฟเบาจะสิ้นเปลืองปริมาณแก๊สมากกว่าที่ไฟแรงเนื่องจากว่าไม่เพียงพอที่มีกรดอินทรีย์ที่รวดเร็วเมื่อเราให้ความร้อนที่สูง ก็จะทำให้ใช้เวลาในการเผาไหม้ที่ค่อนข้างน้อยและปริมาณการใช้แก๊สก็ลดลงด้วย ดังนั้นที่ปริมาณของน้ำส้มควันไม้ไม่ว่าที่ไฟเบาหรือไฟแรงที่มวล 1.5 กิโลกรัม ก็จะได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ออกมาค่อนข้างใกล้เคียงกัน และที่มวล 3.0 กิโลกรัม ที่ไฟเบาและไฟแรงก็ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ไม่แตกต่างกันด้วย อุณหภูมิที่จุดต่างๆก็มีค่าไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 3.6 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะละมังที่ไฟเบาและหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแน่นอน		อุณหภูมิจุดความแน่นอน		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
	สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	220 °C	110 °C	30 °C	34 °C	70 °C	50 °C	40 min.	60 ml.	93 °C	98 °C		
2	190 °C	150 °C	30 °C	34 °C	68 °C	47 °C	1.09 hr.	65 ml.	81 °C	92 °C		
3	220 °C	110 °C	30 °C	35 °C	72 °C	55 °C	1.00 hr.	65 ml.	97 °C	91 °C		
4	190 °C	150 °C	30 °C	35 °C	60 °C	42 °C	58 min.	60 ml.	80 °C	87 °C		

ตารางที่ 3.7 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะดามะพร้าวที่เฟรมมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดควบแน่น		อุณหภูมิจุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควินไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.47 kg.	260 °C	200 °C	30 °C	36 °C	81 °C	60 °C	53 min.	195 ml.	93 °C	68 °C
2	0.37 kg.	260 °C	190 °C	30 °C	34 °C	87 °C	59 °C	55 min.	190 ml.	81 °C	62 °C
3	0.48 kg.	250 °C	180 °C	30 °C	35 °C	85 °C	62 °C	60 min.	190 ml.	97 °C	71 °C
4	0.40 kg.	270 °C	200 °C	30 °C	35 °C	81 °C	61 °C	58 min.	180 ml.	79 °C	56 °C

ตารางที่ 3.8 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองกะดามะพร้าวที่เฟรมมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดควบแน่น		อุณหภูมิจุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควินไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.28 kg.	180 °C	120 °C	30 °C	36 °C	80 °C	43 °C	1.00 hr.	90 ml.	94 °C	100 °C
2	0.38 kg.	180 °C	120 °C	30 °C	36 °C	85 °C	44 °C	1.00 hr.	100 ml.	89 °C	110 °C
3	0.29 kg.	190 °C	110 °C	30 °C	35 °C	80 °C	42 °C	1.02 hr.	95 ml.	96 °C	115 °C
4	0.35 kg.	170 °C	110 °C	30 °C	35 °C	81 °C	45 °C	1.04 hr.	90 ml.	98 °C	100 °C

ตารางที่ 3.9 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองสถานะพลาสมาที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้		อุณหภูมิ		อุณหภูมินำที่จุดควบแน่น		อุณหภูมิจุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
	สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	280 °C	240 °C	30 °C	34 °C	80 °C	43 °C	1.30 hr.	260 ml.	92 °C	73 °C		
2	280 °C	250 °C	30 °C	35 °C	88 °C	53 °C	1.30 hr.	275 ml.	108 °C	75 °C		
3	280 °C	250 °C	30 °C	33 °C	93 °C	60 °C	1.28 hr.	250 ml.	115 °C	82 °C		
4	270 °C	240 °C	30 °C	34 °C	85 °C	52 °C	1.30 hr.	270 ml.	102 °C	72 °C		

จากผลการทดลองข้างต้น (ตารางที่ 3.6 ถึงตารางที่ 3.9) พบว่าในกรณีสถานะพลาสมาที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม และมวลที่ทำการทดลองที่ (1.5 กิโลกรัม และ 3.0 กิโลกรัม) นั้นจะสามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ที่มีปริมาณแตกต่างกันอยู่ที่ 130 และ 180 มิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนการสิ้นเปลืองปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สจะพบว่ากรณีไฟแรงจะมีการสิ้นเปลืองอยู่ที่ 0.28-0.87 กิโลกรัม และที่ไฟเบาอยู่ที่ 0.15-0.48 กิโลกรัมตามลำดับ เนื่องจากสถานะพลาสมาที่ไฟที่ค่อนข้างดี ดังนั้นมวลที่มากก็ต้องการใช้ปริมาณแก๊สที่มากขึ้นนั่นเอง แต่ถ้าวัดสถานะพลาสมาที่ไฟเกิดการลุกไหม้แล้วนั้น ก็จะทำให้ปริมาณควันนั้นมีมากจึงทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่มากกว่าที่เราใช้มวลมากขึ้นก็จะทำให้ได้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้ปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย และทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้นไปถึงประมาณ 280 °C แต่อุณหภูมิที่จุดต่างๆจะมีค่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 3.10 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองทะเลายปาล์มที่เฟรมมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่ชุดความดัน		อุณหภูมิชุดความดัน		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.56 kg.	260 °C	180 °C	30 °C	35 °C	92 °C	63 °C	55 min.	180 ml.	100 °C	105 °C
2	0.50 kg.	270 °C	190 °C	30 °C	34 °C	95 °C	67 °C	50 min.	190 ml.	103 °C	97 °C
3	0.58 kg.	250 °C	190 °C	30 °C	35 °C	93 °C	61 °C	53 min.	180 ml.	113 °C	93 °C
4	0.56 kg.	260 °C	180 °C	30 °C	35 °C	93 °C	63 °C	55 min.	190 ml.	115 °C	95 °C

ตารางที่ 3.11 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองทะเลายปาล์มที่เฟรมมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่ชุดความดัน		อุณหภูมิชุดความดัน		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.61 kg.	290 °C	190 °C	30 °C	35 °C	98 °C	72 °C	1.10 hr.	250 ml.	100 °C	73 °C
2	0.61 kg.	290 °C	200 °C	30 °C	34 °C	100 °C	85 °C	1.08 hr.	260 ml.	103 °C	77 °C
3	0.60 kg.	280 °C	190 °C	30 °C	36 °C	98 °C	73 °C	1.10 hr.	240 ml.	113 °C	83 °C
4	0.58 kg.	290 °C	180 °C	30 °C	34 °C	97 °C	72 °C	1.12 hr.	250 ml.	115 °C	85 °C

ตารางที่ 3.12 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองละลายปาล์มที่ไฟแรงมวลดหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดควบแน่น		อุณหภูมิชุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.54 kg.	240 °C	190 °C	30 °C	34 °C	85 °C	51 °C	1.00 hr.	170 ml.	135 °C	161 °C
2	0.46 kg.	250 °C	180 °C	30 °C	35 °C	83 °C	60 °C	58 min.	180 ml.	132 °C	158 °C
3	0.56 kg.	240 °C	200 °C	30 °C	36 °C	84 °C	58 °C	1.00 hr.	180 ml.	143 °C	163 °C
4	0.48 kg.	230 °C	180 °C	30 °C	34 °C	85 °C	55 °C	55 min.	160 ml.	141 °C	160 °C

ตารางที่ 3.13 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองละลายปาล์มที่ไฟแรงมวลดหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดควบแน่น		อุณหภูมิชุดควบแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.56 kg.	290 °C	250 °C	30 °C	35 °C	88 °C	56 °C	1.13 hr.	240 ml.	109 °C	78 °C
2	0.56 kg.	290 °C	260 °C	30 °C	35 °C	91 °C	60 °C	1.15 hr.	245 ml.	115 °C	79 °C
3	0.57 kg.	280 °C	250 °C	30 °C	36 °C	87 °C	58 °C	1.15 hr.	235 ml.	105 °C	75 °C
4	0.55 kg.	290 °C	240 °C	30 °C	34 °C	88 °C	56 °C	1.14 hr.	240 ml.	120 °C	70 °C

จากการทดลองข้างต้น (ตารางที่ 3.10 ถึงตารางที่ 3.13) พบว่าทะเลาะปาล์มไม่ว่าที่มวลหนัก 1.5 กิโลกรัม และมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม และไม่ว่าที่ไฟแรงหรือไฟแรงแต่ค่าปริมาณการใช้แก๊ส-อุณหภูมิของชุดความแม่นยำของน้ำก็ไม่ได้แตกต่างกันเลย แต่ที่ต่างกันคือปริมาณของน้ำต้มวัน 3 เนื่องจากมวลที่มากกว่ากันจึงทำให้ได้ปริมาณของน้ำต้มวัน 3 ที่แตกต่างกันออกไปด้วย ดังนั้นจึงสรุปว่าทางปาล์มนั้นเป็นวัสดุที่ติดไฟค่อนข้างง่ายจึงทำให้ต้องใช้ปริมาณของแก๊สที่มากด้วย แต่ปริมาณของน้ำต้มวัน 3 ที่ได้ก็แตกต่างกันปริมาณที่มากพอสมควร แต่ค่าต่างๆที่อุณหภูมิจุดต่างๆก็มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 3.14 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองชุดไฟเบามวลหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแม่นยำ		อุณหภูมิชุดความแม่นยำ		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำต้มวัน 3	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
	สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	290 °C	190 °C	30 °C	40 °C	86 °C	63 °C	1.04 hr.	220 ml.	113 °C	108 °C		
2	300 °C	180 °C	30 °C	42 °C	80 °C	58 °C	1.00 hr.	380 ml.	105 °C	101 °C		
3	300 °C	180 °C	30 °C	38 °C	83 °C	55 °C	1.02 hr.	260 ml.	110 °C	96 °C		
4	290 °C	190 °C	30 °C	40 °C	85 °C	60 °C	1.00 hr.	350 ml.	102 °C	97 °C		

ตารางที่ 3.15 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งได้ข้อมูลที่แสดงในรูปของกราฟที่ 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	1.40 kg.	300 °C	170 °C	30 °C	45 °C	107 °C	77 °C	1.30 hr.	375 ml.	113 °C	87 °C
2	1.19 kg.	290 °C	190 °C	30 °C	40 °C	96 °C	55 °C	1.20 hr.	280 ml.	105 °C	81 °C
3	1.15 kg.	290 °C	190 °C	30 °C	43 °C	93 °C	52 °C	1.25 hr.	320 ml.	98 °C	76 °C
4	1.30 kg.	290 °C	180 °C	30 °C	42 °C	98 °C	58 °C	1.30 hr.	300 ml.	102 °C	87 °C

ตารางที่ 3.16 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งได้ข้อมูลที่แสดงในรูปของกราฟที่ 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.86 kg.	240 °C	150 °C	30 °C	42 °C	90 °C	53 °C	52 min.	160 ml.	115 °C	130 °C
2	0.91 kg.	260 °C	220 °C	30 °C	46 °C	72 °C	46 °C	1.08 hr.	230 ml.	120 °C	138 °C
3	0.85 kg.	260 °C	200 °C	30 °C	40 °C	91 °C	52 °C	1.03 hr.	220 ml.	110 °C	140 °C
4	0.88 kg.	240 °C	180 °C	30 °C	38 °C	88 °C	58 °C	52 min.	170 ml.	121 °C	132 °C

ตารางที่ 3.17 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งได้โดยไม่มีที่ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊ส ที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาในการ เผา	ปริมาณน้ำส้มควินัม	อุณหภูมิ ปลายท่อ	อุณหภูมิ ถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.50 kg.	270 °C	200 °C	30 °C	42 °C	92 °C	56 °C	2.00 hr..	400 ml.	121 °C	85 °C
2	0.95 kg.	270 °C	180 °C	30 °C	43 °C	61 °C	46 °C	2.00 hr.	385 ml.	128 °C	81 °C
3	0.95 kg.	260 °C	200 °C	30 °C	40 °C	91 °C	52 °C	2.20 hr.	390 ml.	131 °C	89 °C
4	1.30 kg.	280 °C	180 °C	30 °C	40 °C	93 °C	58 °C	2.10 hr.	400 ml.	128 °C	83 °C

จากการทดลองข้างต้น (ตารางที่ 3.14 ถึงตารางที่ 3.17) พบว่าเมื่อไม่มีน้ำมัน ยิ่งถ้าเราให้ไฟแรงก็จะทำให้เผาไหม้และได้ปริมาณน้ำส้มควินัมไม่มากกว่าการที่ไฟเผาอยู่ที่ประมาณ 100 มิลลิลิตร แต่การสิ้นเปลืองปริมาณของแก๊สนั้นก็ขึ้นอยู่กับอีกด้วย แต่อุณหภูมิของการกลั่นและอุณหภูมิที่จุดต่างๆก็โดยไม่มีนั้นไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมื่อไม่มีน้ำส้มควินัมที่มากแต่การสิ้นเปลืองแก๊สก็มาก เพราะว่ามีน้ำมันมีความหนาแน่นของปริมาณจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ช้านั่นเอง

ตารางที่ 3.18 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองผงไม้มะพร้าวแบบหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊ส ที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาใน การเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิ ปลายท่อ	อุณหภูมิ ถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.49 kg.	300 °C	230 °C	30 °C	36 °C	112 °C	68 °C	58 min.	250 ml.	190 °C	170 °C
2	0.47 kg.	290 °C	230 °C	30 °C	38 °C	114 °C	70 °C	1.00 hr.	280 ml.	185 °C	163 °C
3	0.53 kg.	300 °C	220 °C	30 °C	41 °C	115 °C	73 °C	1.10 hr.	260 ml.	189 °C	165 °C
4	0.51 kg.	300 °C	250 °C	30 °C	39 °C	118 °C	78 °C	1.09 hr.	270 ml.	190 °C	169 °C

ตารางที่ 3.19 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองผงไม้มะพร้าวแบบหนัก 3.0 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊ส ที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่จุดความแน่น		อุณหภูมิจุดความแน่น		เวลาใน การเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิ ปลายท่อ	อุณหภูมิ ถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.49 kg.	300 °C	230 °C	30 °C	36 °C	112 °C	68 °C	1.10 hr.	250 ml.	227 °C	170 °C
2	0.47 kg.	290 °C	230 °C	30 °C	38 °C	114 °C	70 °C	1.08 hr.	280 ml.	229 °C	206 °C
3	0.53 kg.	300 °C	220 °C	30 °C	41 °C	115 °C	73 °C	1.10 hr.	260 ml.	223 °C	165 °C
4	0.51 kg.	300 °C	250 °C	30 °C	39 °C	118 °C	78 °C	1.12 hr.	270 ml.	230 °C	208 °C

ตารางที่ 3.20 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองฝุ่นที่มีเฟสแรงมวลหนัก 1.5 กิโลกรัม

ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่ชุดความแม่นยำ		อุณหภูมิชุดความแม่นยำ		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.63 kg.	290 °C	200 °C	30 °C	40 °C	101 °C	58 °C	1.00 hr.	190 ml.	135 °C	161 °C
2	0.59 kg.	290 °C	210 °C	30 °C	38 °C	100 °C	56 °C	52 min.	180 ml.	132 °C	158 °C
3	0.67 kg.	280 °C	190 °C	30 °C	39 °C	98 °C	50 °C	50 min.	180 ml.	143 °C	163 °C
4	0.71 kg.	290 °C	200 °C	30 °C	40 °C	102 °C	60 °C	1.10 hr.	200 ml.	141 °C	160 °C

ตารางที่ 3.21 แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองฝุ่นที่มีเฟสแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม

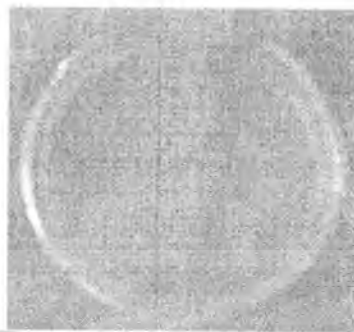
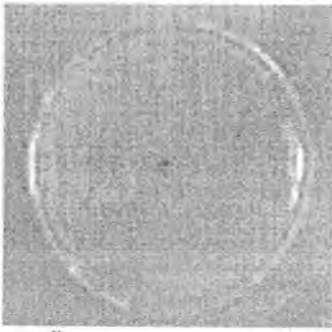
ครั้งที่	ปริมาณแก๊สที่ใช้	อุณหภูมิ		อุณหภูมิน้ำที่ชุดความแม่นยำ		อุณหภูมิชุดความแม่นยำ		เวลาในการเผา	ปริมาณน้ำส้มควันไม้	อุณหภูมิปลายท่อ	อุณหภูมิถึง
		สูงสุด	ต่ำสุด	ก่อนเข้า	หลังเข้า	ก่อนเข้า	หลังเข้า				
1	0.49 kg.	300 °C	230 °C	30 °C	42 °C	109 °C	62 °C	1.10 hr.	200 ml.	227 °C	170 °C
2	0.52 kg.	290 °C	210 °C	30 °C	40 °C	105 °C	60 °C	1.00 hr.	180 ml.	213 °C	173 °C
3	0.61 kg.	300 °C	220 °C	30 °C	42 °C	110 °C	63 °C	1.20 hr.	220 ml.	219 °C	169 °C
4	0.58 kg.	300 °C	230 °C	30 °C	44 °C	108 °C	62 °C	1.15 hr.	200 ml.	221 °C	170 °C

จากการทดลองข้างต้น (ตารางที่ 3.18 ถึงตารางที่ 3.21) พบว่าฝุ่นไม้นั้นไม่ว่าที่ไฟเบาหรือไฟแรง ที่มีมวล 1.5 กิโลกรัม และที่มีมวล 3.0 กิโลกรัม นั้นไม่ค่อยที่จะมีความแตกต่างกันมากเท่าใดไม่ว่าจะเป็นปริมาณแก๊ส เวลาที่ใช้ในการกลั่น อุณหภูมิของน้ำที่ชุดควบแน่น อุณหภูมิชุดควบแน่นรวมทั้งปริมาณของน้ำส้มควันไม้ที่ได้ แต่ที่แตกต่างกันก็คืออุณหภูมิปลายท่อที่มีความแตกต่างกันอยู่ที่ 84°C อาจจะเป็นเพราะว่าลักษณะของฝุ่นไม้ที่เป็นมวลที่มีขนาดเล็กและละเอียดมากจึงทำให้ค่าต่างๆที่ได้มีความใกล้เคียงกันอยู่มาก ไม่ว่าจะมียาวมากหรือน้อยเท่าใด ซึ่งหากพิจารณาในภาพรวมทั้งหมดพบว่าซีลี้อยไม้นั้นสามารถให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้อยู่ที่ 400 มิลลิลิตร แต่ในทางกลับกันไม้อย่างพาราทำให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้อยู่ที่ 180 มิลลิลิตร(ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม)เช่นกัน แต่ซีลี้อยไม้ก็มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สที่มากถึง 1.30 กิโลกรัม และไม้อย่างพารามีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สเพียง 0.23 กิโลกรัม(ไฟแรงมวลหนัก 3.0 กิโลกรัม)เช่นกัน เนื่องจากว่าซีลี้อยไม้มีการติดไฟที่ช้ากว่าไม้อย่างพาราอยู่มากอีกด้วย เพราะว่าซีลี้อยไม้มีอนุภาคที่เล็กและมีความหนาแน่นของมวลที่มากกว่าไม้อย่างพาราจึงทำให้ติดไฟช้ากว่าและเผาไหม้ที่นานกว่านั่นเอง แต่ที่ไม้อย่างพาราติดไฟได้รวดเร็วกว่าซีลี้อยไม้ ก็เพราะว่าในตัวไม้อย่างพารานั้นมียางไม้อยู่และมีอนุภาคที่ใหญ่กว่าซีลี้อยไม้จึงทำให้ติดไฟได้รวดเร็วกว่านั่นเอง

3.5 วิธีการและผลการศึกษการยับยั้งเชื้อราบนน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้

จากการทดสอบข้างต้นพบว่าไม้อย่างพารา ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าว ซีลี้อยและฝุ่นไม้สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ โดยในการทดสอบส่วนนี้ถือว่าไม้อย่างพารา ซีลี้อยและฝุ่นไม้นั้นเป็นวัตถุดิบชนิดเดียวกัน (ในการทดสอบข้างต้นซีลี้อยและฝุ่นไม้ได้รับมาจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์จากไม้อย่างพารา) ส่วนกะลามะพร้าวค่อนข้างจะหายากในช่วงที่ได้ทำการทดสอบประกอบกับทะลายปาล์มสามารถหาได้ง่ายในพื้นที่ และในการผลิตยางแผ่นรมควันของสหกรณ์สวนยางก็ไม่ได้ใช้กะลามะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นในส่วนนี้จึงได้ทำการทดสอบการยับยั้งเชื้อราของน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ โดยใช้ไม้อย่างพาราและทะลายปาล์มเป็นวัตถุดิบ เพื่อเป็นข้อมูลและเลือกนำไปทดสอบเคลือบบนแผ่นยางต่อไป ซึ่งมีวิธีการทดสอบคือการเก็บตัวอย่างเชื้อราโดยใช้ Needle ที่ปราศจากเชื้อ เชื้อ Colony ราจากยางแผ่นผึ่งแห้งมาแตะลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) และทำการเพาะเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการเก็บตัวอย่างโดยบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน

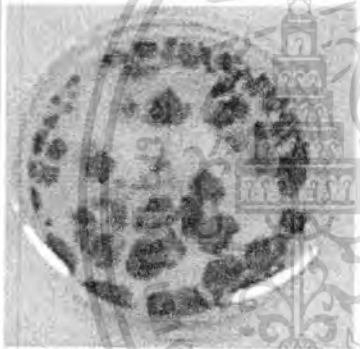
จากการศึกษาพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้อย่างพาราสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากทะเลสาปาล์ม ดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13



กรณีใช้น้ำส้มควันไม้จากทะเลสาปาล์ม

กรณีใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้อย่างพารา

รูปที่ 3.12 ราที่เกิดขึ้น (7 วัน)



กรณีใช้น้ำส้มควันไม้จากทะเลสาปาล์ม

กรณีใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้อย่างพารา

รูปที่ 3.13 ราที่เกิดขึ้น (14 วัน)

3.6 บทสรุป

จากการศึกษา ออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ พบว่าเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้สร้างขึ้นสามารถใช้ผลิตน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ไม้อย่างพารา กะลามะพร้าวและทะเลสาปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากทั้งไม้อย่างพารา กะลามะพร้าวและทะเลสาปาล์มนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 50% ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น แต่กะลามะพร้าวค่อนข้างจะหายากในช่วงที่ได้ทำการทดสอบประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับทะเลสาบปาล์มสามารถหาได้ง่ายในพื้นที่ จึงได้ทำการทดสอบการยับยั้งการเกิดเชื้อราของ น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้ โดยใช้ไม้ยางพาราและทะเลสาบปาล์มเป็นวัตถุดิบ ผลการศึกษาพบว่า น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้ยางพาราสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ดีกว่าน้ำส้ม ควันไม้ที่ผลิตได้จากทะเลสาบปาล์ม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้ ยางพาราไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สสูงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ ซึ่งจะกล่าว ในบทที่ 7 ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ห้องอบยางขนาดเล็กที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบห้องอบยางขนาดเล็กที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ต่อไป

4.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดสอบห้องอบยาง

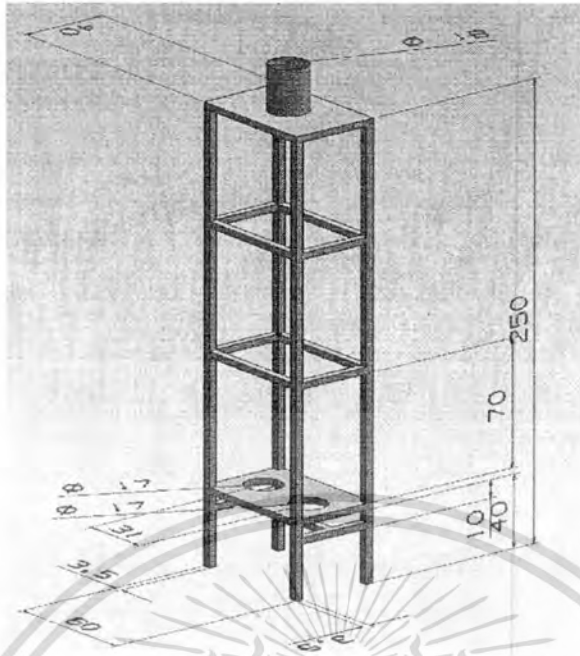
เนื่องจากการออกแบบห้องอบและวางจควบคุมอุณหภูมิภายในห้องรมยางจำเป็นต้องออกแบบ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เพื่อให้ไม่ส่งผลไปยังเรื่องการสูญเสียความร้อนของระบบ จึงได้มีการนำฉนวนกันความร้อนมาติดตั้งเพื่อป้องกันจุดนี้ ส่วนเรื่องการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบได้ออกแบบโดยการติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยในการกระจายของอุณหภูมิภายในห้องรมยาง และได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบยางไม่ให้อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด โดยในการศึกษาวิจัยนี้ได้อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลองคือ

4.1.1 ห้องอบยางที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง สามารถบรรจุแผ่นยางดิบได้ 30 แผ่น ดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 โครงสร้างห้องอบยางที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ขนาดของห้องอบยาง

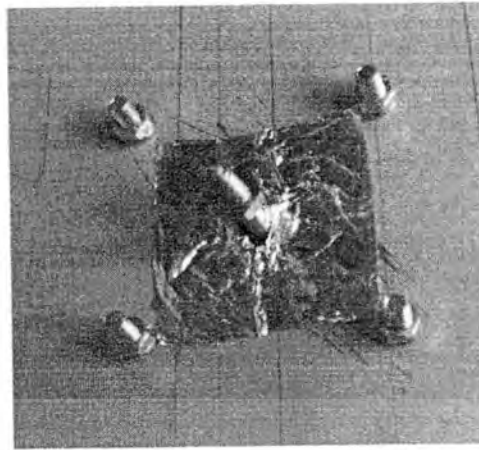
4.1.2 พัฒนาระบายอากาศ ใช้ในระบายความชื้นภายในห้องอบยางออกสู่ภายนอก ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 พัฒนาระบายอากาศ

4.1.3 Sensor วัดอุณหภูมิ ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องรมยางจากนั้นส่งสัญญาณไปยัง Temperature controller ดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 Sensor วัตถุอุณหภูมิ

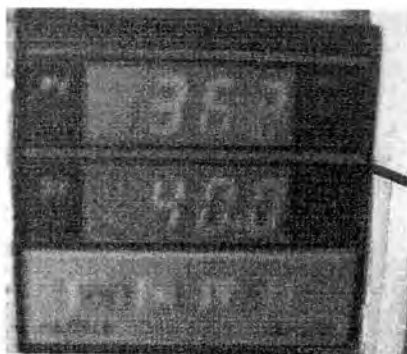
4.1.5 Relay Control มีหน้าที่รับสัญญาณจาก Temperature controller เพื่อควบคุมการเปิด - ปิด โซลีนอยด์วาล์ว และพัดลม ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 Relay Control

4.1.6 Temperature controller ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและตั้งค่าอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 Temperature controller

4.1.7 หัวจ่ายแก๊ส ทำหน้าที่ให้ความร้อนภายในห้องอบ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 หัวจ่ายแก๊ส

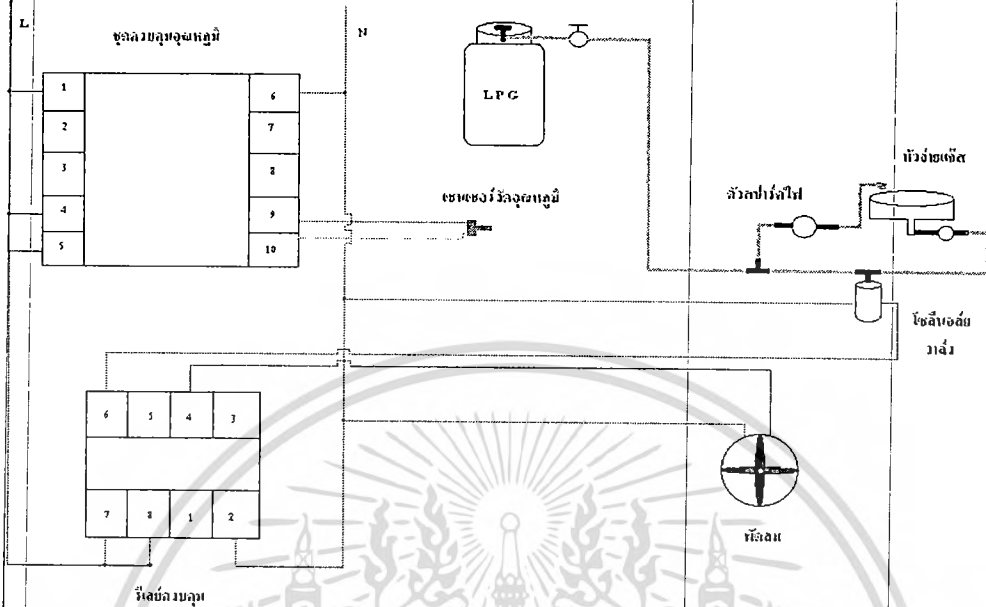
4.1.8 โซลินอยด์วาล์ว ทำหน้าที่เปิด - ปิดช่องทางการไหลของแก๊ส ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 โซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 วงจรควบคุมอุณหภูมิ ได้ทำการออกแบบ ดังรูปที่ 4.9 และมีหลักการทำงานดังนี้



รูปที่ 4.9 วงจรควบคุมอุณหภูมิ

ก่อนทดสอบจะทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการที่ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เมื่ออุณหภูมิในตัวต่ำกว่าที่ตั้งไว้ เช่น เซอร์วิทอุณหภูมิ (Sensor) จะส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นชุดควบคุมจะส่งกระแสไฟฟ้าไปยังรีเลย์ควบคุม (Relay Control) ซึ่งรีเลย์จะทำหน้าที่เป็นตัวต่อกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายไปยังโซลินอยด์วาล์วเพื่อสั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิดช่องทางให้แก๊สไหลผ่านไปยังหัวแก๊สแต่จะตัดกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายไปยังพัดลมให้หยุดการทำงาน ในทางกลับกันเมื่ออุณหภูมิภายในตู้รมสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้ เซอร์วิทอุณหภูมิ (Sensor) ก็จะส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมอุณหภูมิ จากนั้นชุดควบคุมจะส่งกระแสไฟฟ้าไปยังรีเลย์ควบคุม (Relay Control) ซึ่งรีเลย์จะทำหน้าที่เป็นตัวตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายไปยังโซลินอยด์วาล์วเพื่อปิดช่องทางไหลของแก๊สทำให้หัวแก๊สดับ แต่รีเลย์จะทำการต่อกระแสไฟฟ้าไปยังพัดลม เพื่อให้พัดลมทำงานดูดเอาความชื้นและความร้อนภายในตู้รมยางออก ซึ่งจะทำงานอย่างนี้ไปตลอดตามที่ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ข้างต้น เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในตู้รมยางให้คงที่ที่สุด

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบห้องอบยางแผ่นดิบโดยใช้แก๊สหุงต้มนั้น ได้ใช้ยางแผ่นดิบดิบที่มีขนาดของแผ่นยางคือ หน้า 2.8 – 3.2 มิลลิเมตร มีความกว้าง 38 – 46 เซนติเมตร และมีความยาว 80 – 90 เซนติเมตร ทำการทดสอบอบแห้งภายในห้องอบที่ใช้แก๊สหุงต้ม โดยจะทำการทดสอบทั้งการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบ คือ

1. นำแผ่นยางดิบที่ผ่านการขบวนการแปรรูปแล้ว นำมาล้างทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับแผ่นยาง เพื่อให้แผ่นยางดิบมีความสะอาดมากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การทำความสะอาดแผ่นยางดิบ

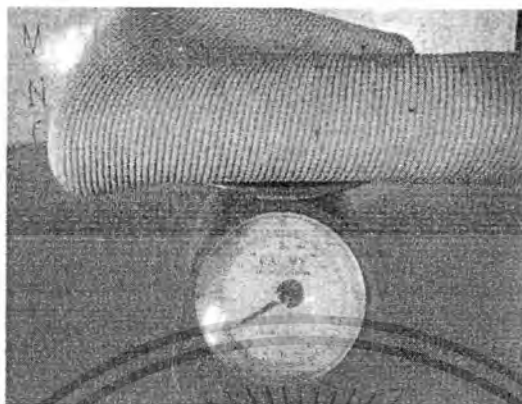
2. นำแผ่นยางดิบที่ได้จากการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมาผึ่งลมให้สะเด็ดน้ำประมาณ 3-4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แผ่นยางดิบผึ่งลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำแผ่นยางดิบที่ผ่านการฝั่งลม 3-4 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บค่าการเปลี่ยนแปลงก่อนเข้าห้องอบยาง ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เก็บค่าน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นยางดิบ

4. นำแผ่นยางดิบที่ได้เก็บค่าการเปลี่ยนแปลงแล้วเข้าห้องอบยางที่ใช้แก๊สหุงต้ม เป็นเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แผ่นยางดิบในตู้อบยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 Temperature controller

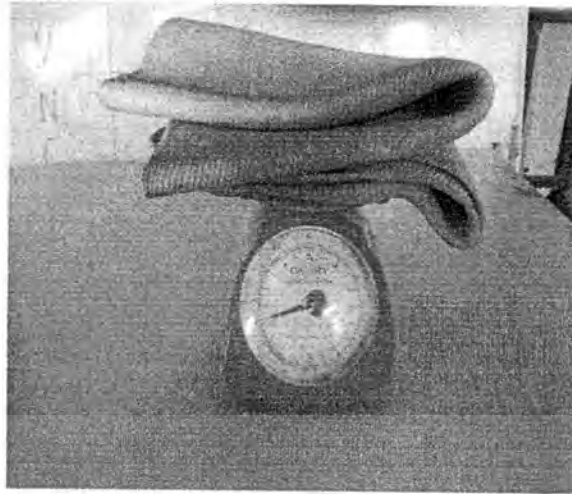
4.2.1 ขั้นตอนการตั้งค่าอุณหภูมิด้วย Temperature controller

- กดปุ่ม Mode (1 ครั้ง) เพื่อเลือกตำแหน่ง ไฟที่ SV จะกระพริบตำแหน่งหน้าจุดทศนิยม ถ้ากดอีกครั้งไฟที่ SV จะกระพริบตำแหน่งหลังจุดทศนิยม
- กดปุ่ม Down หรือ Up เพื่อเลือกค่าอุณหภูมิที่เราต้องการในการเซทในการทดลอง
- เมื่อเลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Set (เครื่อง) ไฟที่ SV จะไม่กระพริบแสดงว่าใช้ได้

4.2.2 ขั้นตอนการเก็บค่าผลการทดลอง

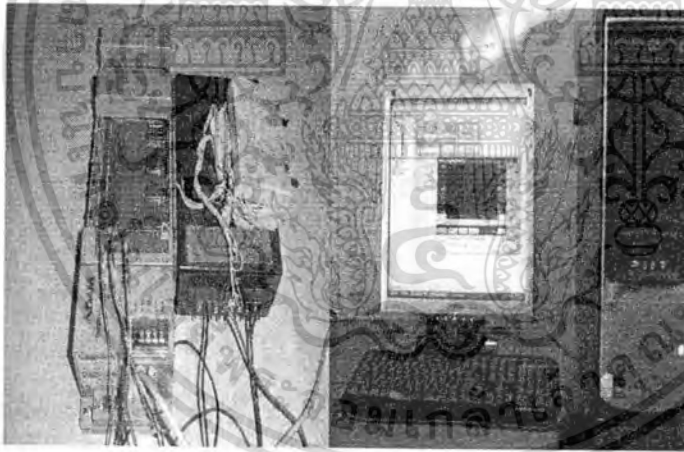
- นำแผ่นยางในห้องอบออกมาชั่งทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการชั่งทุกๆ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักยางหลังจากการอบ ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 เก็บค่าน้ำหนักระหว่างการอบ

- นำ อุปกรณ์ Data Acquisition Modules ต่อเข้ากับ Computer โดยใช้โปรแกรม ADAM เพื่อหาการกระจายอุณหภูมิภายในตู้รมยางในขณะที่ทำการทดลอง ดังรูปที่ 4.16



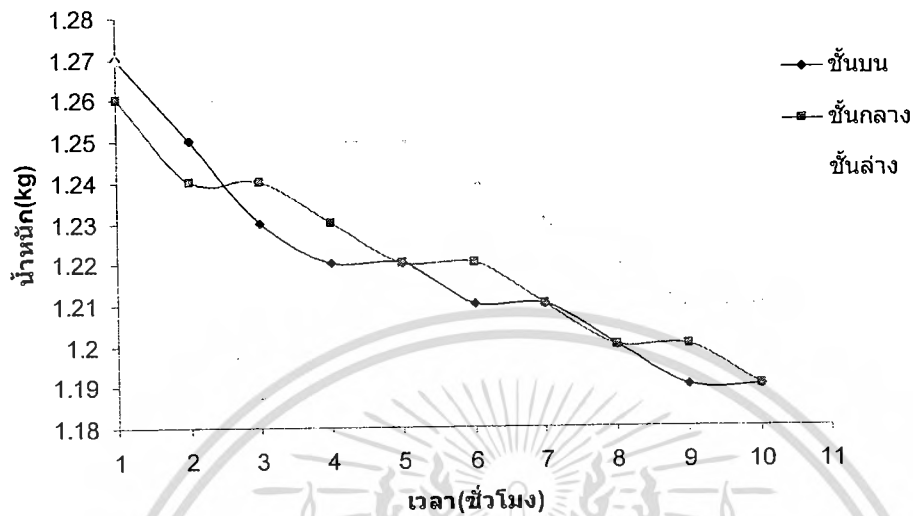
รูปที่ 4.16 อุปกรณ์ Data Acquisition Modules

4.3 ผลการทดสอบ

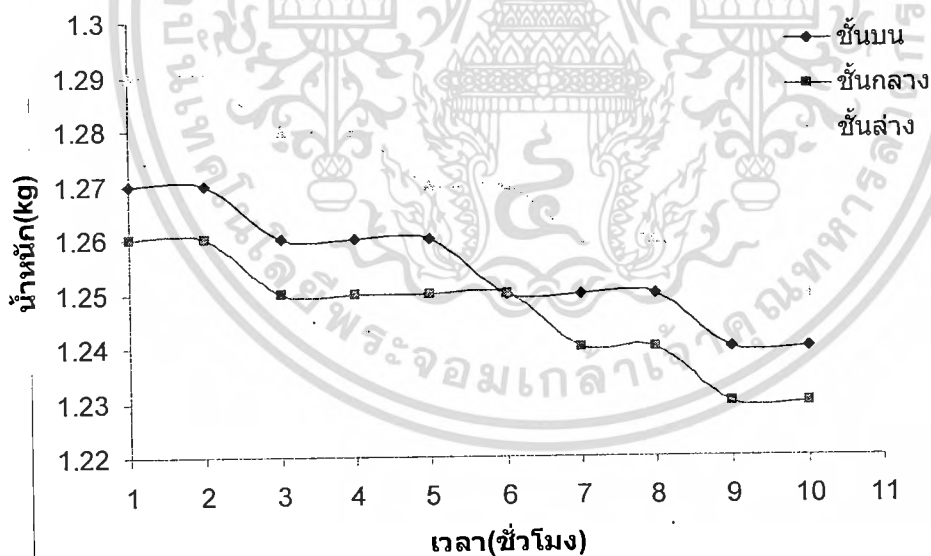
ในการทดสอบส่วนนี้จะทดสอบการทำงานของห้องอบยางแผ่นดิบ และศึกษาเพื่อหาแนวทางการอบยางทั้งการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) ทำให้สามารถเลือกแนวทางที่ดีที่สุดในการอบยางแผ่นดิบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิต่างๆ กัน โดยพิจารณาถึงน้ำหนัก ระยะเวลา และคุณภาพของยางแผ่น ดังรูปที่ 4.17 ถึงรูปที่ 4.22

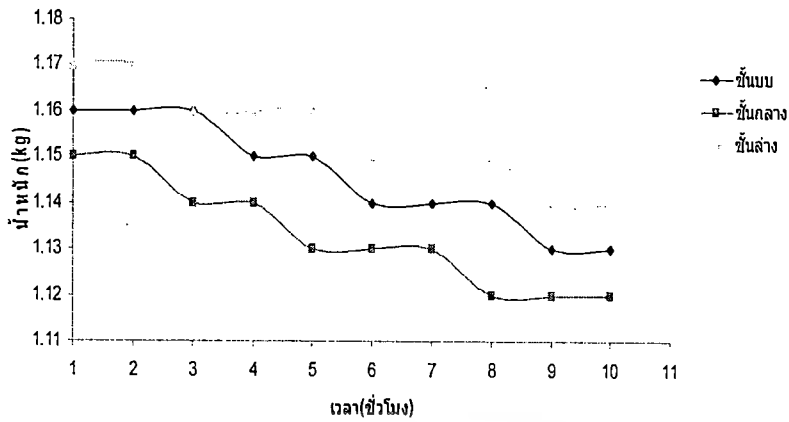


รูปที่ 4.17 การอบยางแผ่นดิบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

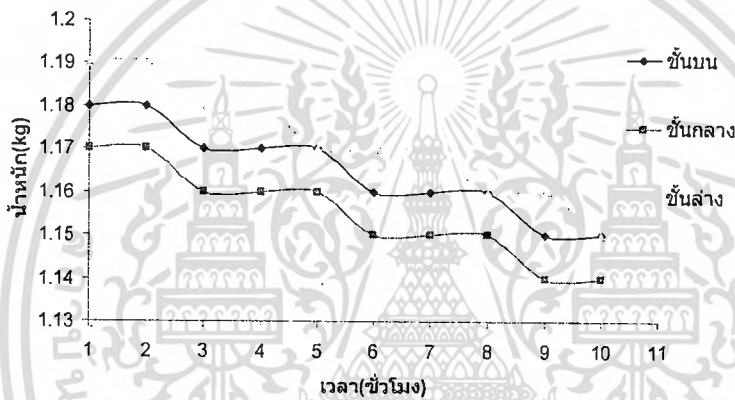


รูปที่ 4.18 การอบยางแผ่นดิบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

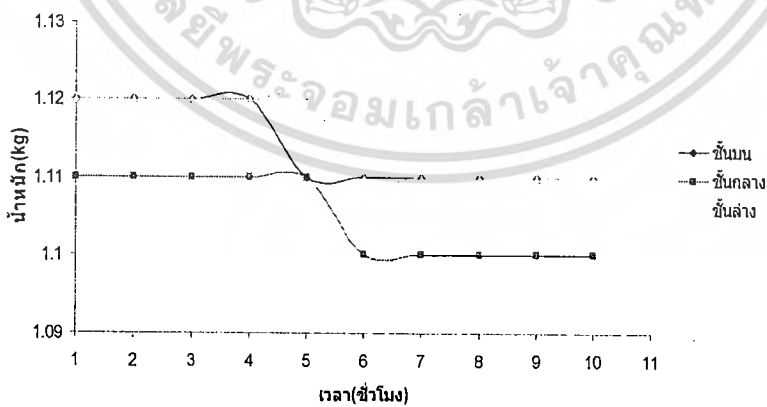
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 การอบยางแผ่นดิบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

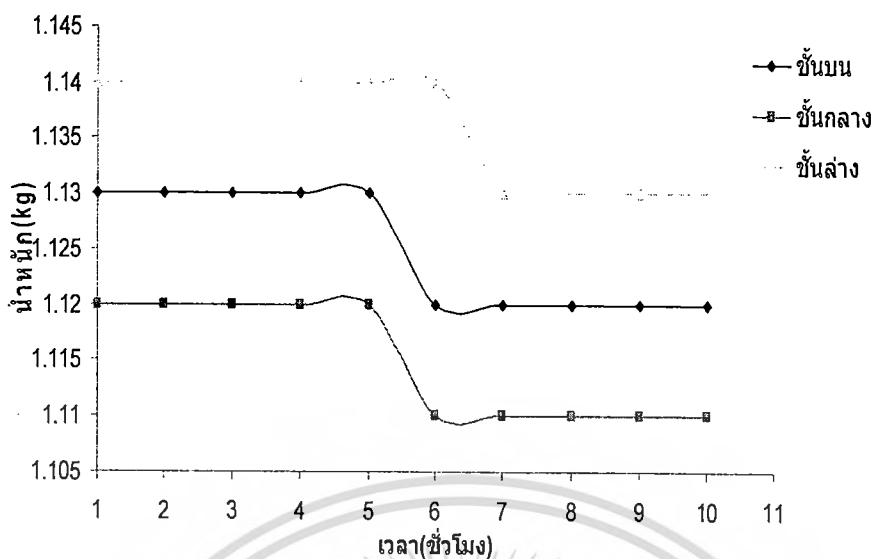


รูปที่ 4.20 การอบยางแผ่นดิบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.21 การอบยางแผ่นดิบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

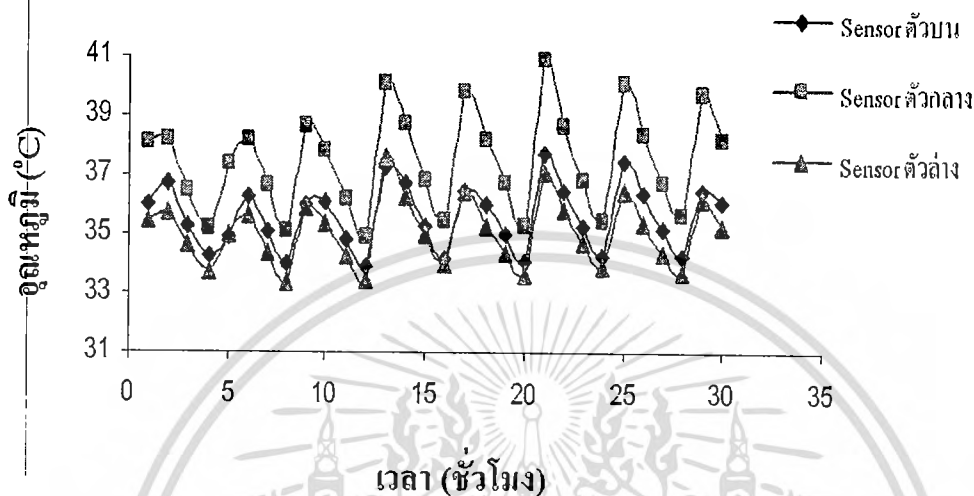


รูปที่ 4.22 การอบยางแผ่นดิบแบบอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ
ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

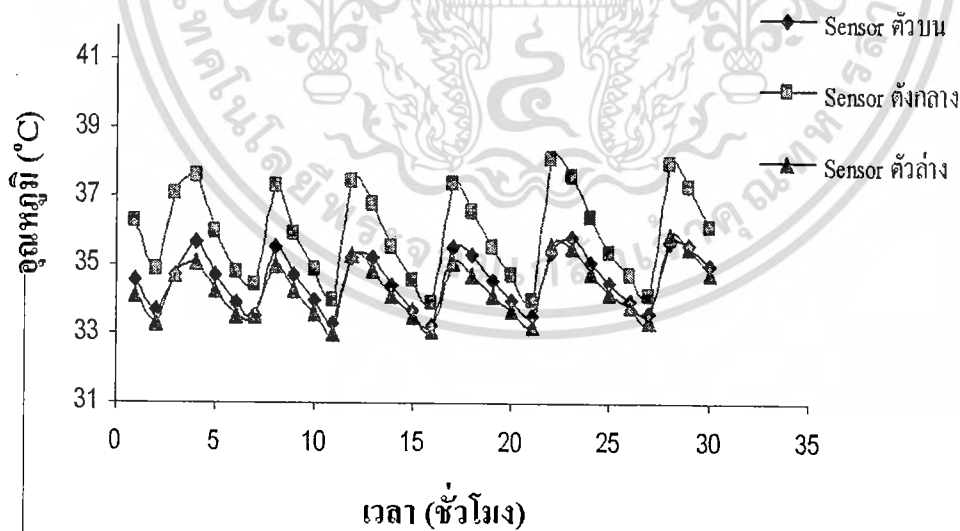
จากการทดสอบอบยางภายในห้องอบที่ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 50 – 70 องศาเซลเซียส โดยอาศัยการพาความร้อนแบบบังคับเปรียบเทียบกับการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ผลที่พบคือยางแผ่นดิบภายในห้องอบที่อาศัยการพาความร้อนแบบบังคับและกำหนดอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.17) นั้นมีการลดของน้ำหนักที่เร็วกว่ายางแผ่นดิบภายในห้องอบที่อาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (รูปที่ 4.18) จากนั้นเมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าการลดของน้ำหนักที่เร็วกว่ายางแผ่นดิบภายในห้องอบที่อาศัยการพาความร้อนแบบบังคับ (รูปที่ 4.19) ยังคงลดลงเร็วกว่าการอาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (รูปที่ 4.20) แต่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าน้ำหนักของยางภายในห้องอบที่อาศัยหลักการพาความร้อนทั้ง 2 แบบ เริ่มคงตัว เพราะความชื้นในแผ่นยางมีปริมาณน้อยลงและการลดลงของความชื้นอย่างรวดเร็วเริ่มส่งผลต่อคุณภาพของแผ่นยาง โดยยางแผ่นอบแห้งที่ได้เริ่มเกิดเป็นยางฟองเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ

เมื่อนำความแตกต่างของน้ำหนักยางแผ่นที่ผ่านการอบ โดยห้องห้องอบที่อาศัยการพาความร้อนแบบบังคับและห้องที่อาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติมาเปรียบเทียบ สังเกตได้ว่ายางแผ่นที่ผ่านการอบโดยห้องห้องอบที่อาศัยการพาความร้อนแบบบังคับนั้นน้ำหนักของยางลดลงเร็วกว่ายางแผ่นที่ผ่านการอบโดยห้องห้องอบที่อาศัยการพาความร้อนแบบธรรมชาติประมาณ

12-15 ชั่วโมง นั่นคือห้องอบยางที่อาศัยการพาความร้อนแบบบังคับจะมีการระบายความชื้นภายในห้องอบออกสู่ภายนอกดีกว่าแบบธรรมชาติ และหากพิจารณาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบจะได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4.23 ถึง รูปที่ 4.28

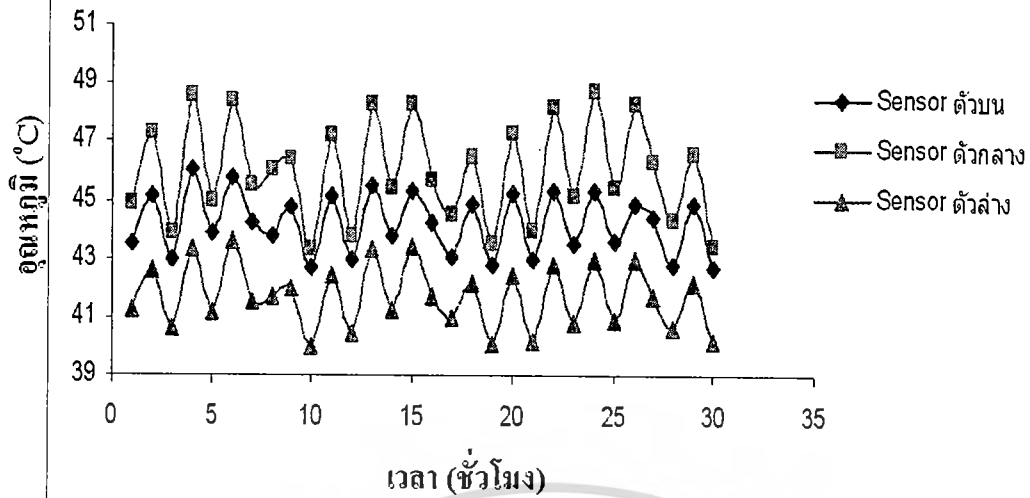


รูปที่ 4.23 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบธรรมชาติ
ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

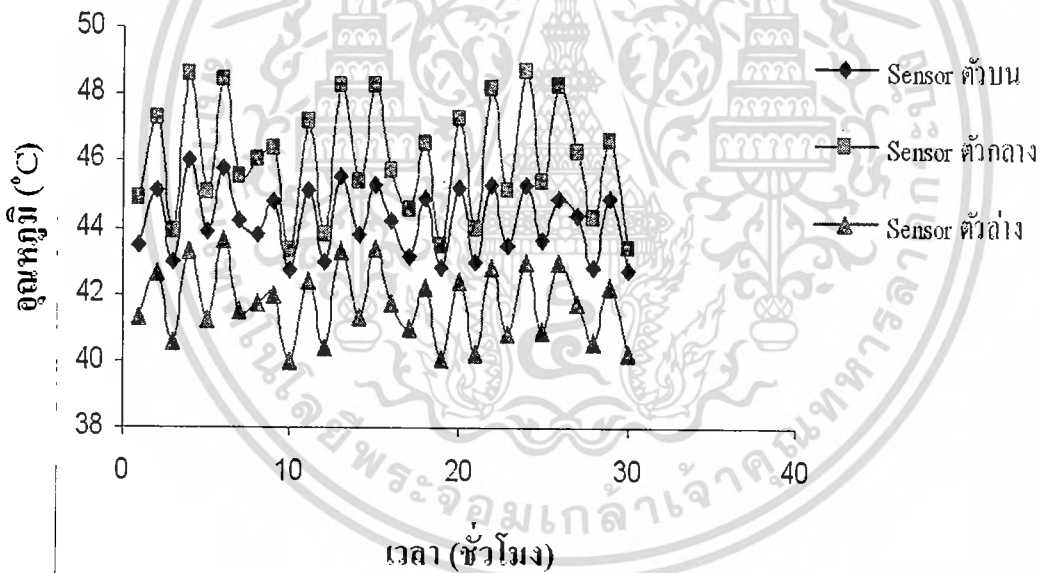


รูปที่ 4.24 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมแบบบังคับที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

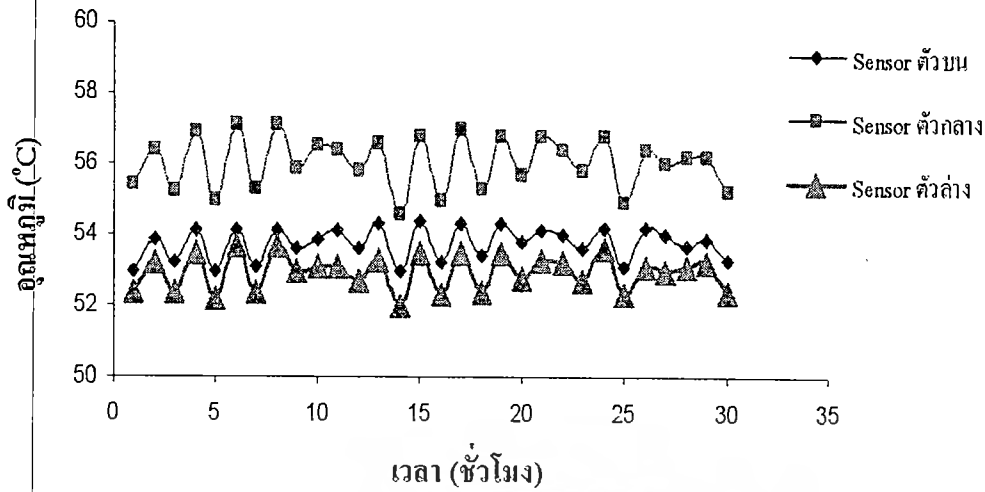


รูปที่ 4.25 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องแบบธรรมชาติ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

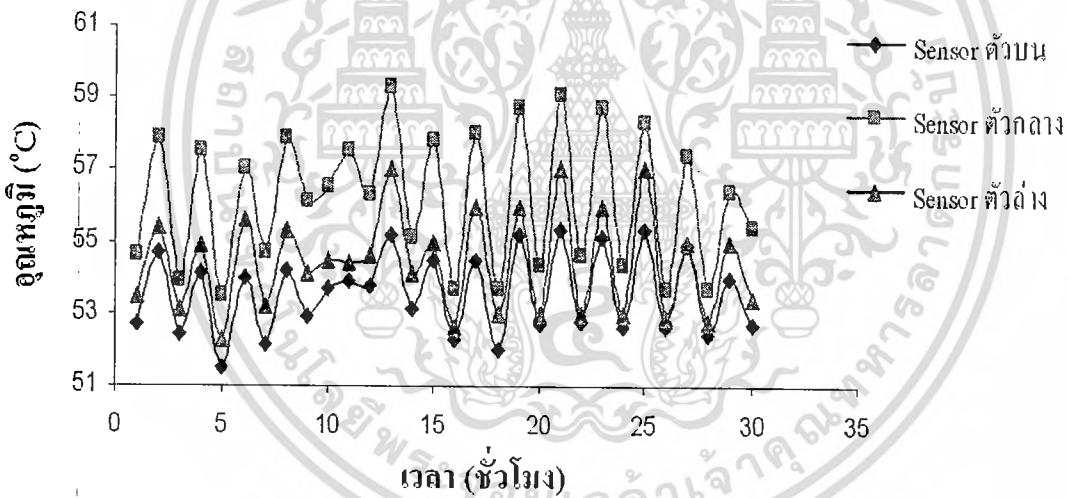


รูปที่ 4.26 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องแบบบังคับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องแบบธรรมชาติ
ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.28 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องแบบบังคับที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบยงที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบบังคับ เทียบกับการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบยงที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบธรรมชาติ พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลักการพาความร้อนแบบบังคับมีการกระจายอุณหภูมิที่ดีกว่า คืออุณหภูมิภายในห้องอบจะมีค่าใกล้เคียงกัน แตกต่างกันเพียง 1-2 องศาเซลเซียส (รูปที่

4.24) ส่วนการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบยางที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบธรรมชาตินั้น จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.23) และหากพิจารณาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส ก็ยังคงพบว่าการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบยางที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบบังคับ (รูปที่ 4.26 และ รูปที่ 4.28) จะมีการกระจายอุณหภูมิที่ดีกว่ากระจายอุณหภูมิภายในห้องอบยางที่ใช้หลักการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (รูปที่ 4.25 และ รูปที่ 4.27) ตามลำดับ นั่นคือในการอบยางแผ่นภายในห้องอบที่มีแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงควรใช้หลักการพาความร้อนแบบบังคับ เนื่องจากวิธีการนี้จะใช้ระยะเวลาในการอบน้อยกว่า ทำให้ใช้ปริมาณแก๊สน้อยกว่าส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า โดยที่คุณภาพของยางแผ่นอบแห้งไม่ต่างกัน

4.4 บทสรุป

การอบยางแผ่นดิบด้วยการพาความร้อนของแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สหุงต้ม โดยวิธีการบังคับที่ใช้พัดลมดูดอากาศทางด้านบนของห้องอบ จะสามารถผลิตยางแผ่นอบแห้งได้เร็วกว่าแบบธรรมชาติประมาณ 12-15 ชั่วโมง เนื่องจากไม่มีการสะสมและย้อนกลับของความชื้นในห้องอบ ทำให้การกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบดีกว่าแบบธรรมชาติ และหากพิจารณาแผ่นยอบแห้งที่ผลิตได้ พบว่าแผ่นยางที่ผลิตได้จากการอบด้วยการพาความร้อนของแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สหุงต้มทั้งสองกรณีก็ยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด โดยยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ตลาดจะรับซื้อเป็นยางแผ่นรมควันชั้น 3 หรือสูงกว่า ดังนั้นการอบยางแผ่นดิบด้วยวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำไปศึกษาอบยางแผ่นดิบที่ผ่านการหุงน้ำส้มควันไม้มาแล้ว ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 7 ต่อไป

บทที่ 5

ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบห้องอบยางขนาดเล็กที่สามารถใช้ได้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ต่อไป

5.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดสอบห้องอบยาง

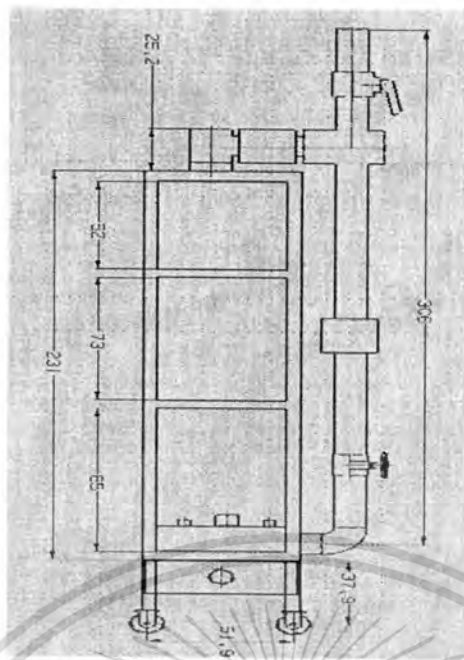
เนื่องจากการออกแบบห้องอบยางและวงจรควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบยางจำเป็นต้องออกแบบ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด เพื่อไม่ให้ส่งผลไปยังเรื่องการสูญเสียความร้อนของระบบ จึงได้ออกแบบท่อหมุนเวียนเพื่อนำความร้อนที่ปล่อยออกจากห้องอบบางส่วนกลับมาใช้ และได้มีการนำจนวนกันความร้อนมาติดตั้งเพื่อป้องกันสูญเสียนี้ด้วย และได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบยางไม่ให้อุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด โดยในการศึกษาวิจัยนี้ได้มีอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบ คือ

5.1.1 ห้องอบยาง ที่ใช้ได้ทั้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้ม ซึ่งบรรจุแผ่นยางดิบได้ครั้งละ 30 แผ่น ดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2



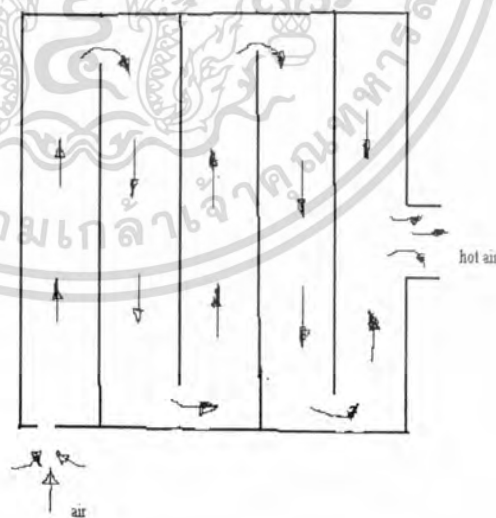
รูปที่ 5.1 โครงสร้างห้องอบยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



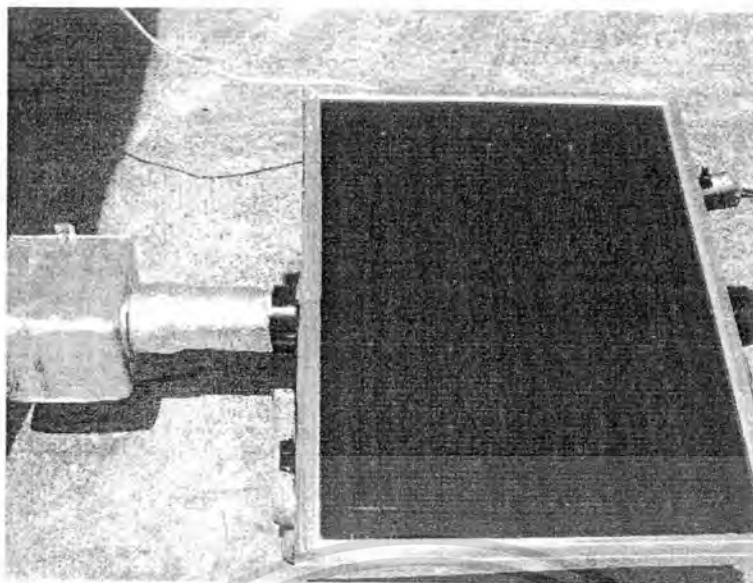
รูปที่ 5.2 ขนาดของห้องอบยาง

5.1.2 แผงรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้แผงรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สามารถปรับองศาของแผงได้ โดยตัวแผงรับทำจากแผ่นสังกะสีทาสีดำ แสดงดังรูปที่ 5.3 และรูปที่ 5.4



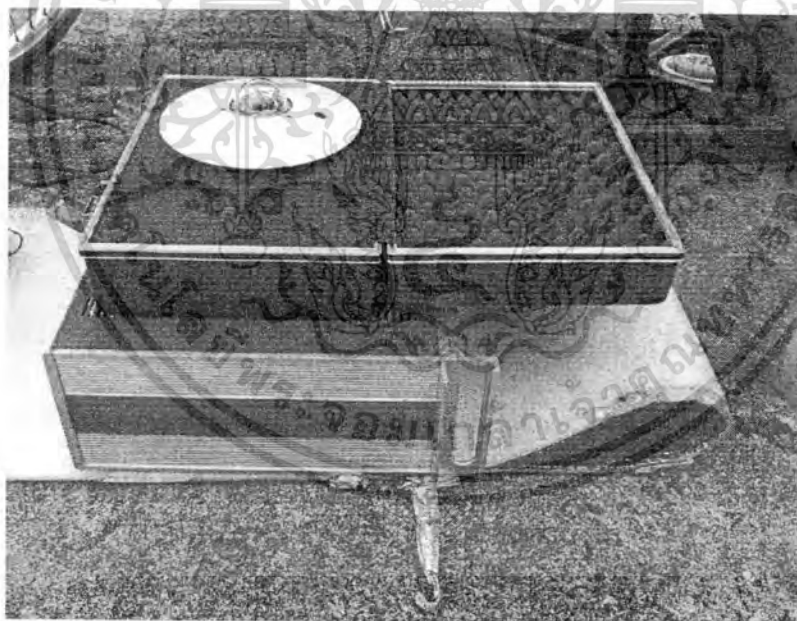
รูปที่ 5.3 แผงรับแสงอาทิตย์และทิศทางการไหลของแก๊สร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แผงรับแสงอาทิตย์ที่ประกอบกับห้องอบ

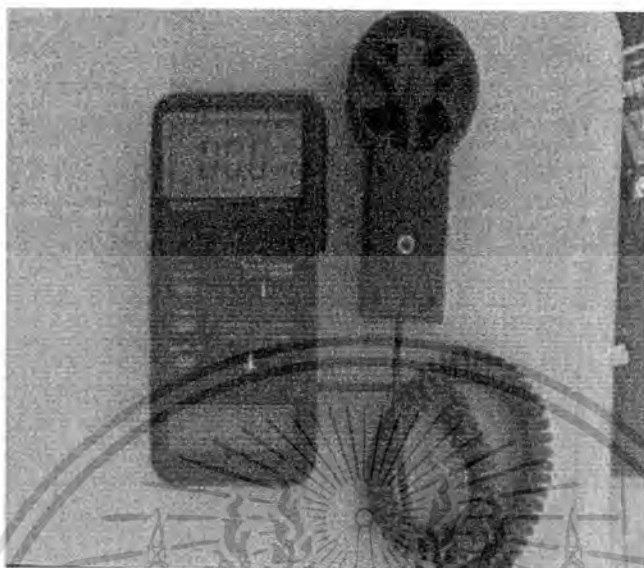
5.1.3 เครื่องวัดความเข้มแสง ทำหน้าที่ตรวจวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 เครื่องวัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 เครื่องวัดความเร็วลม ทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็วลมทั้งภายในและภายนอกห้องอบยางแผ่น แสดงดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 เครื่องวัดความเร็วลม

5.2 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดลองห้องอบยางพาราโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มนั้น ได้ใช้ยางแผ่นดิบที่มีขนาดของแผ่นยางคือ หน้า 2.8 – 3.2 มิลลิเมตร มีความกว้าง 38 – 46 เซนติเมตร และมีความยาว 80 – 90 เซนติเมตร ทำการทดลองโดยใช้ห้องอบโดยใช้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ แก๊ส หุงต้ม พลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานกับแก๊สหุงต้มทั้งการปล่อยทิ้งออกไปทางปล่องระบาย และการนำพลังงานความร้อนที่จะปล่อยทิ้งหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยทำการทดลองห้องอบยางแบบที่มีการพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection) และห้องอบยางแบบที่มีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural Convection) ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบ คือ

1. นำแผ่นยางดิบที่ผ่านการขบวนการแปรรูปแล้ว นำมาล้างทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับแผ่นยาง เพื่อให้แผ่นยางดิบมีความสะอาดมากยิ่งขึ้น

2. นำแผ่นยางดิบที่ได้จากการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วมาผึ่งลมให้สะเด็ดน้ำประมาณ 3-4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แผ่นยางดิบผึ่งลม

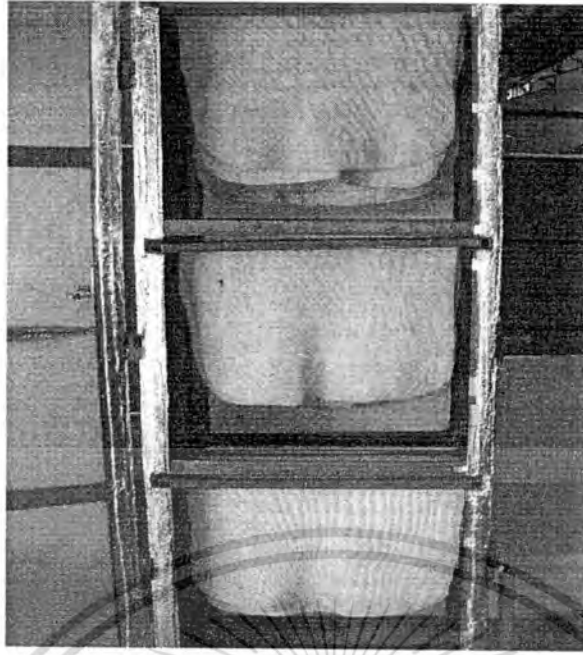
3. นำแผ่นยางดิบที่ผ่านการผึ่งลม 3-4 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บค่าการเปลี่ยนแปลงก่อนเข้าห้องอบยาง ดังรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 เก็บค่าน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นยางดิบ

4. นำแผ่นยางดิบที่ได้เก็บค่าการเปลี่ยนแปลงแล้วเข้าห้องอบยางที่สร้างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นเชื้อเพลิง ดังรูปที่ 5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 แผ่นยางดิบในห้องอบยาง

5. ทำการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller)

ตั้งรูปที่ 5.10

อุณหภูมิที่ต้องการ

ปุ่ม Set



อุณหภูมิภายในตุ่ม

ปุ่ม Down

ปุ่ม Up

ปุ่ม Mode เลือกตำแหน่ง

รูปที่ 5.10 Temperature controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

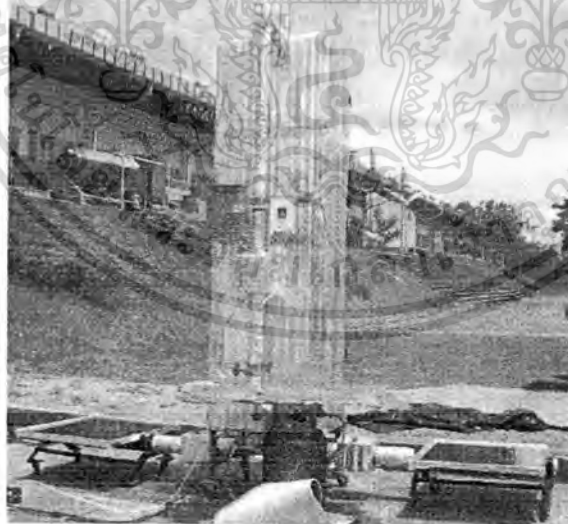
ขั้นตอนการตั้งค่าอุณหภูมิด้วย Temperature controller

- กดปุ่ม Mode (1 ครั้ง) เพื่อเลือกตำแหน่ง ไฟที่ SV จะกระพริบตำแหน่งหน้าจุดทศนิยม ถ้ากดอีกครั้งไฟที่ SV จะกระพริบตำแหน่งหลังจุดทศนิยม
- กดปุ่ม Down หรือ Up เพื่อเลือกค่าอุณหภูมิที่เราต้องการในการเซตในการทดสอบ
- เมื่อเลือกค่าอุณหภูมิที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม Set (1 ครั้ง) ไฟที่ SV จะไม่กระพริบแสดงว่าใช้ได้

6. ทำการทดสอบทั้งกรณีที่ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม ทั้งกรณีการระบายความร้อนที่ออกไปนอกห้องอบทางปล่องที่อยู่ทางด้านบน และการนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่ โดยทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับข้างต้น

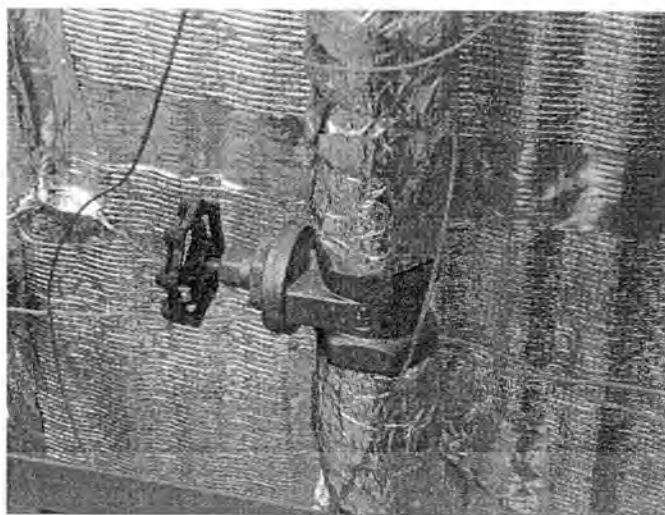
7. กรณีมีการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จะทำการหมุนปรับแสงรับแสงอาทิตย์ทุกๆ 2 ชั่วโมง

8. กรณีการระบายความร้อนที่ออกไปนอกห้องอบทางปล่องที่อยู่ทางด้านบน และการนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ใหม่ จะถูกควบคุมด้วยวาล์ว ดังรูปที่ 5.11 และรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.11 ชุดท่อระบายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 วาล์วควบคุมการระบายความร้อน

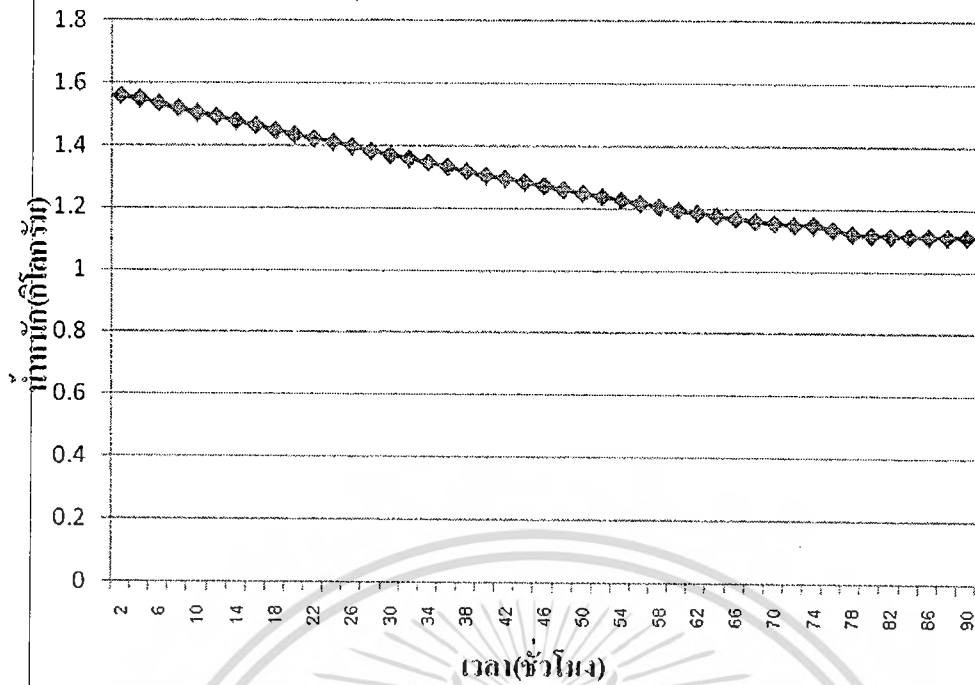
5.3 ผลการทดสอบ

ในการทดสอบส่วนนี้ ได้แบ่งการทดสอบออกเป็นห้องอบที่ออกแบบไว้เป็น 4 แบบ คือ

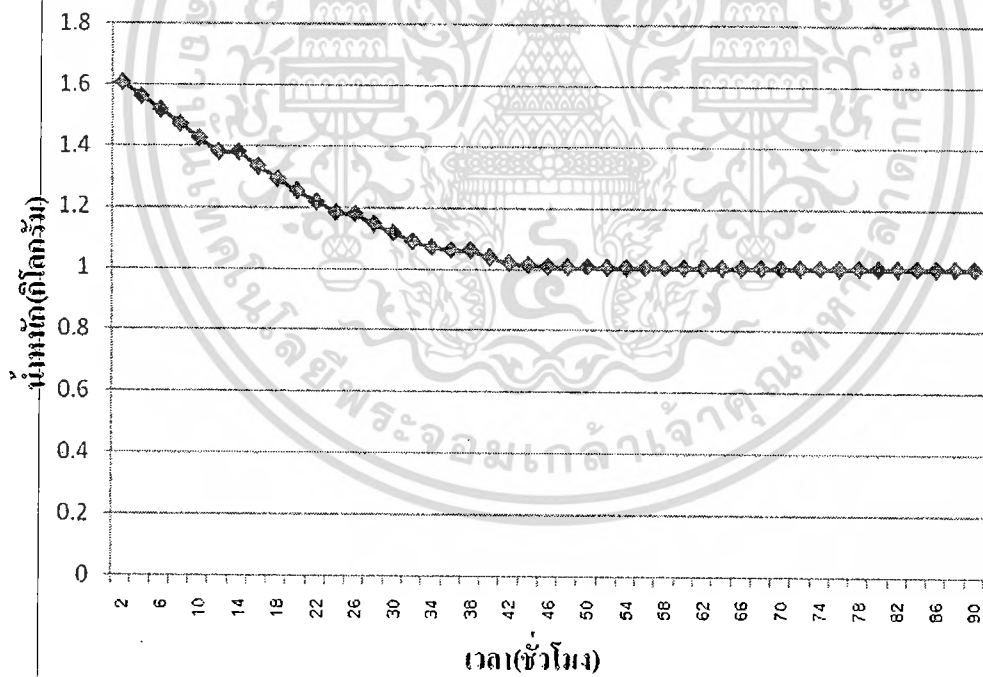
1. กรณีใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว
2. กรณีใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว
3. กรณีใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม (มีการระบายความร้อน)
4. กรณีใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม (มีการหมุนเวียนความร้อน)

แต่จะควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 50-60 องศาเซลเซียส

โดยการอบข้างแผ่นดินทั้ง 4 กรณีได้พิจารณาระยะเวลาการแห้งของแผ่นดิน ดังรูปที่ 5.13 ถึงรูปที่ 5.16

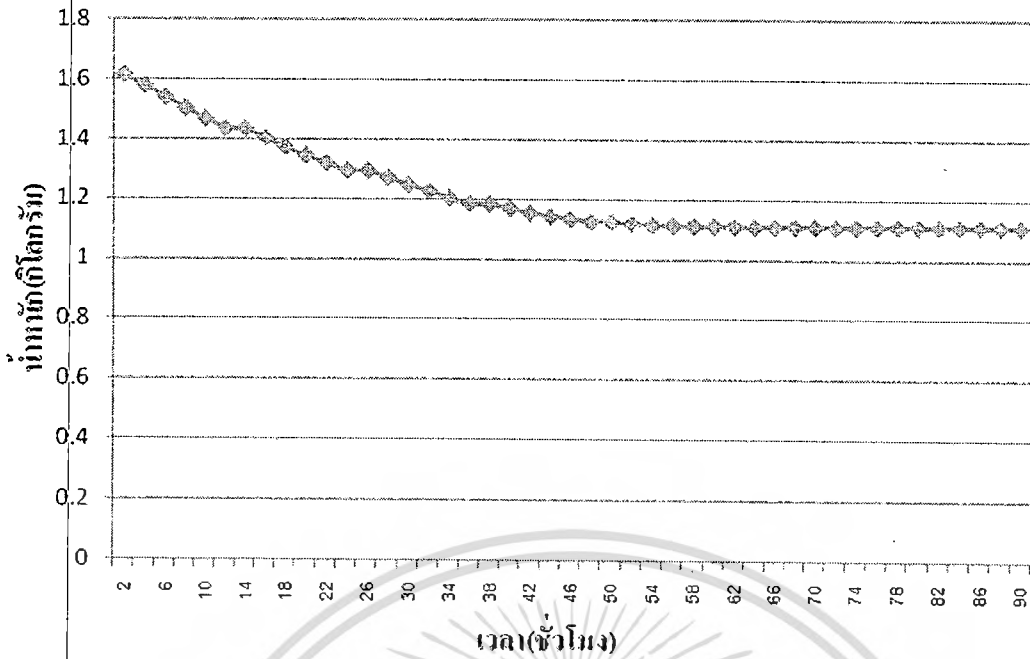


รูปที่ 5.13 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

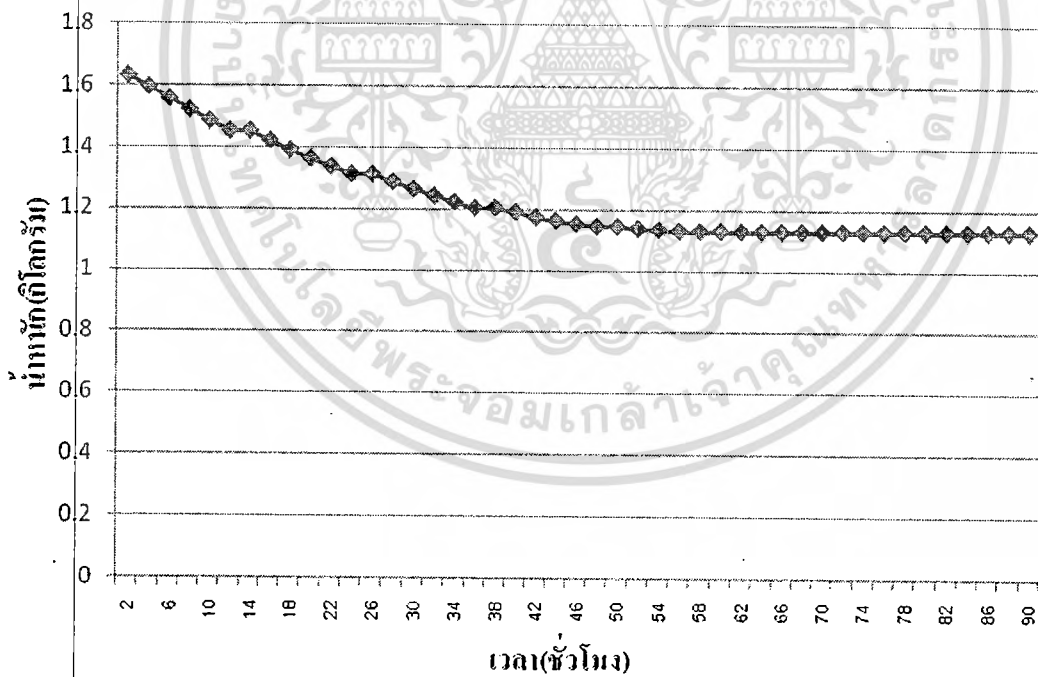


รูปที่ 5.14 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



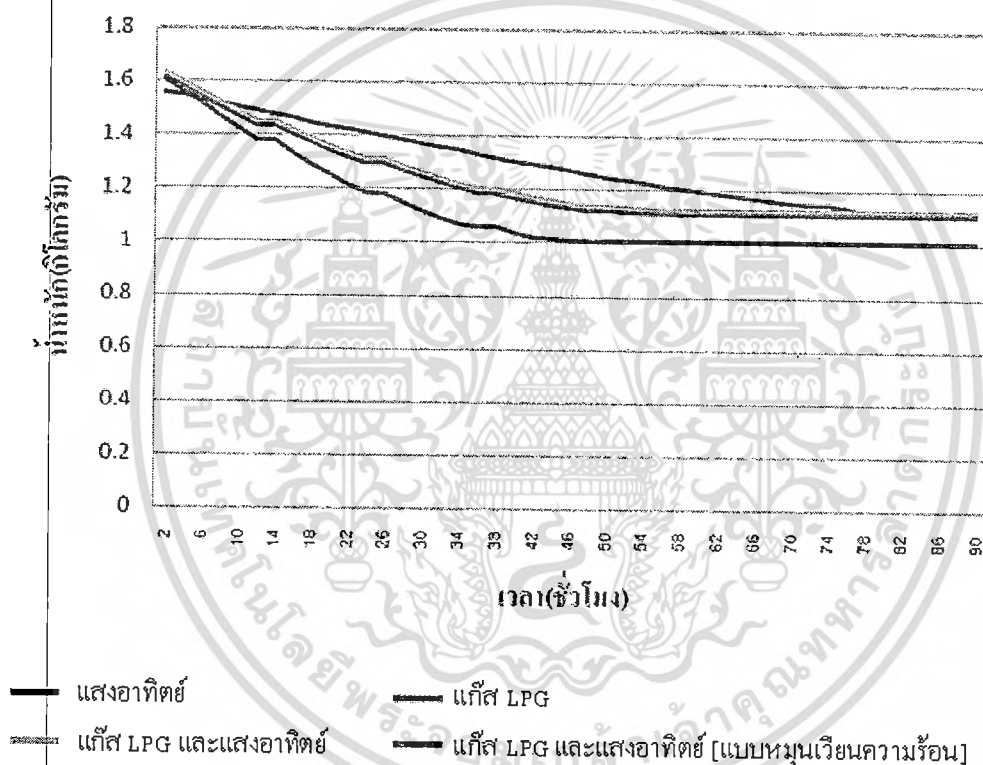
รูปที่ 5.15 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สHungต้ม (มีการระบายความร้อน)



รูปที่ 5.16 ผลการอบยางแผ่นดิบที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สHungต้ม (มีการหมุนเวียนความร้อน) แต่จะควบคุมอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 50-60°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

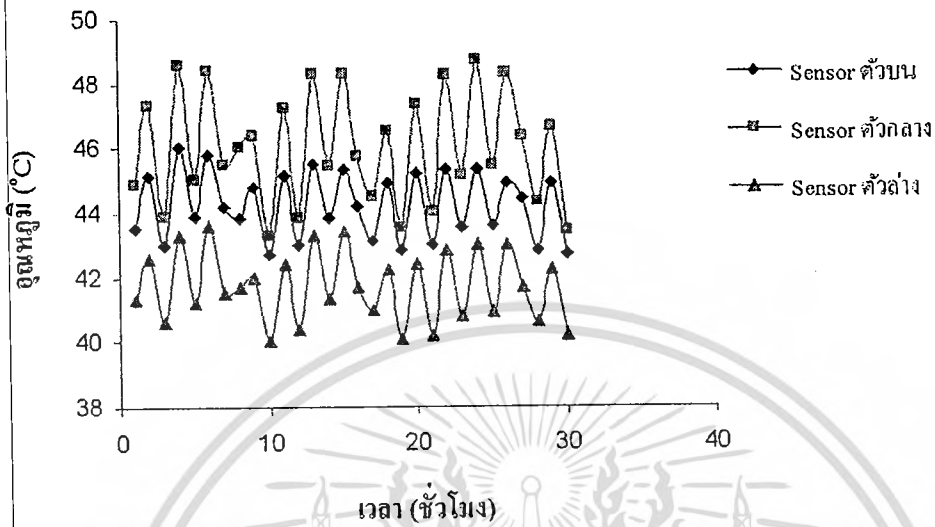
เมื่อพิจารณาระยะเวลาการแห้งตัวของตัวอย่างยางแผ่นดิบที่ได้ทำการอบแห้งทั้ง 4 กรณี (ดูรูปที่ 5.17) พบว่าการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวนั้นจะทำให้แผ่นยางแห้งช้าที่สุด เนื่องจากปริมาณความร้อนจะขึ้นอยู่กับปริมาณแสงอาทิตย์เป็นหลัก ทำให้ในกรณีนี้อาจเกิดการขึ้นบนแผ่นยางในช่วงวันแรกและวันที่สองของการอบ เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้อบต่ำเกินไป ส่วนในกรณีการใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียวจะทำให้ยางแผ่นดิบแห้งเร็วที่สุด แต่ค่าใช้จ่ายก็มีค่าสูงเช่นกัน ส่วนกรณีการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้มนั้นการแห้งของแผ่นยางจะใกล้เคียงกัน ทั้งกรณีมีการระบายความร้อนและกรณีการหมุนเวียนความร้อน แต่กรณีการหมุนเวียนความร้อนจะใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่า เนื่องจากจะเกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนไปภายนอกเพียงเล็กน้อย



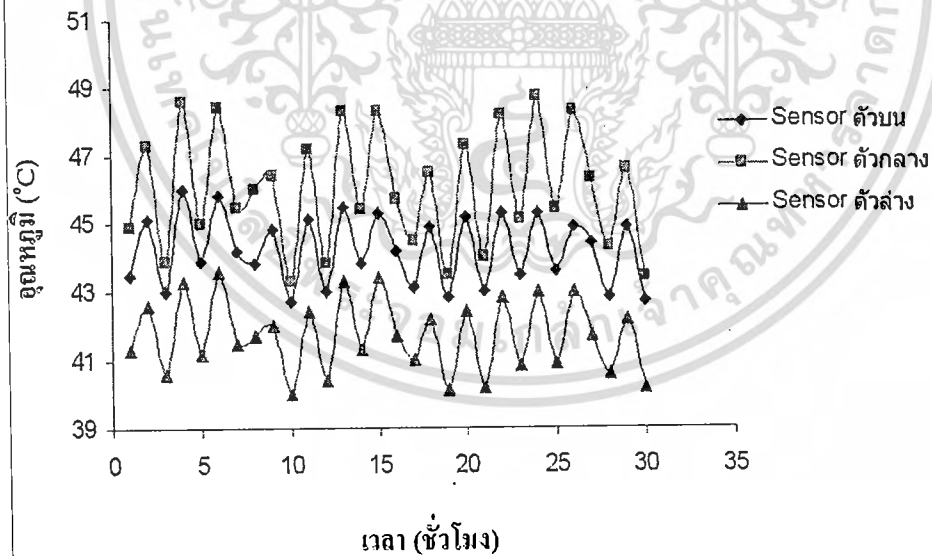
รูปที่ 5.17 ค่าเฉลี่ยการลดน้ำหนักของแผ่นยางในแต่ละชั้นทั้ง 4 กรณี

เมื่อพิจารณากรณีของการกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบในกรณีการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้มแบบมีการระบายความร้อน และแบบหมุนเวียน (ดูรูปที่ 5.18 และรูปที่ 5.19) พบว่าอุณหภูมิส่วนกลางห้องอบจะมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นทั้งส่วนล่างและ

ส่วนบนของห้อง เนื่องมาจากการระบายความร้อนและการหุ้มฉนวนป้องกันการสูญเสียความร้อน ทำให้ยางแผ่นที่ตากอยู่กลางห้องมีโอกาสแห้งเร็วกว่าส่วนอื่นๆ



รูปที่ 5.18 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมยางที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม (มีการระบายความร้อน)



รูปที่ 5.19 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องรมยางที่ใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม (มีการหมุนเวียนความร้อน)

5.4 บทสรุป

การอบยางแผ่นดิบในห้องอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียววันนั้นแผ่นยางจะแห้งช้ากว่าการอบด้วยความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไม้ฟืน และการอบด้วยวิธีนี้สามารถทำได้เฉพาะวันที่ฟ้าโปร่งเท่านั้น เนื่องจากหากในช่วงแรกของการอบยางแผ่นดิบห้องฟ้าปิดก็จะทำให้ยางแผ่นดิบอาจขึ้นราได้ ส่วนในกรณีการใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียวแม้จะทำให้ยางแผ่นดิบแห้งเร็วที่สุด แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงเช่นกัน ดังนั้นในส่วนนี้จึงได้ศึกษาการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม พบว่าการแห้งของแผ่นยางในกรณีมีการระบายความร้อนและกรณีการหมุนเวียนความร้อนภายในห้องอบจะมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน แต่กรณีการหมุนเวียนความร้อนจะใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่า เนื่องจากจะเกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนไปภายนอกเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการอบยางแผ่นดิบด้วยวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำไปศึกษาอบยางแผ่นดิบที่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้มาแล้ว ซึ่งจะกล่าวในบทที่ 7 ต่อไป



บทที่ 6

ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานจากเตาไมโครเวฟ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบห้องอบยางขนาดเล็กที่พลังงานจากเตาไมโครเวฟเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ต่อไป

6.1 อุปกรณ์การทดสอบ

กระบวนการดำเนินงานของงานวิจัยในส่วนนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานจากเตาไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้ในการอบยางแผ่นดิบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน คือ

6.1.1 ห้องอบยาง สามารถบรรจุแผ่นยางดิบได้ครั้งละ 10 แผ่น ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 โครงสร้างห้องอบยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ขั้นตอนการทดสอบ

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบอบยางแผ่นดิบกับห้องอบที่ใช้พลังงานจากเตาไมโครเวฟ โดยได้กำหนดค่ากำลังที่จะทดสอบที่ตั้งแต่ 300 วัตต์, 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ เพื่อศึกษาหาระยะเวลาที่ทำให้ยางแผ่นดิบแห้ง คุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ได้ พร้อมทั้งวัดค่าการกระจายของอุณหภูมิ โดยมีขั้นตอนการทดสอบ คือ

1. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ คาซิ่งน้ำหนัก ยางพาราแผ่นดิบ จำนวน 10 แผ่น เครื่องวัดอุณหภูมิ และเครื่องวัดรังสีไมโครเวฟ
2. เตรียมห้องอบยางพาราแผ่นดิบ ตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องอบยางพาราแผ่นดิบ ตลอดจนการทดสอบการเดินเครื่องเพื่อหาข้อบกพร่องก่อนการทดสอบจริง ดังรูปที่ 6.2
3. ทำการทดสอบโดยนำยางแผ่นดิบที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและผึ่งลมแล้วประมาณ 3-4 ชั่วโมง จำนวน 10 แผ่น มาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ และทำการทดสอบอบยางแผ่นดิบที่ค่ากำลังไมโครเวฟที่ 300 Watt, 600 Watt และ 800 Watt ตามลำดับ โดยระหว่างการทดสอบทำการชั่งน้ำหนักและวัดอุณหภูมิในห้องอบทุก ๆ 1 ชั่วโมง
4. บันทึกข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งนำไปเขียนกราฟหาความสัมพันธ์
5. เปรียบเทียบคุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้กับกรณีการใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มและแสงอาทิตย์

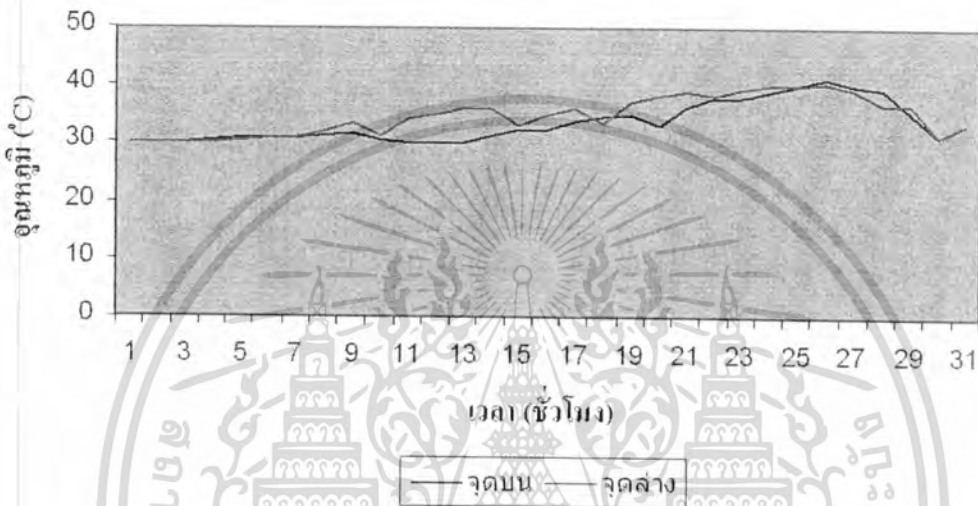


รูปที่ 6.2 การทดสอบการเดินเครื่องเพื่อหาข้อบกพร่องก่อนการทดสอบจริง

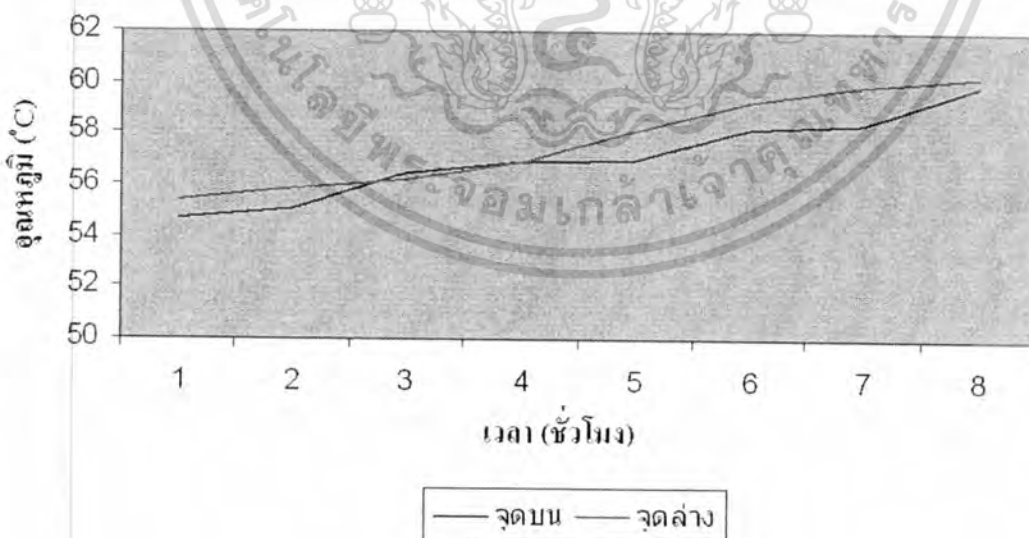
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ผลการทดสอบ

ในการทดสอบส่วนนี้จะทดสอบความเป็นได้ในการอบยางแผ่นดิบด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยในการทดสอบนี้ได้ทดสอบอบยางที่กำลังไฟฟ้า 300 วัตต์, 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ เพื่อหา กำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการอบยาง โดยพิจารณาถึงการกระจายอุณหภูมิระหว่างการอบ และคุณภาพของยางแผ่น ดังรูปที่ 6.3 ถึง รูปที่ 6.5

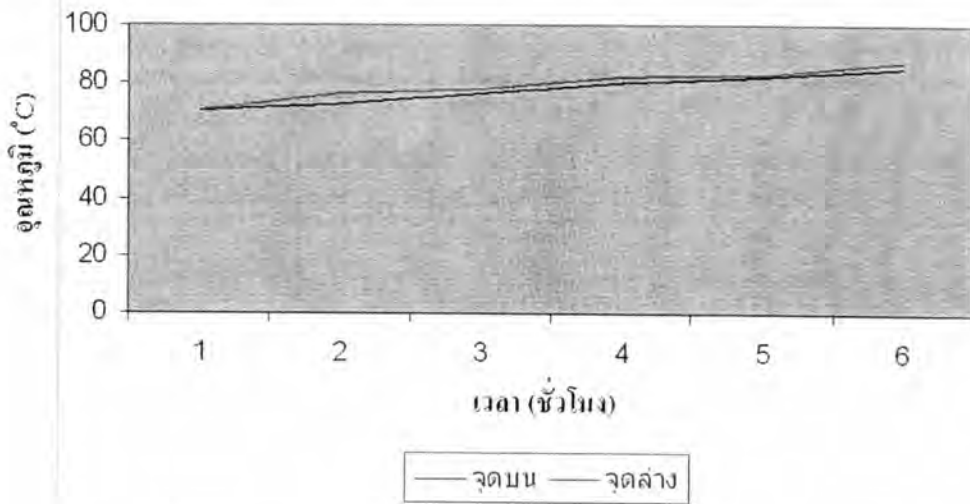


รูปที่ 6.3 การอบยางแผ่นดิบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 300 วัตต์



รูปที่ 6.4 การอบยางแผ่นดิบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 600 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

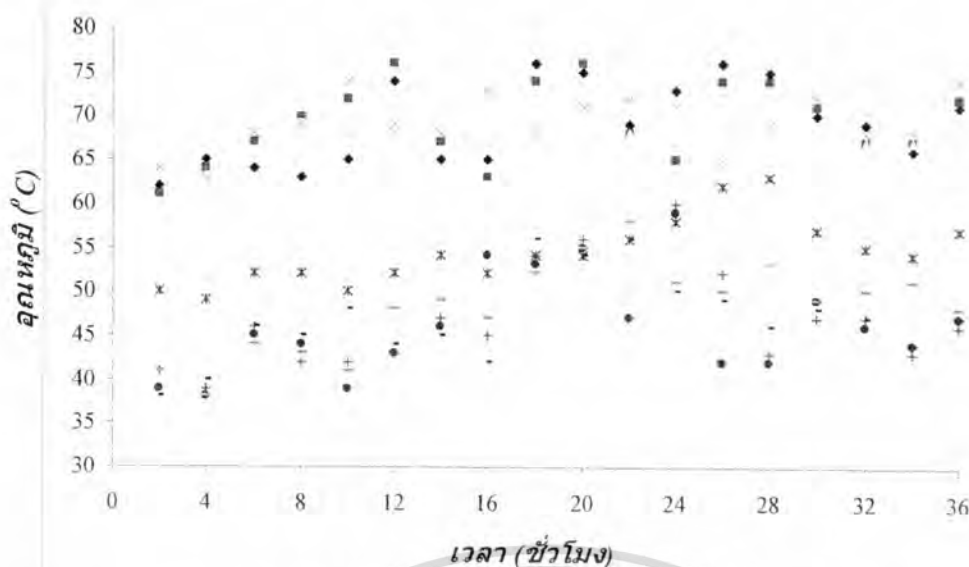


รูปที่ 6.5 การอบยางแผ่นดิบโดยใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 800 วัตต์

หากพิจารณาการกระจายของอุณหภูมิในภากรวมทั้งหมดพบว่าคลื่นไมโครเวฟ ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงถึงประมาณ $15-35^{\circ}\text{C}$ เนื่องจากการให้ความร้อนด้วยการใช้คลื่นไมโครเวฟนั้นแทบจะไม่สามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิได้เลย (วชร กลาสี, 2551)

เนื่องจากการทดสอบมีข้อจำกัดของเครื่องที่สามารถปรับวัตต์ได้เฉพาะระดับกำลัง 300 Watt, 600 Watt และ 800 Watt แต่ผลของการเพิ่มระดับกำลังวัตต์มากขึ้นก็จะทำให้ความเข้มของสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และได้ส่งผลทำให้เกิดความร้อนภายในมากขึ้น (วชร กลาสี, 2551) จากการศึกษาพบว่าที่กำลัง 300 Watt อุณหภูมิภายในห้องอบจะเพิ่มขึ้นจากสภาวะปกติเพียงเล็กน้อย (ดูรูปที่ 6.3) เนื่องจากความร้อนที่ได้รับมีน้อยและมีการสูญเสียความร้อนแก่สิ่งแวดล้อม ที่กำลัง 600 Watt และ 800 Watt อัตราการเพิ่มอุณหภูมิจะมากขึ้น เนื่องจากความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ผลของการกระจายอุณหภูมิจะกว้างมาก และพบว่าในกรณีของกำลัง 600 Watt จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิประมาณ $15-25^{\circ}\text{C}$ (ดูรูปที่ 6.6) ส่วนในกรณีของกำลัง 800 Watt จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงถึงประมาณ $20-35^{\circ}\text{C}$ โดยส่วนล่างของห้องที่อยู่ใกล้เตาไมโครเวฟจะมีอุณหภูมิสูงสุดเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 การกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบที่ใช้คลื่นไมโครเวฟกำลัง 600 วัตต์

จากการศึกษาพบว่าการใช้คลื่นไมโครเวฟนั้น แม้จะสามารถที่จะลดระยะเวลาในการอบได้ แต่แผ่นยางที่ผลิตได้จะมีคุณภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (ต่ำกว่ายางแผ่นรมควันชั้น 3) ดังนั้นจึงสรุปว่า การใช้คลื่นไมโครเวฟเพียงอย่างเดียวในการอบยางแผ่นดิบนั้น ไม่น่าจะเหมาะสม โดยยางแผ่นอบแห้งที่ได้จากวิธีการอบทั้ง 3 วิธี คือการอบด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แก๊สหุงต้ม และคลื่นไมโครเวฟได้แสดงดังรูปที่ 6.7



แสงอาทิตย์

แก๊สหุงต้ม

ไมโครเวฟ (ดีที่สุด)

รูปที่ 6.7 ยางแผ่นอบแห้งที่ได้จากการอบด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แก๊สหุงต้ม และไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 บทสรุป

จากการศึกษา ออกแบบ และสร้างห้องอบเพื่อใช้ในการอบยางแผ่นดิบด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ พบว่าการอบยางแผ่นดิบด้วยวิธีนี้มีระยะเวลาในการอบสั้นมาก คือประมาณ 30 ชั่วโมง (สำหรับการอบที่กำลัง 600 Watt) แต่ในกรณีนี้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบได้ ทำให้ยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ถูกตลาดรับซื้อเป็นยางคัตติงหรือเศษยาง ซึ่งมีราคาต่ำกว่ายางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ทางสหกรณ์สวนยางผลิตได้ ดังนั้นการอบยางแผ่นดิบด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ จึงไม่มีความเหมาะสมและไม่มีความจำเป็นที่จะต้องนำไปศึกษาเพื่อหาผลการเกิดرابนยางแผ่นดิบอบแห้ง ทั้งในกรณีผ่านและไม่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้มาก่อนอบแห้ง เนื่องจากคุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้จากการอบด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟนั้นมีคุณภาพต่ำเกินไปและขายไม่ได้ราคา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ผลของการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนยางแผ่นดิบก่อนนำไปอบแห้ง

หลังจากได้สร้างเครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้ ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานจากไมโครเวฟ พร้อมทั้งทำการทดสอบกับยางแผ่นดิบธรรมดาเสร็จแล้ว จึงได้นำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนยางแผ่นดิบก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ ซึ่งเป็นหัวใจของงานวิจัยนี้ต่อไป

7.1 ขั้นตอนการทดสอบ

ในส่วนนี้ได้แบ่งขั้นตอนการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือกรณีการอบยางแผ่นดิบที่ผ่านการเคลือบด้วยน้ำส้มควันไม้ โดยใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ส่วนกรณีการใช้พลังงานจากไมโครเวฟนั้นไม่ได้ทำการทดสอบเนื่องจากการใช้พลังงานจากไมโครเวฟนั้นไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบให้คงที่ได้ ทำให้คุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ได้มีคุณภาพต่ำกว่ากรรมวิธีกรรมควัน คือยางแผ่นรมควันชั้น 3 (ดังแสดงในบทที่ 6)

7.1.1 การทดสอบอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ มีขั้นตอนการทดสอบ คือ

1. นำยางแผ่นที่รีดแล้วมาล้างน้ำให้สะอาด และชั่งน้ำหนักเริ่มต้น ดังรูปที่ 7.1 และรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.1 การทำความสะอาดแผ่นยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 การชั่งน้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนทดสอบ

2. นำน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากฟืนไม้ยางพาราไปวัดค่า pH ของแต่ละอัตราส่วน (น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์, น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน, น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน, น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน และน้ำบริสุทธิ์) โดยค่า pH ที่วัดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข-1 ถึง ภาคผนวก ข-5

3. นำน้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์เทใส่ภาชนะที่ทนต่อกรดและมีขนาดกว้างพอสมควรที่จะชุบแผ่นยางทั้งแผ่น

4. จากนั้นสวมถุงมือและทำการชุบน้ำส้มควันไม้ โดยใช้ น้ำส้มควันไม้ 100% ชุบยางแผ่นพักไว้ประมาณ 5 นาที ก่อนนำไปฝั่งลม ดังรูปที่ 7.3

5. จากนั้นใส่น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วนที่ผสมกันลงในภาชนะและให้ทำตามขั้นตอนที่ 4



รูปที่ 7.3 การฝั่งลมยางแผ่นดิบที่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากนั้นใส่น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วนที่ผสมกันลงในภาชนะและให้ทำตามขั้นตอนที่ 4

7. จากนั้นใส่น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วนที่ผสมกันลงในภาชนะและให้ทำตามขั้นตอนที่ 4

8. นำยางแผ่นดิบที่เคลือบผิวด้วยน้ำส้มควันไม้แล้วไปอบแห้งในห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

7.1.2 การทดสอบอบยางแผ่นดิบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม มีขั้นตอนการทดสอบคือ

1. ทำตามขั้นตอนที่ 1-7 ของการทดสอบอบแห้งในห้องอบยางแผ่นดิบที่ใช้พลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ แต่เปลี่ยนจากการอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์มาเป็นการอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มแทน ดังรูปที่ 7.4

2. บันทึกผล พร้อมทั้งเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์



รูปที่ 7.4 การทดลองแบบอบยางแผ่นในตู้อบด้วยแก๊ส LPG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ผลการทดสอบ

7.2.1 กรณีอบยางแผ่นดิบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

ผลการเกิดرابนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวได้แสดงดังตารางที่ ค-1 (ภาคผนวก ค.ตารางบันทึกผลการทดลอง) และจากตารางที่ 7.1 และตารางที่ 7.2 ได้แสดงน้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนและหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว เพื่อใช้ในการศึกษาระยะเวลาของการอบแห้ง

ตารางที่ 7.1 น้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

อัตราส่วน น้ำส้มควันไม้:น้ำ	100%	1:1	1:2	1:3	ไม่ชุบน้ำส้มควัน ไม้
แผ่นที่ 1 (kg)	1.286	1.372	1.312	1.300	1.324
แผ่นที่ 2 (kg)	1.352	1.302	1.370	1.220	1.470

ตารางที่ 7.2 น้ำหนักยางแผ่นดิบหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

อัตราส่วน น้ำส้มควันไม้:น้ำ	100%	1:1	1:2	1:3	ไม่ชุบน้ำส้มควัน ไม้
แผ่นที่ 1 (kg)	1.053	1.102	1.086	1.154	1.187
แผ่นที่ 2 (kg)	1.125	1.135	1.198	1.025	1.257

จากการทดลองพบว่า การอบยางแผ่นดิบในห้องอบที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว นั้น กรณีที่อบยางแผ่นดิบในวันที่ท้องฟ้าครึ้มและมีแสงแดดน้อย แผ่นยางที่ได้จะเกิดรา

ก่อนการอบยางแผ่นดิบในวันที่ห้องฟ้าโปร่งและมีแสงแดดจัด สำหรับแผ่นยางที่ไม่ได้มีการชุบน้ำส้มควันไผ่นั้นจะเกิดราเร็วที่สุด ตามด้วยกรณีที่ชุบน้ำส้มควันไผ่ด้วยอัตราส่วน 1:3, อัตราส่วน 1:2 และน้ำส้มควันไผ่บริสุทธิ์ ตามลำดับ นั่นคือการเกิดราบนแผ่นยางอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์และปริมาณความเข้มข้นของน้ำส้มควันไผ่

7.2.2 กรณีกรณีอบยางแผ่นดิบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม

ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้มได้แสดงดังตารางที่ ๓-2 (ภาคผนวก ค. ตารางบันทึกผลการทดลอง) และจากตารางที่ 7.3 และตารางที่ 7.4 ได้แสดงน้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนและหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม เพื่อใช้ในการศึกษาระยะเวลาของการอบแห้ง

ตารางที่ 7.3 น้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม

อัตราส่วน น้ำส้มควันไผ่:น้ำ	100%	1:1	1:2	1:3	ไม่ชุบน้ำส้มควัน ไผ่
แผ่นที่ 1 (kg)	1.625	1.699	1.512	1.308	1.423
แผ่นที่ 2 (kg)	1.636	1.425	1.302	1.552	1.470

ตารางที่ 7.4 น้ำหนักยางแผ่นดิบหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม

อัตราส่วน น้ำส้มควันไผ่:น้ำ	100%	1:1	1:2	1:3	ไม่ชุบน้ำส้มควัน ไผ่
แผ่นที่ 1 (kg)	1.436	1.326	1.311	1.287	1.223
แผ่นที่ 2 (kg)	1.426	1.289	1.148	1.336	1.245

จากผลการทดลองเห็นได้ชัดเจนว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติทำให้ยางแผ่นที่ผ่านการชุบ เกิดรากกว่ายางแผ่นที่ไม่ได้ทำการชุบ และอุณหภูมิก็มีผลทำให้ชะลอการเกิดรากับยางแผ่นด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงได้ทดสอบอบยางแผ่นดิบด้วยแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานกับกรณีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม เพื่อลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถแข่งขันในตลาดได้

7.2.3 กรณีกรณีอบยางแผ่นดิบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว

ส่วนผลการเกิดราบนยางแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียวได้แสดงดังตารางที่ ค-3 (ภาคผนวก ค.ตารางบันทึกผลการทดลอง) และจากตารางที่ 7.5 และตารางที่ 7.6 ได้แสดงน้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนและหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียวเพื่อใช้ในการศึกษาระยะเวลาของการอบแห้ง

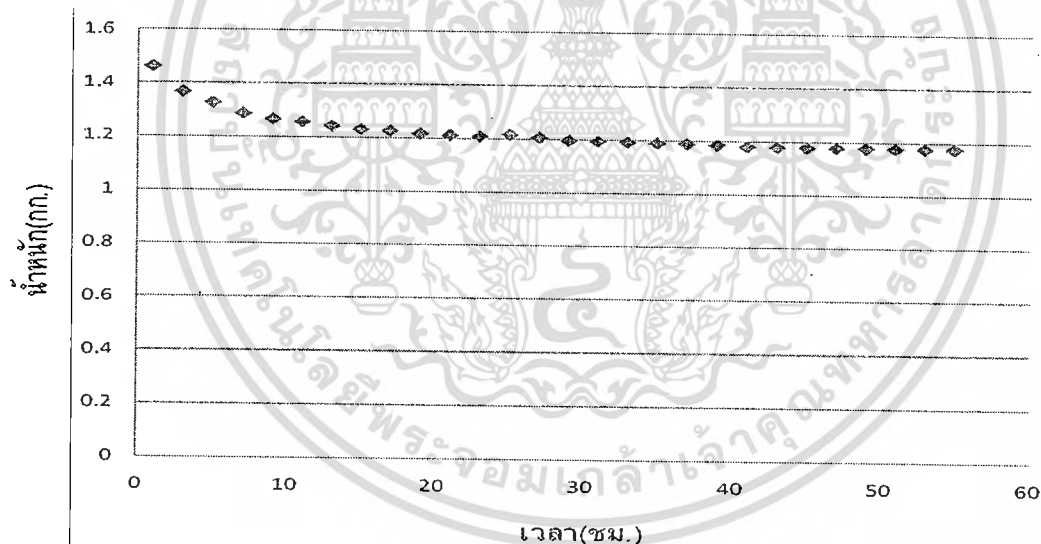
ตารางที่ 7.5 น้ำหนักยางแผ่นดิบก่อนอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว

อัตราส่วน น้ำส้มควันไม้:น้ำ	100%	1:1	1:2	1:3	ไม่ชุบ
แผ่นที่ 1 (kg)	1.586	1.472	1.712	1.600	1.524
แผ่นที่ 2 (kg)	1.352	1.702	1.570	1.520	1.370

ตารางที่ 7.6 น้ำหนักยางแผ่นดิบหลังอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว

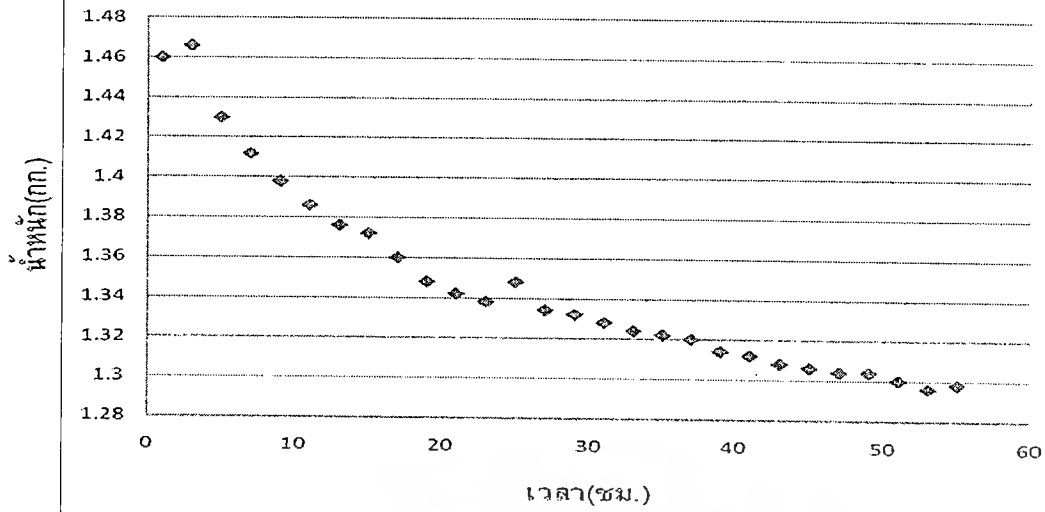
อัตราส่วน น้ำส้มควันไม้:น้ำ	100%	1:1	1:2	1:3	ไม่ชุป
แผ่นที่ 1 (kg)	1.109	1.027	1.243	1.152	1.107
แผ่นที่ 2 (kg)	1.004	1.289	1.107	1.121	1.012

จากผลการทดลองการอบยางแผ่นดิบในกรณีการใช้พลังงานความร้อนแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของยางแผ่นกับเวลาในการอบยางแผ่นได้ ดังรูปที่ 7.5 ถึง รูปที่ 7.9

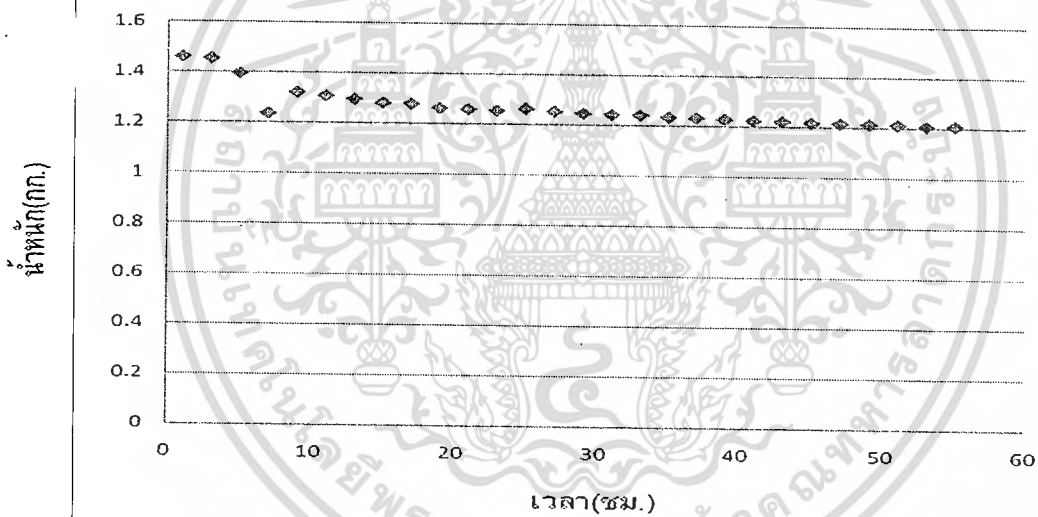


รูปที่ 7.5 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีน้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์)

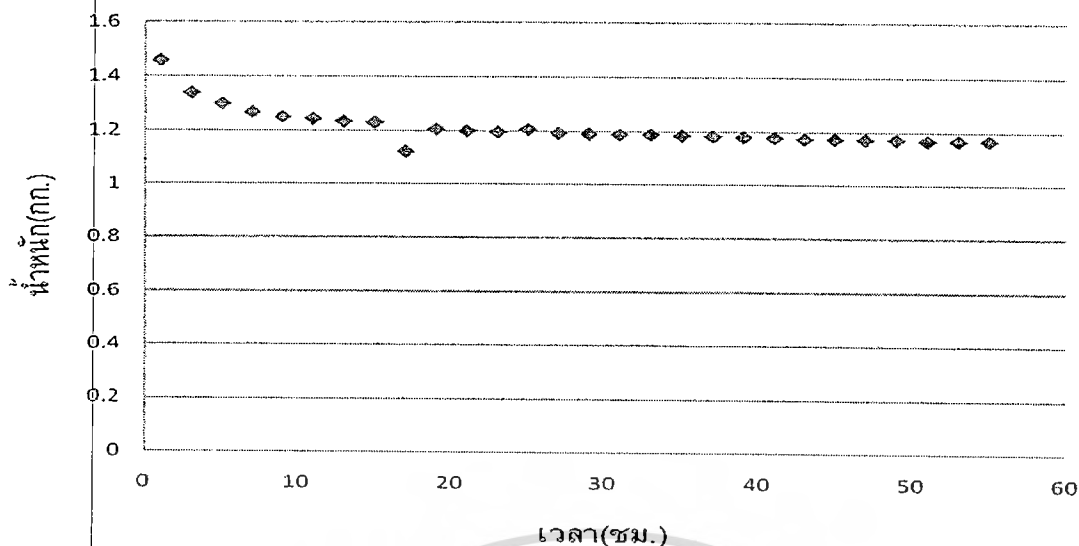
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



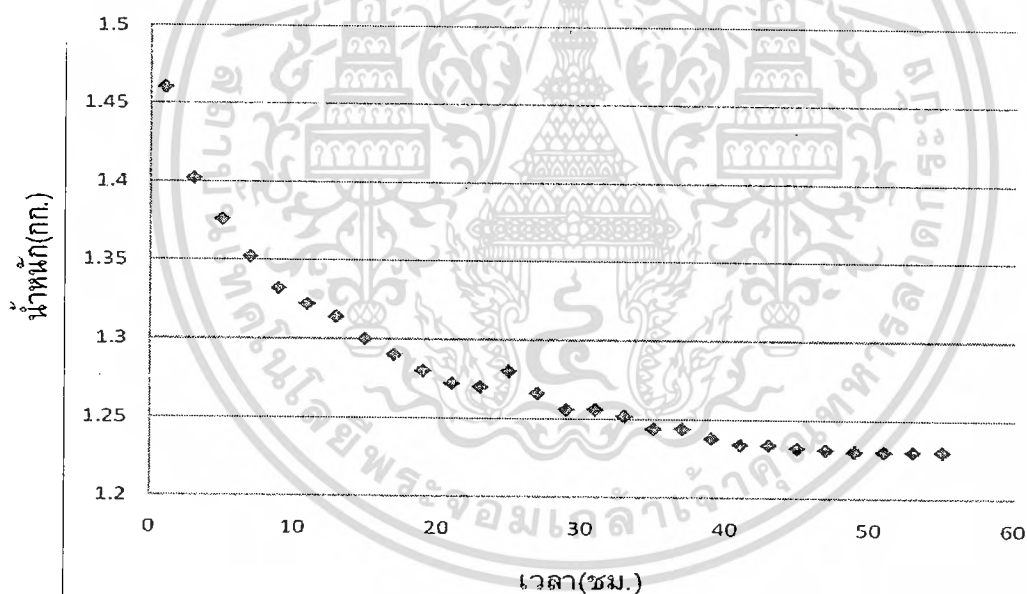
รูปที่ 7.6 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ
(กรณีน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน)



รูปที่ 7.7 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ
(กรณีน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน)



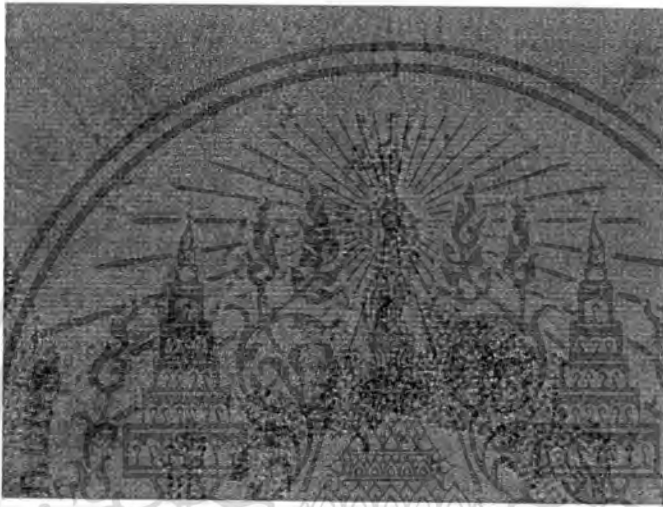
รูปที่ 7.8 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ
(กรณีน้ำส้มควันไม้ 1 ส่วนต่อน้ำ 3 ส่วน)



รูปที่ 7.9 น้ำหนักของยางแผ่นดิบเทียบกับเวลาในการอบ (กรณีไม่ได้หุบน้ำส้มควันไม้)

ส่วนลักษณะของเชื้อราที่เกิดขึ้นบนแผ่นยางนั้นเป็นเชื้อราจำพวก *Penicillium species* ดังรูปที่ 7.10 ส่วนการกระจายของเชื้อราบนแผ่นยางที่ได้ทำการทดสอบทั้งกรณีการอบแห้งด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ แก๊สหุงต้ม และคลื่น ไมโครเวฟนั้นได้แสดงที่ภาคผนวก ค

ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการกลั่นตัวจากการเผาไหม้ของฟืนไม้ยางพาราสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้จริง โดยความสามารถในการยับยั้งการเกิดเชื้อราจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้เป็นหลัก ซึ่งจากการทดสอบพบว่าหากใช้น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้น 100% เคลือบบนยางแผ่นดิบก่อนทำการอบแห้งด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราได้ดีกว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้น 50% (น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วน น้ำ 1 ส่วน), ความเข้มข้น 33% (น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วน น้ำ 2 ส่วน) และความเข้มข้น 25% (น้ำส้มควันไม้ 1 ส่วน น้ำ 3 ส่วน) เคลือบแผ่นยางตามลำดับ

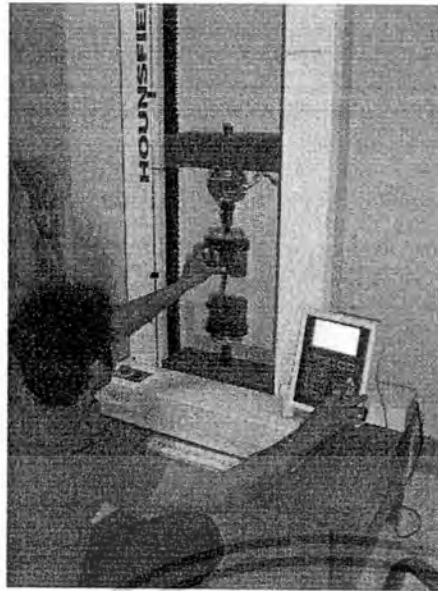


รูปที่ 7.10 เชื้อราจำพวก *Penicillium* species ที่เกิดขึ้นบนแผ่นยาง

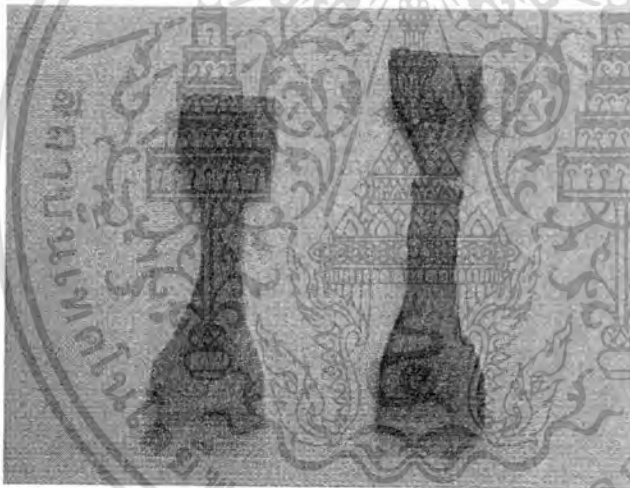
7.2.4 การทดสอบคุณสมบัติของยางแผ่น

จากการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างยางแผ่นที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบน้ำส้มควันไม้ (ดังรูปที่ 7.11 และรูปที่ 7.12) พบว่าน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางแผ่น แต่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดเชื้อราบนยางแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.11 การทดสอบคุณสมบัติของยางแผ่นด้วยเครื่อง Tensile Test Set



รูปที่ 7.12 ตัวอย่างชิ้นยางก่อนและหลังการทดสอบ

สำหรับผลการทดสอบคุณสมบัติของยางแผ่นในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาผลของความหนาของแผ่นยางและผลของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อระยะยืด, ความเค้นและความเครียดของแผ่นยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กรณิผลของความหนาของแผ่นยางได้แสดงในตารางที่ 7.7 ถึง ตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.7 ความหนาของแผ่นยาง (มิลลิเมตร)

ตัวอย่างที่	น้ำส้มควันไม้ 100%	น้ำส้มควันไม้ : น้ำ			ไม่ชุปน้ำส้ม ควันไม้
		1:1	1:2	1:3	
1	2.05	2.23	2.09	3.07	1.87
2	3.49	2.49	2.3	3.13	2.29
3	2.35	3.2	2.3	3.2	2.37
Mean	2.63	2.64	2.23	3.13	2.18

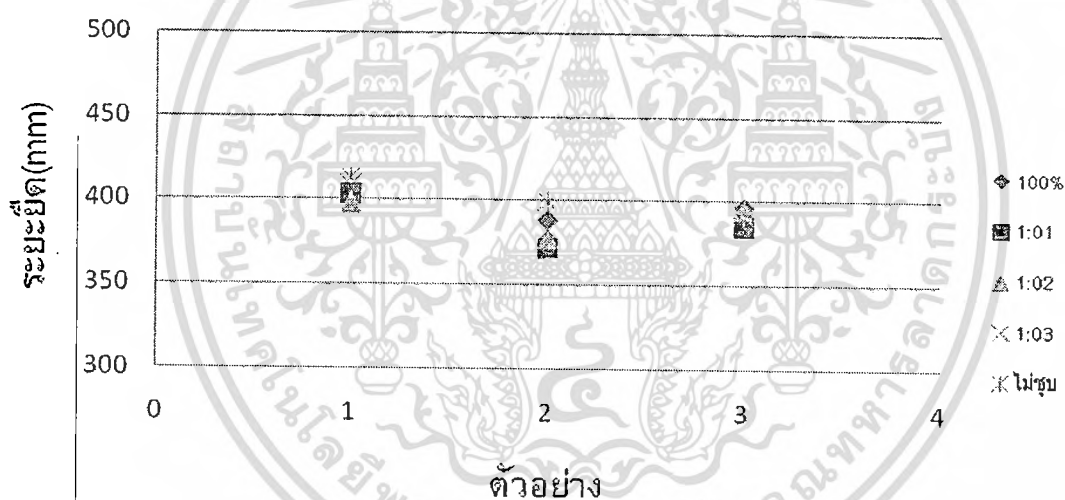
ตารางที่ 7.8 ค่าแรงกระทำต่อแผ่นยาง (นิวตัน)

ตัวอย่างที่	น้ำส้มควันไม้ 100%	น้ำส้มควันไม้ : น้ำ			ไม่ชุปน้ำส้ม ควันไม้
		1:1	1:2	1:3	
1	3.521	5.545	5.154	6.939	4.097
2	5.357	4.904	4.870	7.483	4.710
3	4.624	6.572	5.369	7.679	5.236
Mean	4.501	5.674	5.131	7.367	4.681

2. กรณีผลของน้ำส้มควันไม้ต่อระยะยี่ดของยางแผ่นได้แสดงในตารางที่ 7.9 และรูปที่ 7.13

ตารางที่ 7.9 ระยะยี่ดของยางแผ่น (มิลลิเมตร)

ตัวอย่างที่	น้ำส้มควันไม้ 100%	น้ำส้มควันไม้ : น้ำ			ไม่ชุบน้ำส้ม ควันไม้
		1:1	1:2	1:3	
1	402.3	402.9	397.8	408.2	412.4
2	388.8	372.0	377.3	382.5	399.9
3	396.9	384.4	395.1	388.9	391.7
Mean	396.0	386.4	390.1	393.2	401.3



รูปที่ 7.13 ระยะยี่ดของยางแผ่นกับตัวอย่างของชิ้นงานตามอัตราส่วนน้ำส้มควันไม้

3. กรณิผลของน้ำส้มควันไม้ต่อความเค้นของยางแผ่นได้แสดงในตารางที่ 7.10

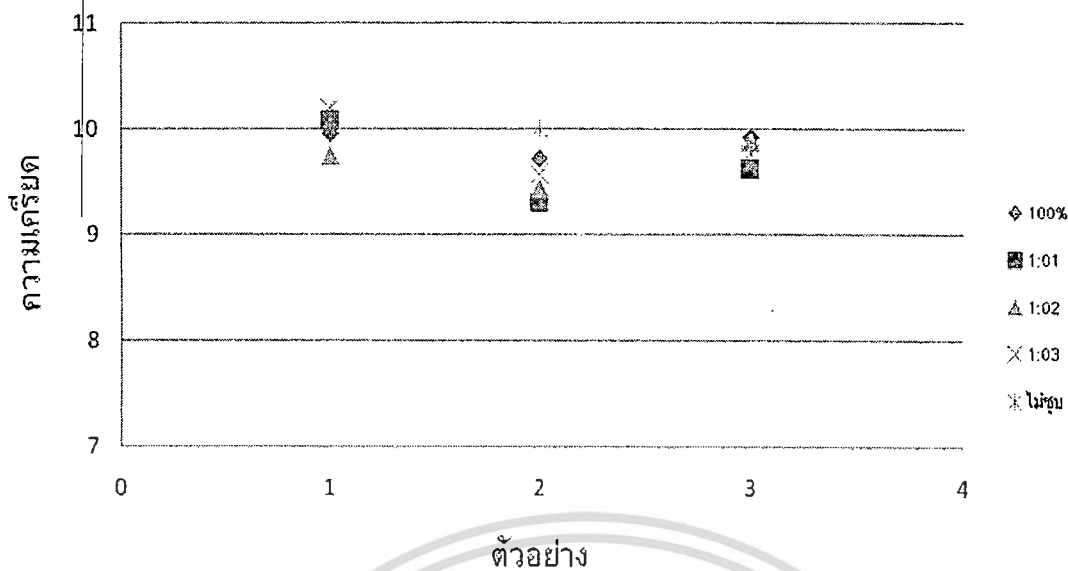
ตารางที่ 7.10 ค่าความเค้นของยางแผ่น (นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร)

ตัวอย่างที่	น้ำส้มควันไม้ 100%	น้ำส้มควันไม้ : น้ำ			ไม่ชุปน้ำส้ม ควันไม้
		1:1	1:2	1:3	
1	0.486	0.497	0.493	0.452	0.448
2	0.457	0.439	0.461	0.452	0.485
3	0.394	0.411	0.467	0.480	0.442
Mean	0.446	0.449	0.474	0.461	0.458

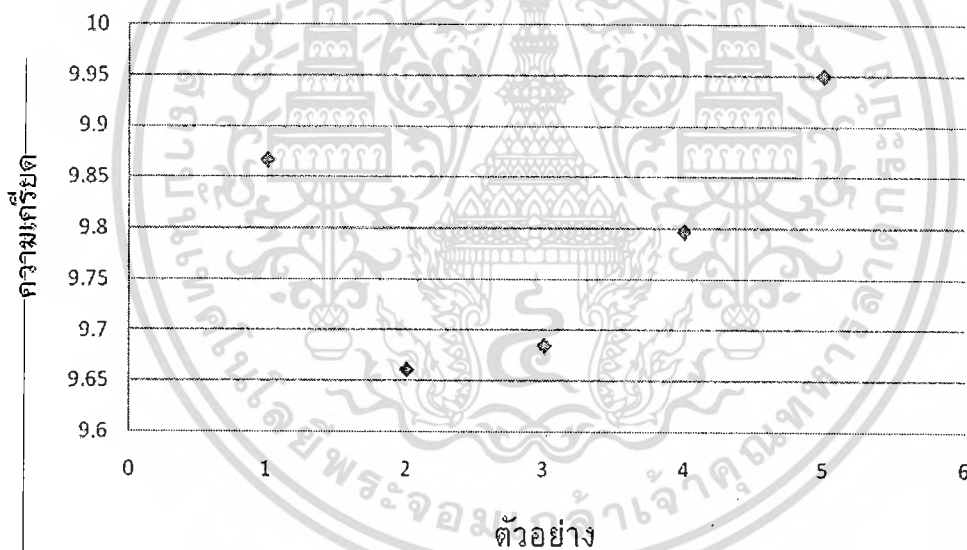
4. กรณิผลของน้ำส้มควันไม้ต่อความเครียดของยางแผ่นได้แสดงในตารางที่ 7.11 และรูปที่ 7.14 และ รูปที่ 7.15

ตารางที่ 7.11 ค่า Elongation หรือความเครียด (ไม่มีหน่วย)

ตัวอย่างที่	น้ำส้มควันไม้ 100%	น้ำส้มควันไม้ : น้ำ			ไม่ชุปน้ำส้ม ควันไม้
		1:1	1:2	1:3	
1	9.958	10.073	9.745	10.205	10.085
2	9.720	9.300	9.433	9.563	9.998
3	9.923	9.610	9.878	9.623	9.768
Mean	9.867	9.661	9.685	9.797	9.950



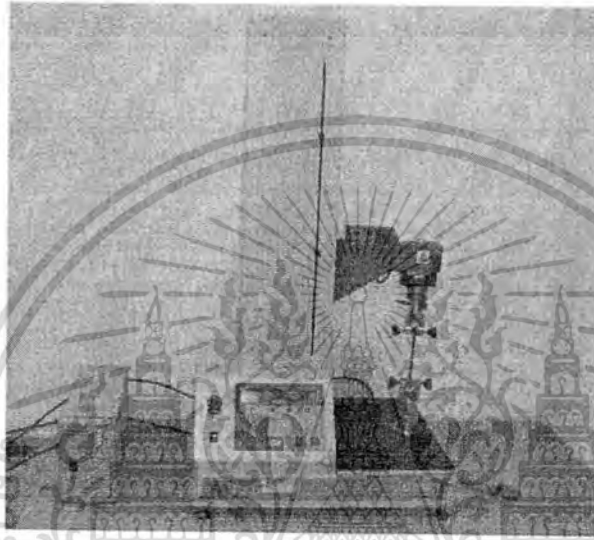
รูปที่ 7.14 ค่าความเครียดกับตัวอย่างชิ้นงานตามอัตราส่วนน้ำสั้มควันไม้



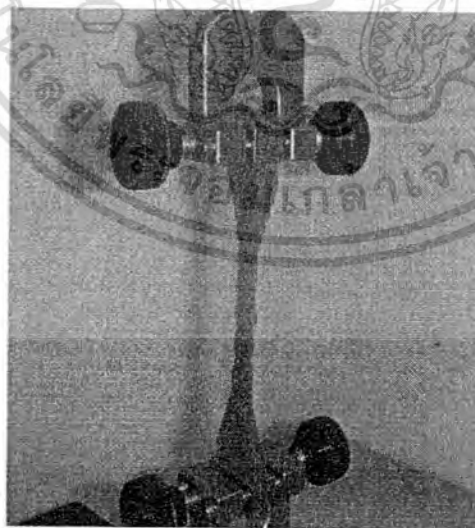
รูปที่ 7.15 ค่าเฉลี่ยความเครียดกับตัวอย่างของแผ่นยางแต่ละส่วน

จากการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างยางแผ่นที่ผ่านการเคลือบและไม่ผ่านการเคลือบน้ำสั้มควันไม้นั้น พบว่าน้ำสั้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางแผ่น แต่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดเชื้อราบนยางแผ่นได้

ส่วนปัญหาหัวจับของเครื่อง Tensile Test ที่ได้ทดสอบข้างต้นที่มีขนาดมากถึง 10 kN ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบได้ คณะผู้ศึกษาได้นำยางแผ่นมาทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่อง Tensile Test แบบ 1 kN ที่มีขนาดของหัวจับเล็กกว่า (รูปที่ 7.16 และรูปที่ 7.17) เพื่อหาความแตกต่างที่เกิดขึ้น ผลการทดสอบพบว่าค่าที่วัดได้จากหัวจับทั้งสองจะใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบโดยใช้เครื่อง Tensile Test ขนาด 10 kN นั้นมีความน่าเชื่อถือและยอมรับได้



รูปที่ 7.16 เครื่อง Tensile Test

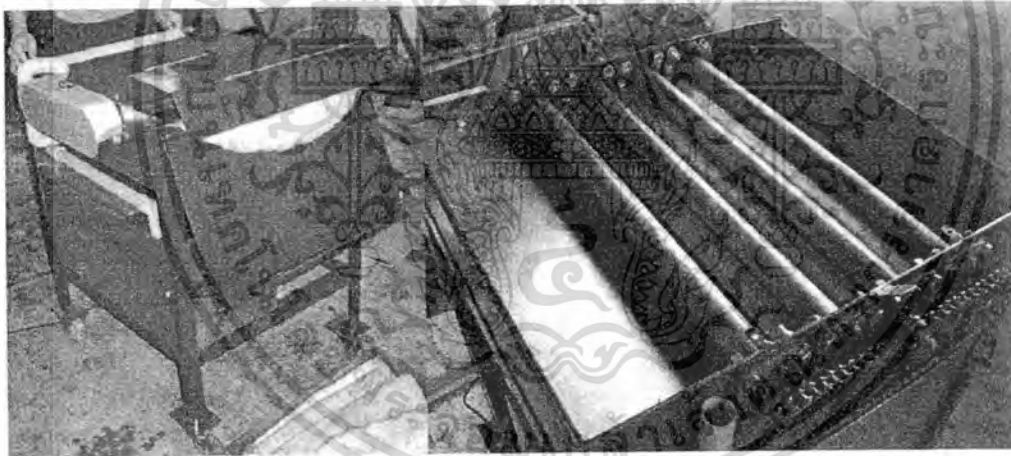


รูปที่ 7.17 ลักษณะการจับและทดสอบคุณสมบัติยางแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

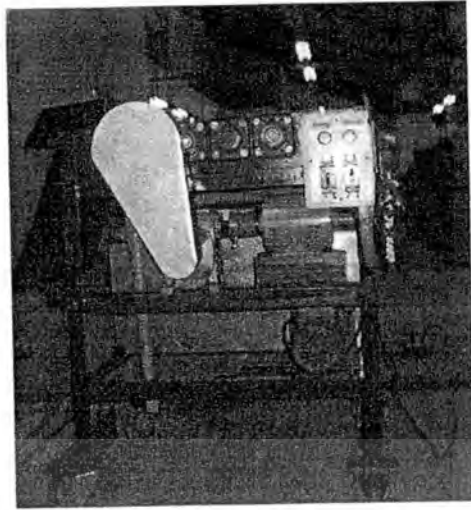
7.3 เครื่องชุบน้ำส้มควันไม้

จากการศึกษาข้างต้นพบว่าน้ำส้มควันไม้มีผลในการยับยั้งการเกิดเชื้อราบนยางแผ่นทั้งระหว่างอบแห้งและระหว่างการเก็บรักษายางแผ่นอบแห้งเพื่อรอจำหน่าย โดยที่น้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลต่อคุณสมบัติของแผ่นยาง ทำให้ทางผู้ผลิตยังคงสามารถขายยางแผ่นอบแห้งได้ในราคาเท่าเดิม (ยางแผ่นรมควันชั้น 3) หรือสูงกว่า เนื่องจากยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้จากการนำยางแผ่นดิบชุบน้ำส้มควันไม้ก่อนนำไปอบแห้งด้วยการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ การใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้ม และการใช้พลังงานความร้อนร่วมกันระหว่างแสงอาทิตย์กับแก๊สหุงต้มนั้น พบว่าสีของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้มีลักษณะใสกว่ายางแผ่นรมควันชั้น 3 ซึ่งผลิตได้จากสหรณ์สวนยาง แต่บางครั้งก็เกิดปัญหาของเชื้อราบนแผ่นยางบางส่วนของแผ่น เนื่องจากการชุบน้ำส้มควันไม้ไม่ทั่วถึงทั้งแผ่นยาง ทำให้ได้เกิดแนวคิดที่จะสร้างเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดยเครื่องชุบน้ำส้มควันไม้ที่ได้ออกแบบ และสร้างแสดงดังรูปที่ 7.18 และรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.18 เครื่องชุบน้ำส้มควันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.19 โครงสร้างเครื่องสูบน้ำส้มควันไม้

โดยหลักการทำงานของเครื่องจะใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังโดยผ่านสายพานไปยังตัวตบรอบก่อนที่จะส่งกำลังผ่านโซ่ไปยังลูกกลิ้งทั้ง 4 ลูกด้านบน โดยลูกกลิ้งจะอยู่ในถังที่ใส่น้ำส้มควันไม้ เมื่อใส่ยางแผ่นลงไปแผ่นยางก็จะเคลื่อนที่ไปตามลูกกลิ้ง ดังรูปที่ 7.20 ภายในถังที่ใส่น้ำส้มควันไม้ และจะใช้สวิทซ์ในการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์และปั๊ม



รูปที่ 7.20 การทำงานของเครื่องสูบน้ำส้มควันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 บทสรุป

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ พบว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเกิดราบนแผ่นยางได้ทั้งในกรณีระหว่างการอบ และระหว่างการจัดเก็บเพื่อรอการจำหน่าย โดยน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากฟืนไม้ยางพาราจะมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและทะเลสาปาล์ม และเมื่อพิจารณาคุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ พบว่าน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางแผ่น โดยยางแผ่นอบแห้งที่ได้จากกรรมวิธีนี้มีคุณภาพสูงกว่าหรือเท่ากับยางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ทางสหกรณ์สวนยางผลิตได้ เนื่องจากปัจจุบันมาตรฐานของการจัดชั้นยางแผ่นอบแห้งยังหยابอยู่มาก ซึ่งการอบแห้งด้วยวิธีนี้ทำให้ผู้ผลิตมีแนวทางผลิตยางแผ่นอบแห้งมากขึ้นและสามารถยืนอยู่ได้ด้วยตนเองโดยไม่จำเป็นต้องรับการช่วยเหลือจากรัฐ ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะลดน้อยลงไปในอนาคตอันใกล้



บทที่ 8

บทสรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงบทสรุปของการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างพารา ลดการเกิดมลภาวะสิ่งแวดล้อมจากอนุภาคเขม่าควัน สามารถทำให้ทางผู้ผลิตยางแผ่นอบแห้งลดต้นทุนการผลิตและสามารถแข่งขันในตลาดได้

8.1 เครื่องผลิตน้ำส้มควันไม้และน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากวัตถุดิบต่างชนิดกัน

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เน้นที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ แต่น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้แต่ละชนิดก็มีคุณภาพและคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ซึ่งวิธีการควบคุมคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ในการทดสอบก็คือ การผลิตน้ำส้มควันไม้เองโดยใช้ไม้ยางพารา กะลามะพร้าวและทะเลยปาล์มเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากทั้งไม้ยางพารา กะลามะพร้าวและทะเลยปาล์มนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณ 50% ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น แต่กะลามะพร้าวค่อนข้างจะหายากในช่วงที่ได้ทำการทดสอบประกอบกับทะเลยปาล์มสามารถหาได้ง่ายในพื้นที่ ดังนั้นน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้ยางพาราและทะเลยปาล์มจึงถูกนำไปทำการทดสอบผลการยับยั้งการเกิดเชื้อรา ซึ่งพบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้ยางพารานั้นสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากทะเลยปาล์ม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้น้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากไม้ยางพาราไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้

8.2 ห้องอบขนาดเล็กที่ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

ในส่วนนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบห้องอบขนาดเล็กที่ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปอบให้แห้ง รวมถึงผลกระทบจากราและคุณภาพของแผ่นยางอบแห้ง เพื่อเป็นแนวทางเลือกแก่เกษตรกรชาวสวนยาง จากการศึกษาพบว่า การอบยางแผ่นดิบด้วยการพาความร้อนของแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สหุงต้ม โดยวิธีการบังคับที่ใช้พัดลมดูดอากาศทางด้านบนของห้องอบ จะสามารถผลิตยางแผ่นอบแห้งได้เร็วกว่าแบบธรรมชาติประมาณ 12-15 ชั่วโมง เนื่องจากไม่มีการสะสมและย้อนกลับของความชื้นในห้องอบ ทำให้การกระจายอุณหภูมิภายในห้องอบดีกว่าแบบธรรมชาติ และหากพิจารณาแผ่นยางอบแห้งที่ผลิตได้ พบว่าแผ่นยางที่ผลิตได้จากการอบด้วยการพาความร้อนของแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สหุงต้มทั้งสองกรณีก็ยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด โดยยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ตลาดจะรับซื้อเป็นยางแผ่นรมควันชั้น 3 หรือสูงกว่า ดังนั้นการอบยางแผ่นดิบด้วยวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำไปศึกษาอบยางแผ่นดิบที่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้ในขั้นต้นต่อไป

8.3 ห้องอบขนาดเล็กที่สามารถใช้ได้ทั้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง

ในส่วนนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบห้องอบขนาดเล็กที่สามารถใช้ได้ทั้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปอบให้แห้ง รวมถึงผลกระทบจากราและคุณภาพของแผ่นยางอบแห้ง จากการศึกษาพบว่า การอบยางแผ่นดิบในห้องอบโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว นั้นแผ่นยางจะแห้งช้ากว่าการอบด้วยความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไม้ฟืน และการอบด้วยวิธีนี้สามารถทำได้เฉพาะวันที่ฟ้าโปร่งเท่านั้น เนื่องจากหากในช่วงแรกของการอบยางแผ่นดิบที่ท้องฟ้าปิดก็จะทำให้ยางแผ่นดิบอาจขึ้นราได้ ส่วนในกรณีการใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว แม้จะทำให้ยางแผ่นดิบแห้งเร็วที่สุด แต่ก็มีความใช้จ่ายสูงเช่นกัน ดังนั้นในส่วนนี้จึงได้ศึกษาการใช้ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม พบว่าการแห้งของแผ่นยางในกรณีมีการระบายความร้อนและกรณีการหมุนเวียนความร้อนภายใน

ห้องอบจะมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน แต่กรณีการหมุนเวียนความร้อนจะใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่า เนื่องจากจะเกิดการสูญเสียพลังงานความร้อนไปภายนอกเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการอบยางแผ่นดิบด้วยวิธีนี้ก็ถือเป็นอีกเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปศึกษาอบยางแผ่นดิบที่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้ในขั้นตอนต่อไป

8.4 ห้องอบขนาดเล็กที่ใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟเป็นเชื้อเพลิง

ในส่วนนี้ได้กล่าวถึงการทดสอบห้องอบขนาดเล็กที่ใช้พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบแผ่นยางก่อนนำไปอบให้แห้ง รวมถึงผลกระทบจากราและคุณภาพของแผ่นยางอบแห้ง จากการศึกษาพบว่า การอบยางแผ่นดิบด้วยวิธีนี้มีระยะเวลาในการอบสั้นมาก คือประมาณ 30 ชั่วโมง (สำหรับการอบที่กำลัง 600 Watt) แต่ในกรณีนี้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องอบได้ ทำให้ยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ถูกตลาดรับซื้อเป็นยางคัตติงหรือเศษยาง ซึ่งมีราคาต่ำกว่ายางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ทางสหกรณ์สวนยางผลิตได้ ดังนั้นการอบยางแผ่นดิบด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ จึงไม่มีความเหมาะสมและไม่มีความจำเป็นที่จะต้องนำไปศึกษาเพื่อหาผลการเกิดราบนยางแผ่นดิบอบแห้ง ทั้งในกรณีผ่านและไม่ผ่านการชุบน้ำส้มควันไม้มาก่อนอบแห้ง เนื่องจากคุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้จากการอบด้วยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟนั้นมีคุณภาพต่ำเกินไปและขายไม่ได้ราคา

8.5 ผลของการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนยางแผ่นดิบก่อนนำไปอบแห้ง

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยใช้เตาอบไมโครเวฟ แก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพของยางแผ่นที่ได้ พบว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเกิดราบนแผ่นยางได้ทั้งในกรณีระหว่างการอบ และระหว่างการจัดเก็บเพื่อรอการจำหน่าย โดยน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตได้จากฟืน ไม้ยางพาราจะมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวและทะเลยาปาล์ม และเมื่อพิจารณาคุณภาพของยางแผ่นอบแห้งที่ผลิตได้ พบว่าน้ำส้มควันไม้ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของยางแผ่น โดย

ยางแผ่นอบแห้งที่ได้จากกรรมวิธีนี้มีคุณภาพสูงกว่าหรือเท่ากับยางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ทางสหกรณ์สวนยางผลิตได้

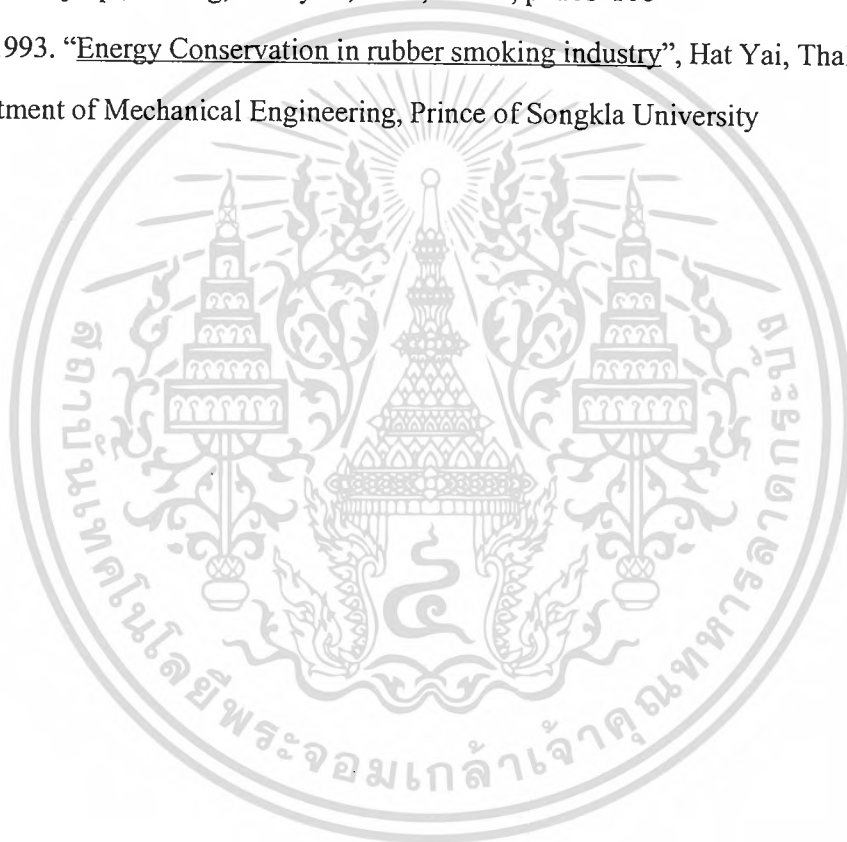
8.6 บทสรุปรวม

วิธีการใช้น้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยความร้อนจากแก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์นั้น สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราบนแผ่นยางได้ ทำให้ยางอบแห้งที่ได้จากกรรมวิธีนี้มีคุณภาพสูงกว่าหรือเท่ากับยางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่ทางสหกรณ์สวนยางผลิตได้ ซึ่งการอบแห้งด้วยวิธีนี้ทำให้ผู้ผลิตมีแนวทางผลิตยางแผ่นอบแห้งมากขึ้นและสามารถยืนอยู่ได้ด้วยตนเองโดยไม่จำเป็นต้องรับการช่วยเหลือจากรัฐ ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะลดน้อยลงไปในอนาคตอันใกล้นี้ นอกจากนี้ปัญหาของสิ่งแวดล้อมในเรื่องมลภาวะทางอากาศที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยางแผ่นอบแห้งก็ได้รับการแก้ไข ทำให้กลุ่มผู้ผลิตยางแผ่นอบแห้งสามารถดำเนินการผลิตสินค้าได้อย่างราบรื่น และได้รับการยอมรับจากชุมชน

8.7 ข้อเสนอแนะ

งานที่ควรศึกษาต่อนอกเหนือจากงานวิจัยฉบับนี้ คือการศึกษาหาอัตราส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำน้ำส้มควันไม้ไปเคลือบบนแผ่นยางก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยวิธีการอบ โดยความร้อนจากแก๊สหุงต้ม และพลังงานแสงอาทิตย์ เพราะจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตยางแผ่นอบแห้งลงได้ การศึกษาและปรับปรุงการกระจายอุณหภูมิและความเร็วของแก๊สร้อนภายในห้องอบก็เป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากหากห้องอบยางแผ่นดิบมีการกระจายของอุณหภูมิและความเร็วของแก๊สร้อนที่สม่ำเสมอ นั้น จะช่วยให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและระยะเวลาการอบลงได้ นอกจากนี้การศึกษาเพื่อนำพลังงานทางเลือกอื่น เช่น แก๊สชีวภาพ เป็นต้น มาใช้ในการอบแห้งยางแผ่นก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจ

- Breymayer, M.; Pass, T.; Mühlbauer, W.; Amir, E. J. and Mulato, S. 1993. "Solar-assisted smokehouse for the drying of natural rubber on small-scale Indonesian farms", *Journal of renewable energy*, Volume 3, Issue 8, pp. 831-839
- IARC, 1982. "Monographs", the rubber Industry 28
- Kalasee, W. 2009. "Improvement Soot Particles Separation Equipments for Rubber Smoking Chamber". *Aerosol Air Qual. Res.* (Article in Press)
- Kalasee, W., Tekasakul, S., Otani, Y. and Tekasakul, P. 2003. "Characteristics of Soot Particles Produced from Rubberwood Combustion", Proc. 2nd Asian Particle Technol. Symp., Penang, Malaysia, 2003, Vol. 2, p. 103-108
- Prasertsan, S. 1993. "Energy Conservation in rubber smoking industry", Hat Yai, Thailand: Department of Mechanical Engineering, Prince of Songkla University





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ประวัติยางพารา

ความคิดที่จะนำยางพาราเข้ามาปลูกในประเทศไทย เกิดขึ้นเมื่อ พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดีเดินทางไปดูงานที่ประเทศมาเลเซีย พบเห็นชาวมาเลเซียปลูกยางพาราจนมีฐานะดีมาก ทำให้เกิดความสนใจที่จะนำยางพาราเข้ามาปลูกในประเทศไทยบ้าง แต่พันธุ์ยางพาราสมัยนั้น เจ้าของสวนหวงมาก ทำให้ไม่สามารถนำพันธุ์ยางพารากลับมาได้ ในการเดินทางครั้งนั้น



รูปที่ ก-1 พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี

จนกระทั่ง พ.ศ. 2444 พระสถลสถานพิทักษ์ได้เดินทางไปประเทศอินโดนีเซีย จึงได้มีโอกาสนำต้นกล้ายางพารากลับมาได้ โดยเอากล้ายางพารามาหุ้มรากด้วยลำลีชุนบน้ำ แล้วหุ้มทับด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์อีกชั้นหนึ่งจึงบรรจุลงถังไม้ฉลุม ใส่วีเอกลไฟซึ่งเป็นเรือส่วนตัวของพระสถลสถานพิทักษ์รับเดินทางกลับประเทศไทยทันที

ยางพาราที่นำมาครั้งนี้มีจำนวน ถึง 4 ถังด้วยกันพระสถลสถานพิทักษ์ได้นำมาปลูกไว้ที่บริเวณหน้าบ้านพัก ที่อำเภอตันตังจังหวัดตรัง ซึ่งปัจจุบันนี้ยังเหลือให้เห็นเป็นหลักฐานเพียงต้นเดียว อยู่บริเวณหน้าสภกรรมการเกษตรกันตัง และจากยางพารารุ่นแรกนี้ พระสถลสถานพิทักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ขยายเนื้อที่ปลูกออกไป จนมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 45 ไร่ นับได้ว่า พระสถลสถานพิทักษ์ คือผู้
เป็นเจ้าของสวนยางพาราคนแรกของประเทศไทย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 1

อัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำ	ค่า pH
100%	3.31
1:1	3.35
1:2	3.39
1:3	3.40

ตารางที่ ข-2 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 2

อัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำ	ค่า pH
100%	3.53
1:1	3.63
1:2	3.57
1:3	3.58

ตารางที่ ข-3 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 3

อัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำ	ค่า pH
100%	3.11
1:1	3.16
1:2	3.20
1:3	3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-4 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 4

อัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำ	ค่า pH
100%	3.23
1:1	3.27
1:2	3.31
1:3	3.34

ตารางที่ ข-5 ค่า pH ของน้ำส้มควันไม้ชุดการทดลองที่ 5

อัตราส่วนน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำ	ค่า pH
100%	3.21
1:1	3.27
1:2	3.29
1:3	3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1 ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
1	30.5	สีขาวขุ่น	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาล อ่อนกว่า 100%	สีน้ำตาล อ่อนกว่า 1:1	สีน้ำตาล อ่อนกว่า 1:2
3	31	แผ่นยางเริ่ม แห้งยังมีสี ขาว	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง
6	37.5	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา
9	40	ยังไม่เกิดรา	สีเข้มขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	สีเข้มขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
12	37	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสี ขาว	ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
15	38	เกิดราเป็น จุดสีขาว เพิ่มขึ้น	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว
18	36	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	ยางสีเข้ม ยัง ไม่เกิดรา	เริ่มมีราขึ้น บางจุด	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสี ขาว	เกิดราเป็นจุด สีขาวเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
21	28	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนา เพิ่มขึ้น	ยางสีเข้ม ยัง ไม่เกิดรา	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	เกิดราเป็น จุดสีขาว เพิ่มขึ้น	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ
24	37	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	ยางสีเข้ม ยัง ไม่เกิดรา	เกิดราเป็นจุด สีขาวเพิ่มขึ้น	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น
27	35	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เริ่มมีราเป็น จุดสีขาว ขึ้น บางจุด	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนา ขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น
30	34	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เริ่มมีราเป็น จุดสีขาว ขึ้น บางจุด	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น
33	37	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เกิดราเป็นจุด สีขาวเพิ่มขึ้น	เกิดราเป็น กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สหุงต้ม

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
1	37.5	สีขาวขุ่น	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลอ่อน กว่า100%	สีน้ำตาล อ่อนกว่า1:1	สีน้ำตาล อ่อนกว่า1:2
3	38	แผ่นยางเริ่ม แห้งยังเป็นสี ขาวขุ่น	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง
6	37.5	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา
9	40	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	สีเข้มขึ้น	สีเข้มขึ้น	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
12	37	ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น
15	38	สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น
18	36	สีเข้มขึ้น แห้งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
21	34	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา
24	37.5	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
27	38	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง
30	37.5	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา
33	40	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายตัว	สีเข้มขึ้น ยังไม่ เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
36	37	เกิดราเป็น จุดสีขาว เพิ่มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว
39	38	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายตัว
42	36	เกิดรา กระจายทั่ว	ยังไม่เกิดรา	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	เกิดราเป็น จุดสีขาว	เกิดราเป็น จุดสีขาว
45	28	เกิดรา กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เริ่มเกิดราเป็น จุดสีขาว	เกิดราเป็นจุด สีขาวเพิ่มขึ้น	เกิดราเป็น จุดสีขาว เพิ่มขึ้น	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มคว้นไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
48	35	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เริ่มมีราเป็นจุด สีขาว ขึ้นบาง จุด	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น
51	34	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เริ่มมีราเป็นจุด สีขาว ขึ้นบาง จุด	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น
54	37	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เกิดราเป็นจุดสี ขาวเพิ่มขึ้น	เกิดราเป็น กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 ผลการเกิดราบนแผ่นยางที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้พลังงานความร้อนจาก
แก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
1	32	สีขาวขุ่น	สีน้ำตาลเข้ม	สีน้ำตาลอ่อน กว่า100%	สีน้ำตาล อ่อนกว่า1:1	สีน้ำตาล อ่อนกว่า1:2
3	34	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง
6	28	แห้งยิ่งขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น
9	37	สีเข้มขึ้น	สีเข้มขึ้น	สีเข้มขึ้น	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
12	40	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	สีเข้มขึ้น	สีเข้มขึ้น	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
15	32	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม
18	38	ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยังไม่ เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยังไม่ เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยังไม่ เกิดรา สีเข้มขึ้น
21	33	สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยังไม่ เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยังไม่ เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยังไม่ เกิดรา สีเข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
24	31	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา
27	36	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
30	32	ยังไม่เกิดรา แห้งกว่าเดิม	ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	แผ่นยางเริ่ม แห้ง	แผ่นยางเริ่ม แห้ง
33	33	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา
36	35	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายตัว	สีเข้มขึ้น ยัง ไม่ เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา
39	31	เกิดราเป็น จุดสีขาว เพิ่มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้น ยังไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว
42	29	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	แห้งยิ่งขึ้น ยัง ไม่เกิดรา สีเข้มขึ้น	แห้งยิ่งขึ้นยัง ไม่เกิดรา	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายตัว
45	32	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	ยางสีเข้ม ยัง ไม่เกิดรา	ยังไม่เกิดรา	เกิดราเป็น จุดสีขาว เพิ่มขึ้น	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มควินไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
48	31	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	ยางสีเข้ม ยัง ไม่เกิดรา	เริ่มเกิดรา เป็นจุดสีขาว	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น
51	31	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	ยังไม่เกิดรา	เกิดราเป็นจุด สีขาวเพิ่มขึ้น	เกิดราเป็น จุดสีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนา เพิ่มขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น
54	34	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	ยังไม่เกิดรา	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นบางๆ	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น
57	32	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มมากขึ้น	ยังไม่เกิดรา	เกิดราเป็นจุด สีขาว กระจายทั่ว แผ่นหนาขึ้น	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น
60	31	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มมากขึ้น	ยังไม่เกิดรา	เกิดราเกือบ ทั่วทั้งแผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น

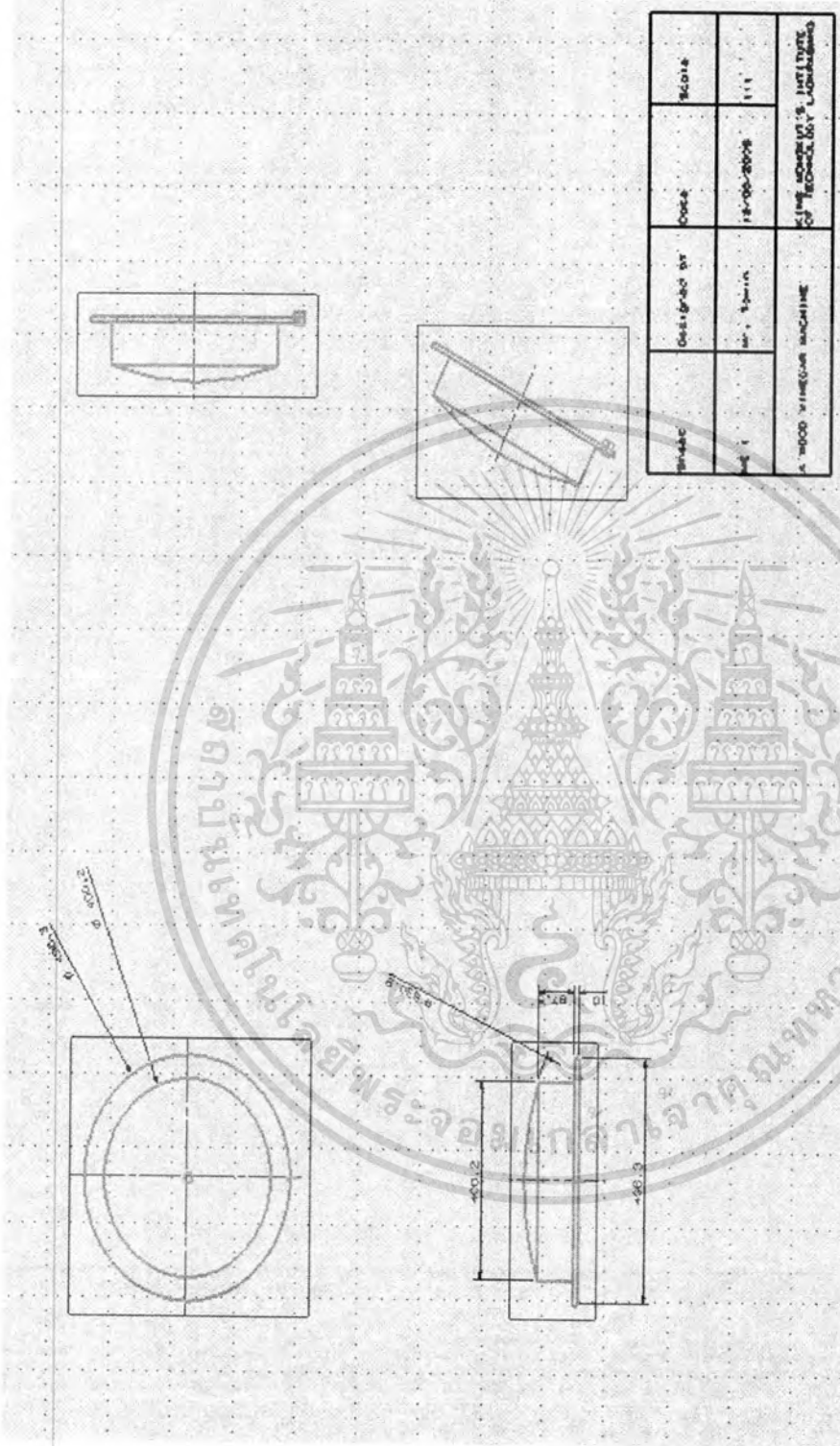
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน	อุณหภูมิ (°C)	ความเข้มข้นของน้ำส้มควินไม้				
		0%	100%	50% (1:1)	33% (1:2)	25% (1:3)
63	34	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา มาก	เริ่มมีราเป็น จุดสีขาว ขึ้น บางจุด	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มมากขึ้น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มมากขึ้น
66	36	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา มาก	เริ่มมีราเป็น จุดสีขาว ขึ้น บางจุด	เกิดราทั่วทั้ง แผ่น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มมากขึ้น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มมากขึ้น
69	33	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา มาก	เกิดราเป็นจุด สีขาวเพิ่มขึ้น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา เพิ่มขึ้น	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา มาก	เกิดราทั่วทั้ง แผ่นหนา มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

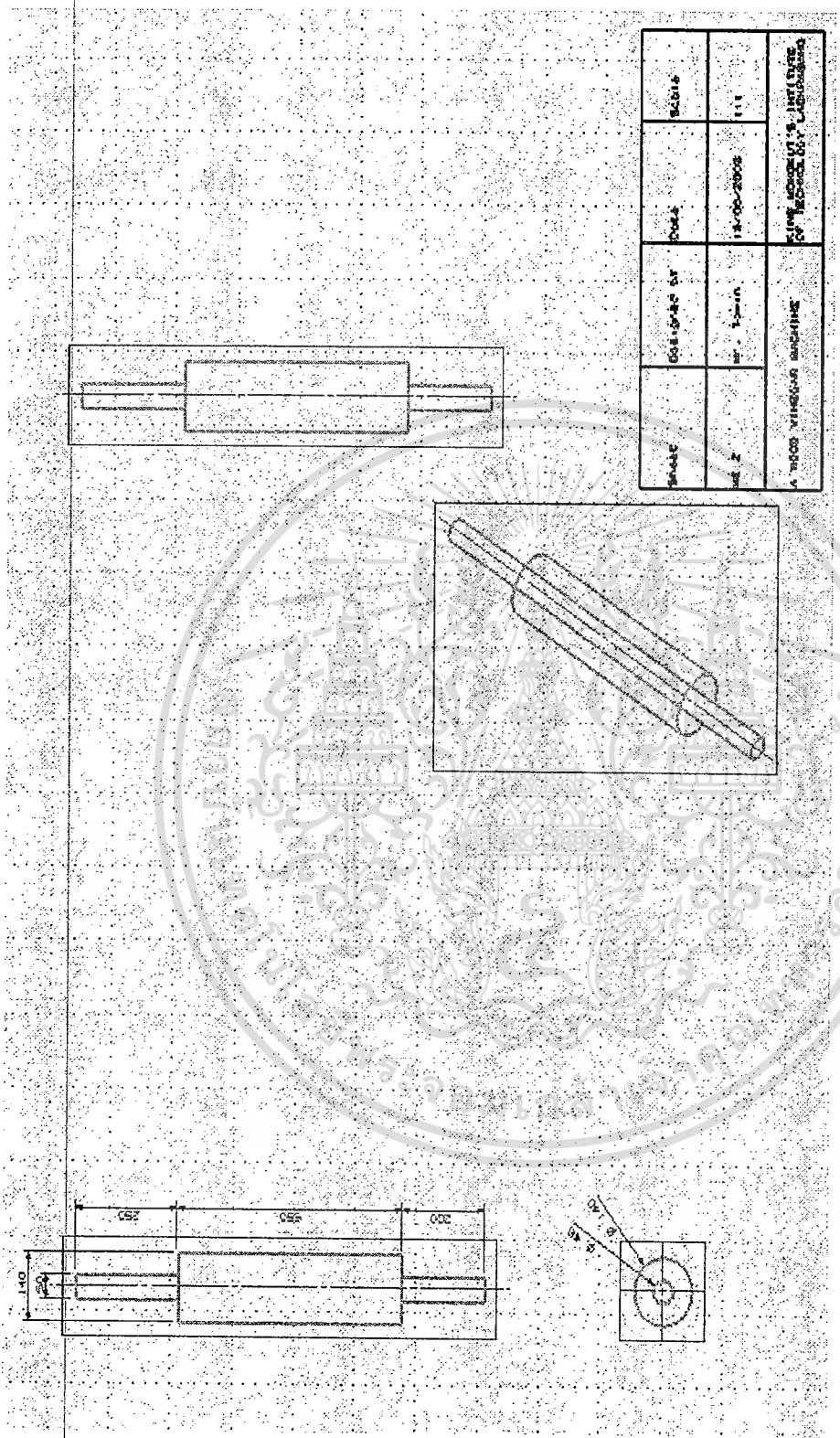


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



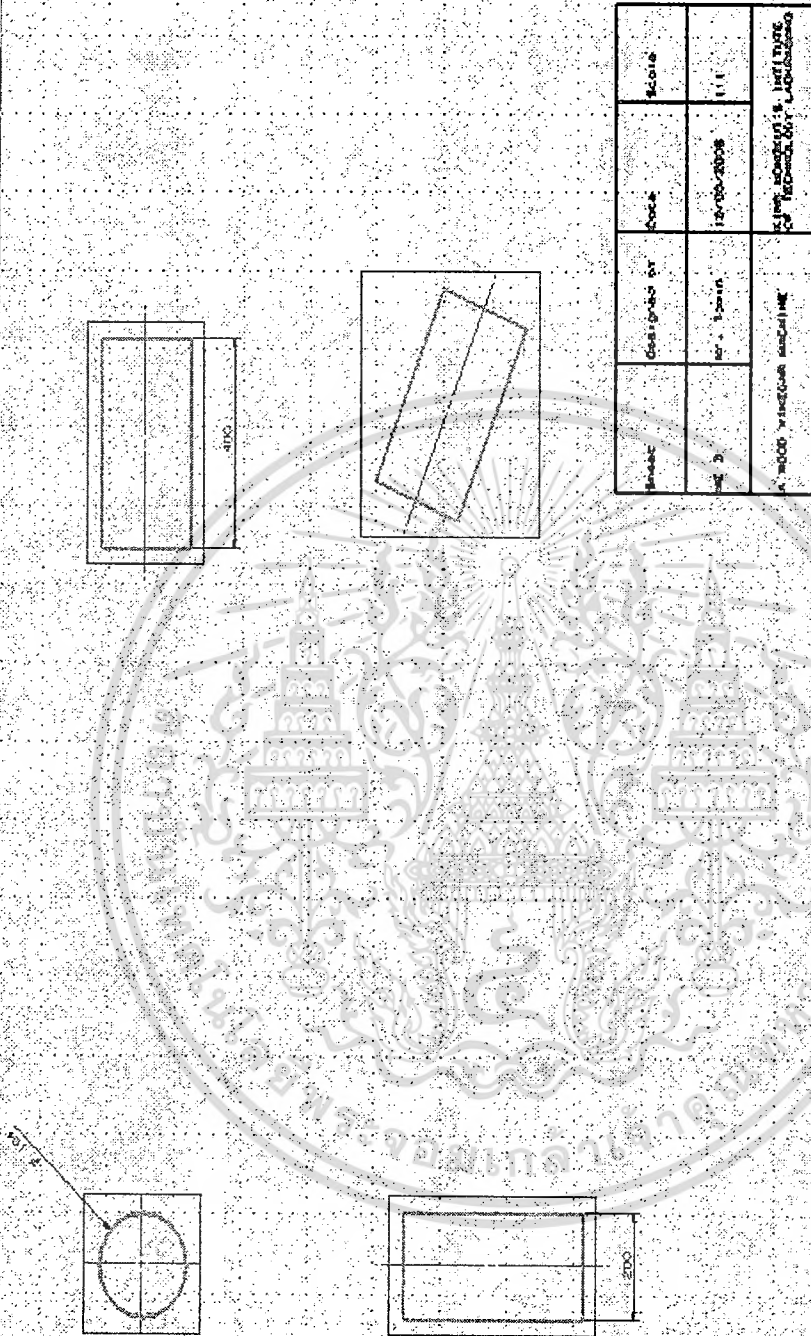
รูปที่ ง-1 ฝาของเครื่องผลิตน้ำส้มควั่นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 ข้อความแน่นของเครื่องผลิตน้ำส้มควั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

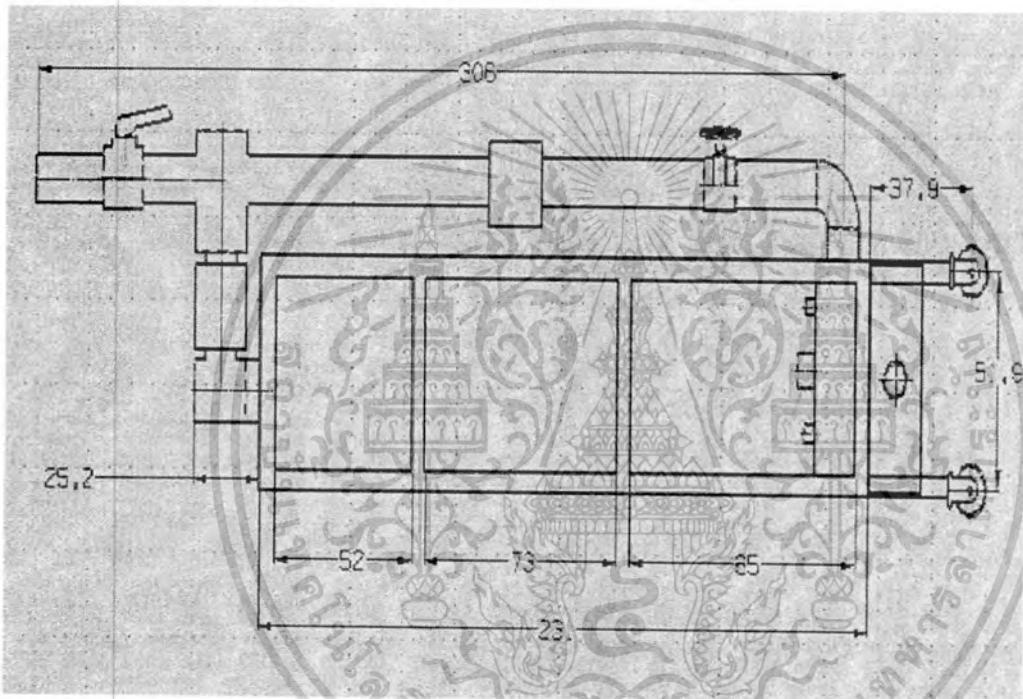


รูปที่ ง-3 ด้งไว้ตัวตุดิบของเครื่องผลิตน้ำส้มคว้นไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

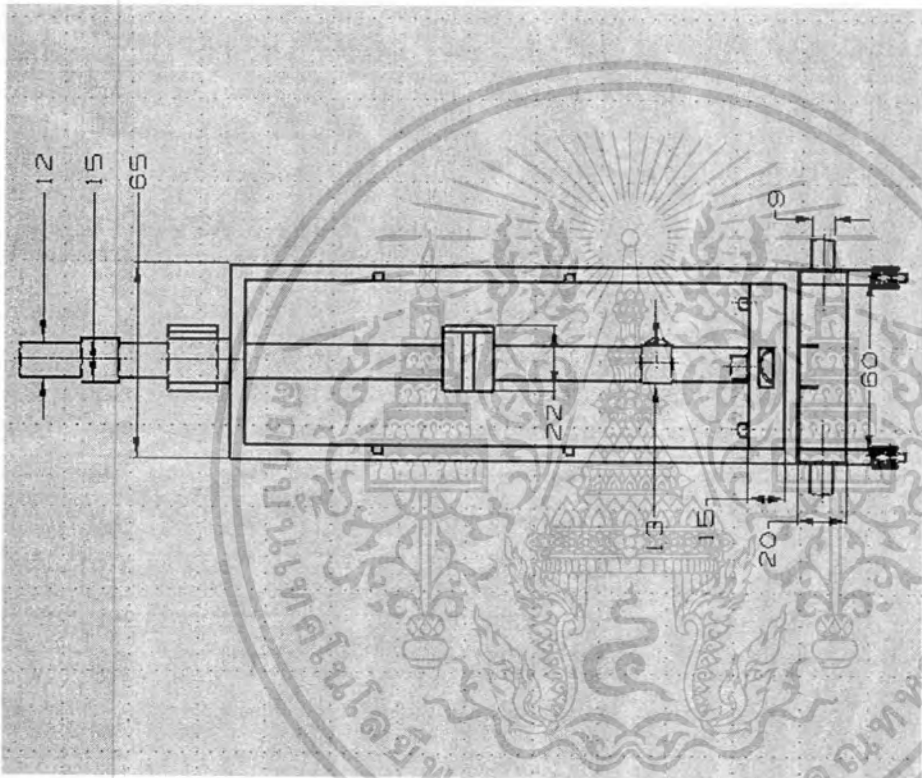


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



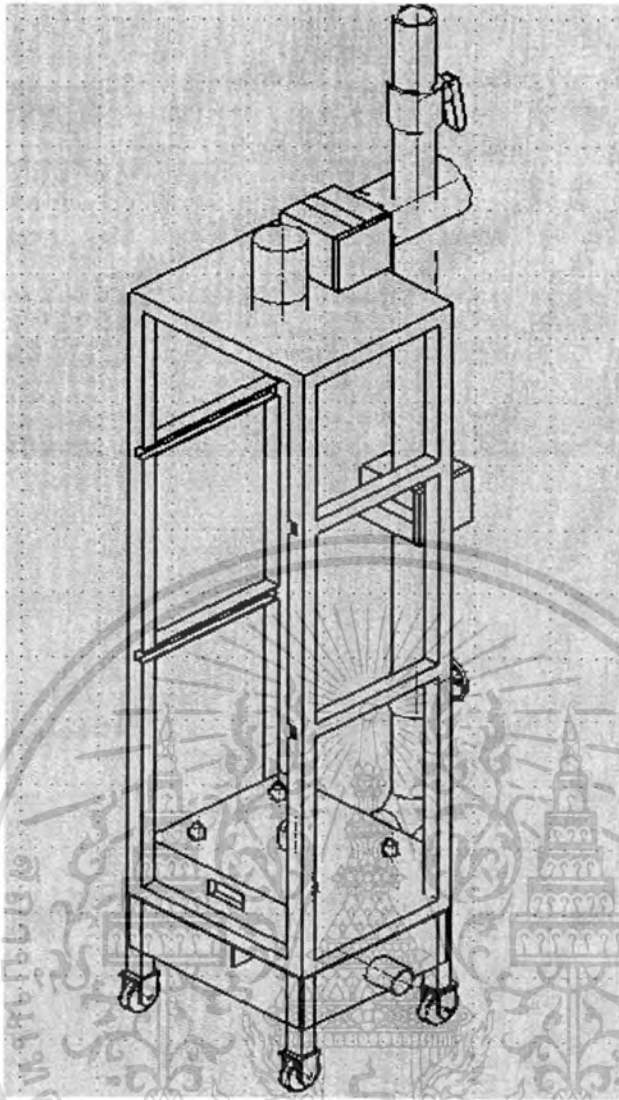
รูปที่ จ-1 ห้องอบยางแผ่นดิบ (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



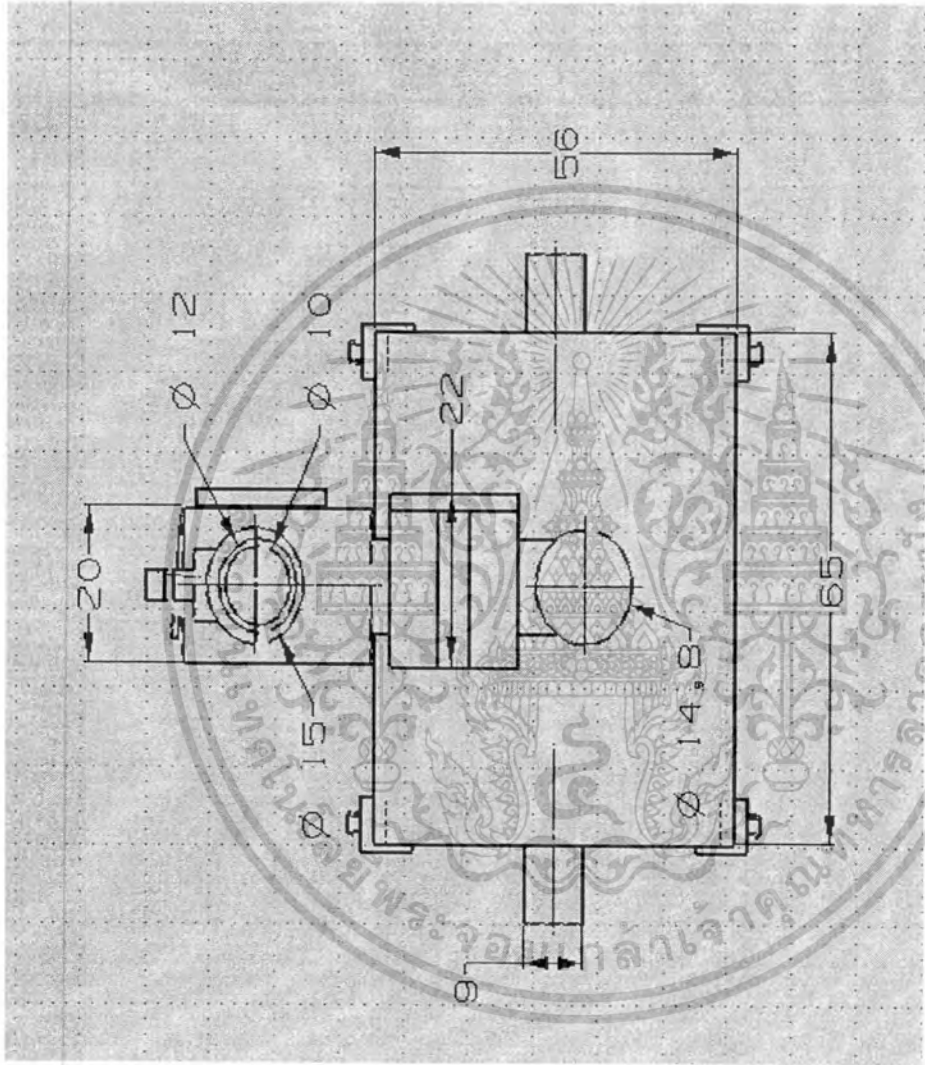
รูปที่ จ-2 ห้องอบยางแผ่นดิบ (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



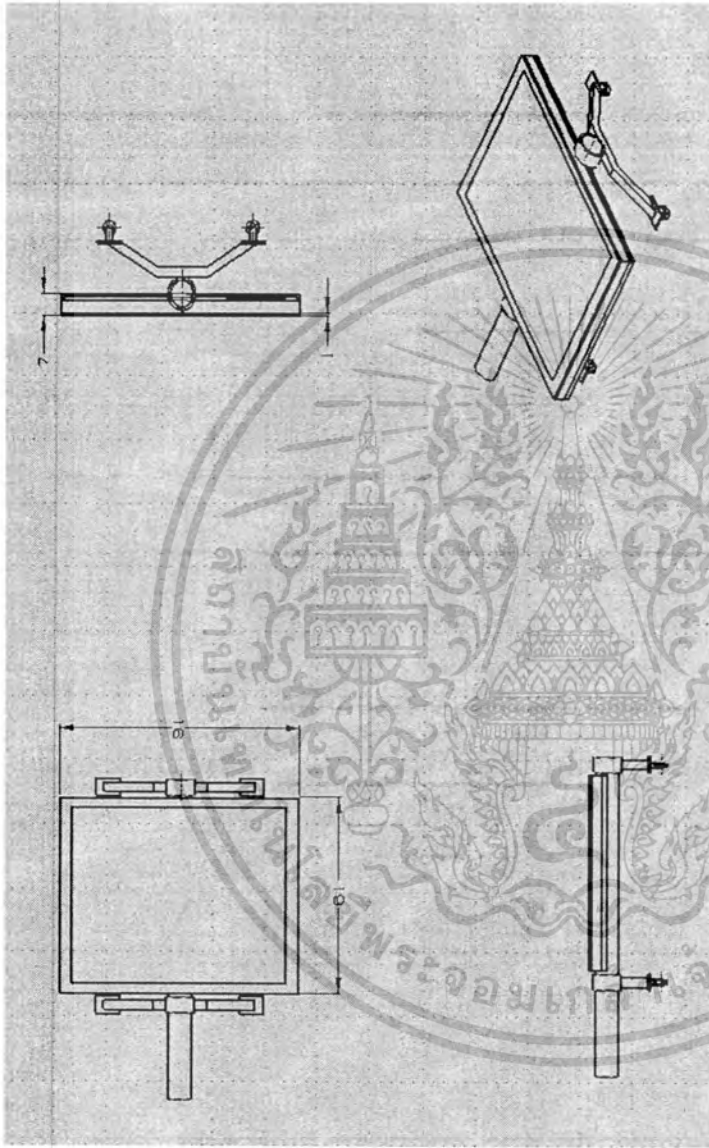
รูปที่ จ-3 ห้องอบยางแผ่นดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ-4 ห้องรวมพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และแก๊สหุงต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

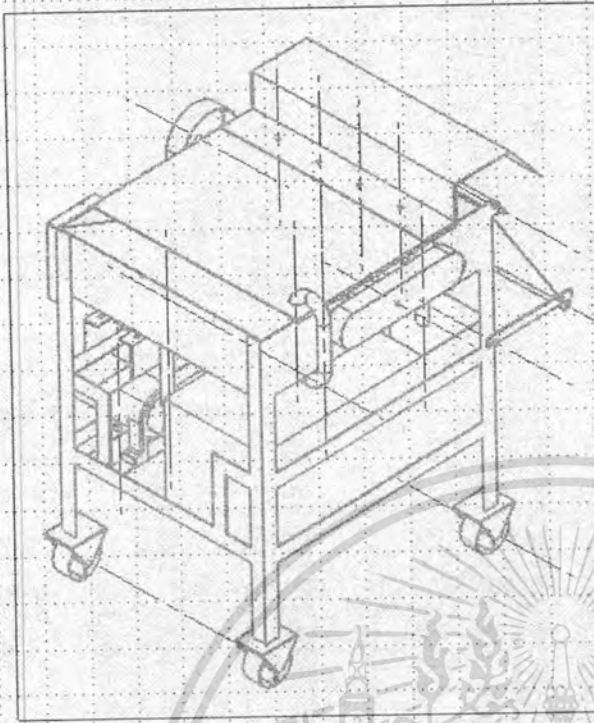


รูปที่ จ-5 แฉกรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



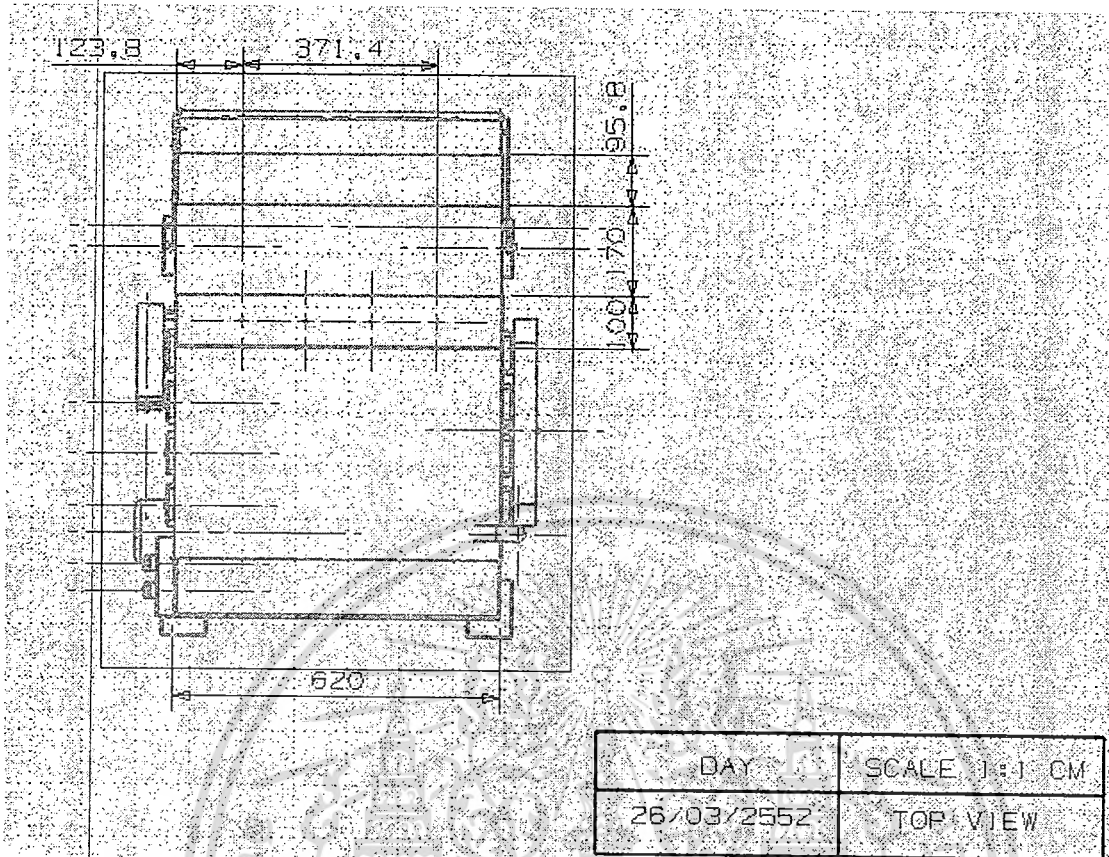
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DAY	SCALE 1:1 CM
25/03/2552	TFR-ISO

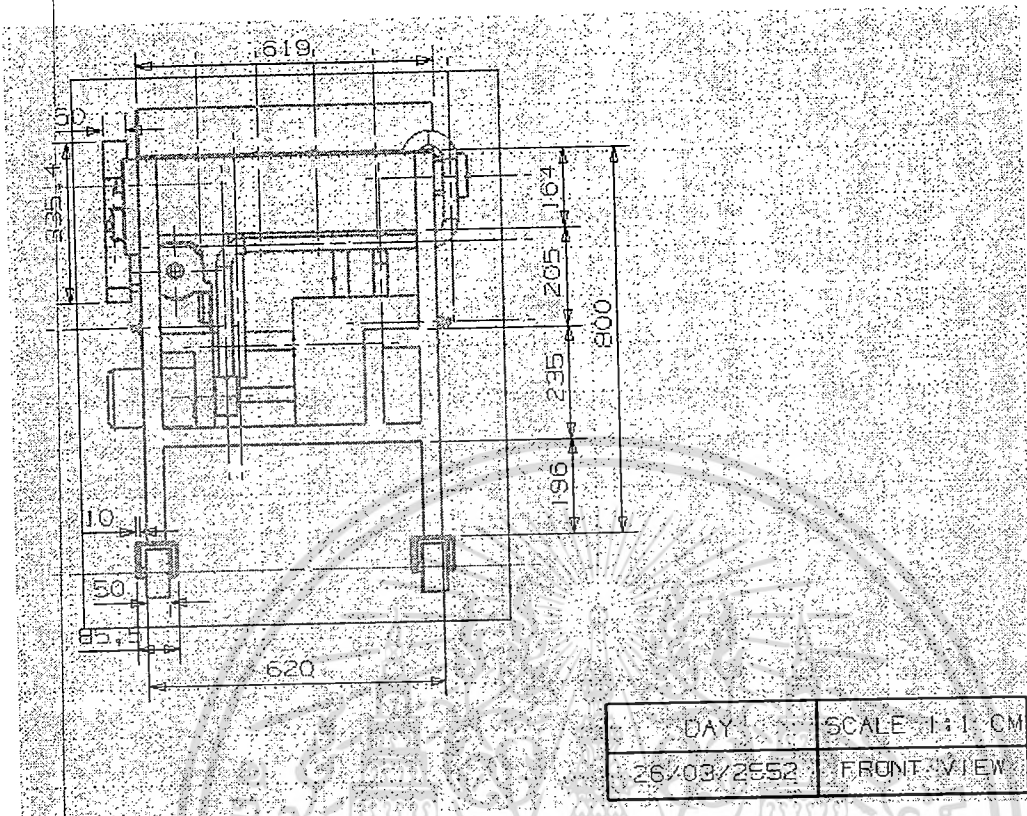
รูปที่ ๑-1 เครื่องสูบน้ำสัมถวันไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



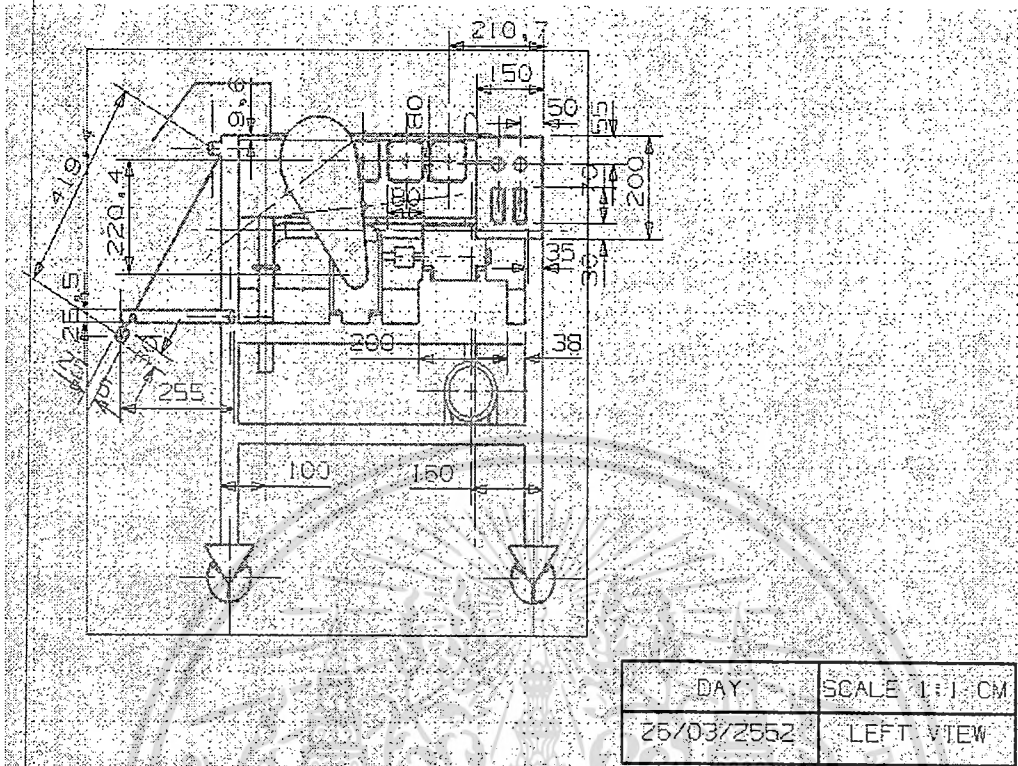
รูปที่ ๓-๒ เครื่องสูบน้ำส้วมคว้นไม้ (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

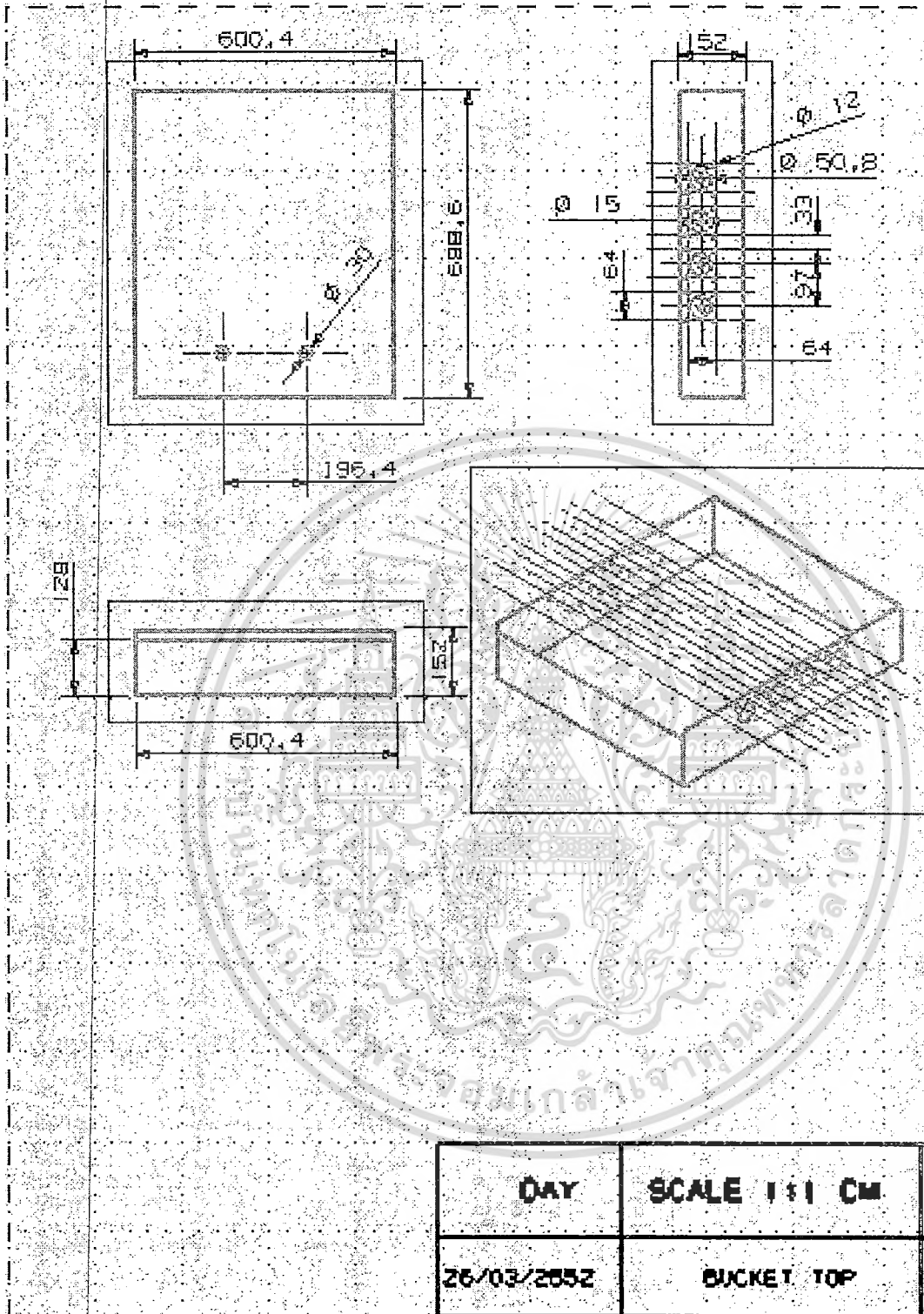


รูปที่ ๓-3 ส่วนประกอบของเครื่องขุดหน้าสัปดาห์ไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓-4 ส่วนประกอบของเครื่องสูบน้ำส้วมควันไม้ (ภายใน)



รูปที่ ๓-5 รางบรรจุน้ำส้มควันไม้และลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้