



เตาผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร  
โดยใช้แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

BIOCHAR AND WOOD VINEGAR PRODUCTS FROM AGRICULTURAL BIOMASS BY  
USING 600 LITERS OF LOW-POLLUTION BIOCHAR KILN WORKING WITH HOT GAS  
FROM GASIFIED BIOMASS BURNER

วิจิต ศรีวิสัย

เตาผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร  
โดยใช้แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

BIOCHAR AND WOOD VINEGAR PRODUCTS FROM AGRICULTURAL BIOMASS BY  
USING 600 LITERS OF LOW-POLLUTION BIOCHAR KILN WORKING WITH HOT GAS  
FROM GASIFIED BIOMASS BURNER



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of MASTER OF ENGINEERING  
(Mechanical Engineering)

Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

เตาผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้  
แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

ของ

วิชิต ศรีวิสัย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมาส แก้วล้วน)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ ณรัฐ จันทศรี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สงกรานต์ วิริยะศาสตร์)

ชื่อเรื่อง	เตาผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์
ผู้วิจัย	วิจิต ศรีวิสัย
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมมาส แก้วล้วน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตรสำหรับผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้โดยใช้แหล่งความร้อนที่อุณหภูมิสูงจากการเผาก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ร่วมกับก๊าซที่ไม่ควบแน่นจากเตาเผาถ่าน และเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ตลอดจนประเมินมลพิษและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของเตาเผาถ่าน วัตถุประสงค์ของชนิดที่ใช้ผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้คือเศษไม้ยางพาราและกิ่งต้นสะเดา แหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 1,200°C ถูกส่งไปยังเตาเผาถ่านในสามช่วงการทำงาน ในช่วงเริ่มต้นก๊าซสังเคราะห์ที่ได้จากเครื่องผลิตก๊าซชีววมวลแบบไหลขวางจะถูกเผา ในช่วงที่สองมีการเผาไหม้ร่วมกันของก๊าซสังเคราะห์และก๊าซที่ไม่ควบแน่นจากเตาเผาถ่าน และขั้นตอนสุดท้ายมีการดำเนินการในลักษณะที่คล้ายคลึงกับขั้นตอนเริ่มต้น ผงที่ม่ครีบของเตาเผาถ่านช่วยให้ความร้อนจากการเผาไหม้ถ่ายโอนเข้าสู่ภายในซึ่งภายในมีวัตถุประสงค์สำหรับผลิตถ่าน เมื่อภายในเตาเผาถ่านมีอุณหภูมิสูงขึ้น สารระเหยจะหลุดออกจากวัตถุดิบ สารระเหยที่ควบแน่นได้จะถูกแยกออกจากก๊าซที่ไม่ควบแน่นและเก็บไว้ในถังเก็บที่เรียกว่าน้ำส้มควันไม้ดิบ ในขณะที่ก๊าซที่ไม่ควบแน่นจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สจากการทดลองผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเศษไม้ยางพาราเมื่อสัดส่วนของไม้ที่มีอยู่ในเตาเผาเปลี่ยนไปในอัตราส่วน 50, 75 และ 100 ของปริมาตรเตาเผา ผลการวิจัยพบว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตถ่านเพิ่มขึ้น สัดส่วนของฟืนมีแนวโน้มลดลง ร้อยละของน้ำส้มควันไม้ดิบมีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของไม้ในเตามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน การเผาถ่านในสัดส่วนวัตถุดิบ 100% ของปริมาตรเตาให้มูลค่าทางเศรษฐกิจสูงสุดโดยต้นทุนที่จำนวนครั้งในการเผาถ่าน 35 ครั้ง กิ่งไม้สะเดามีความชื้นสูงถึง 31.21% เวลาเผาถ่าน 4 ชั่วโมง พบว่าได้ถ่านคุณภาพดีแต่น้ำส้มควันไม้มีสัดส่วนสูงแต่คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน ความชื้นของวัตถุดิบมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้และระยะเวลาในการทำถ่าน เมื่อพิจารณามลพิษจากการผลิตถ่านพบว่าก๊าซไอเสียจากการเผาก๊าซสังเคราะห์และก๊าซที่ไม่ควบแน่นมีมลพิษน้อยกว่าค่ามาตรฐานการปล่อยก๊าซจากโรงงานอุตสาหกรรม

คำสำคัญ : เตาเผาถ่าน, ถ่านชีวภาพ, น้ำส้มควันไม้, เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์, หัวเบิร์นเนอร์

Title	BIOCHAR AND WOOD VINEGAR PRODUCTS FROM AGRICULTURAL BIOMASS BY USING 600 LITERS OF LOW-POLLUTION BIOCHAR KILN WORKING WITH HOT GAS FROM GASIFIED BIOMASS BURNER
Author	WICHIT SRIVILAI
Degree	MASTER OF ENGINEERING
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Sommas Kaewluan

The purpose of this research is to develop a 600-liter charcoal kiln for producing biochar and wood vinegar using a high-temperature heat source and also to study the factors affecting the quantity and quality of products as well as to evaluate the pollution and financial benefits. The two separate raw materials used to make biochar and vinegar are scraps of rubber wood and neem tree branches. A high temperature heat source up to 1200°C was delivered in three steps to a charcoal kiln. In the first step, synthesis gas generated by a biomass gasifier is burned. The co-burning of synthesis gas and non-condensing gas from a charcoal kiln is completed in the second step, and the third step is carried out in a similar way to the first. The finned walls of the kiln allow the heat to pass through and into the interior, which contains the raw materials used to make charcoal. As the charcoal kiln's temperature rises, volatiles will escape from the raw materials. Condensable volatile is separated from non-condensable gases and kept in storage tanks. From the experimental production of biochar and wood vinegar from rubber wood scraps when the proportion of wood contained in the kiln was changed in the ratio of 50, 75 and 100 of the volume of the kiln. The results showed that the time taken to produce biochar also increased. The proportion of firewood tended to decrease. The percentage of raw wood vinegar also tended to decrease as the proportion of wood in the kiln increased. However, the resulting biochar and wood vinegar were similar in quality. Raw material in the proportion of 100% of kiln volume had the highest economic value with a payback of 35 operation times. Neem moisture content was as high as 31.21% for four hours. It was found that good quality charcoal was obtained, but wood vinegar had some high portion but substandard quality. The moisture content of the raw materials directly affected the quality of wood vinegar and the duration of charcoal making. When considering pollution from coal production, it was found that flue gases were less polluting than industrial emission standards.

Keyword : Charcoal Kiln, Biochar, Wood Vinegar, Gasifier, Burner

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถช่วยเหลือ และความเอาใจใส่อย่างดี ยิ่งตลอดจนการให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการปรับแก้ไขข้อบกพร่อง จากคณะกรรมการผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมมาส แก้วล้วน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพันธ์ ท่อแก้ว ที่ได้ให้ความเมตตากรุณาเป็นที่ปรึกษาและให้ความช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกาและการทำปริญญาานิพนธ์นี้ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา

รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ ดร.สงกรานต์ วิริยะศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัช ญรัฐ จันทศรี ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพิ่มเติมแก่ผู้วิจัย ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้กรุณาอบ ทุนระดับบัณฑิตศึกษาให้แก่ผู้วิจัยตลอดปีการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และกรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ได้ กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล รวมถึงบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้ กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงคุณของบิดามารดาและครูอาจารย์ ที่อบรมสั่งสอนให้ ความรู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์ .....	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและบทปรัทัศน์วรรณกรรม.....	3
2.1 ชีวมวล .....	3
2.1.1 แหล่งที่มาของชีวมวล .....	3
2.1.2 โครงสร้างทางเคมี .....	4
2.1.3 ไม้ยางพารา .....	5
2.1.4 ไม้สะเดา .....	8
2.2 เทคโนโลยีแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง (Crossdraft Gasifier).....	9
2.3 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) .....	11
2.3.1 ขั้นตอนปฏิกิริยาของกระบวนการซิฟิเคชัน .....	12
2.3.2 ทฤษฎีและการคำนวณการเผาไหม้.....	16



2.4 กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization process) .....	18
2.5 เต้าเผาถ่าน 200 ลิตร .....	19
2.6 ถ่านชีวภาพ (Biochar) .....	21
2.7 น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar).....	23
2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน .....	26
2.9 ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ.....	27
2.10 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers) .....	27
2.11 ทฤษฎีการประเมินความร้อนสูญเสีย .....	28
2.12 ค่ามาตรฐานคุณภาพไอเสียที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม.....	30
2.13 บทปริทัศน์วรรณกรรม.....	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	36
3.1 การออกแบบและสร้างเต้าเผาถ่านขนาด 600 ลิตร.....	36
3.2 หลักการทำงาน.....	41
3.3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง .....	43
3.4 เงื่อนไขการทดลอง.....	45
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	49
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาเลทไม้.....	49
4.2 ผลการศึกษาหาสมรรถนะของเต้าเผาถ่านขนาด 600 ลิตร .....	50
4.3 ผลการวิเคราะห์มลพิษที่ได้จากการเผาถ่าน.....	54
4.4 ผลการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากการเผาถ่าน.....	55
ผลของอุณหภูมิในการเผาถ่านต่อสมบัติบางประการของถ่านชีวภาพ.....	55
ผลของอุณหภูมิในการเผาถ่านต่อสมบัติบางประการของน้ำส้มควันไม้.....	62
4.5 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพที่ได้จากเศษไม้ยางพาราและไม้สะเดา .....	63

4.6 ผลวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ .....	73
สรุปผลการทดลอง .....	73
อภิปรายผลการทดลอง.....	74
ข้อเสนอแนะ .....	75
บรรณานุกรม .....	76
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก คู่มือการทำงานของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร .....	79
ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน .....	83
ภาคผนวก ค แบบชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร .....	100
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณ.....	108
ภาคผนวก จ ผลการทดลอง .....	111
ภาคผนวก ฉ ผลงานตีพิมพ์.....	221
ประวัติผู้เขียน.....	234

## สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ชีวมวล .....	4
ตาราง 2	แสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง .....	17
ตาราง 3	แสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส .....	18
ตาราง 4	ค่ามาตรฐานคุณภาพไอเสียที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม .....	30
ตาราง 5	แสดงผลการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate Analysis) และการวิเคราะห์แบบแยก ธาตุ (Ultimate Analysis) ของเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาเลทไม้ .....	49
ตาราง 6	แสดงปริมาณถ่านที่ได้จากกระบวนการผลิต .....	54
ตาราง 7	แสดงปริมาณและองค์ประกอบของถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน .....	56
ตาราง 8	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในถ่านชีวภาพจากเศษไม้ยางพารา .....	57
ตาราง 9	แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านชีวภาพ .....	58
ตาราง 10	แสดงผลการวิเคราะห์ค่า pH ของถ่าน .....	61
ตาราง 11	แสดงปริมาณและคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน .....	62
ตาราง 12	แสดงปริมาณแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน .....	63
ตาราง 13	แสดงผลการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate Analysis) และการวิเคราะห์แบบแยก ธาตุ (Ultimate Analysis) ของเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดา .....	64

ตาราง 14 ปริมาณและร้อยละของถ่านชีวภาพและและน้ำส้มควันไม้ดิบจากการเผาถ่านเศษไม้ ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาเมื่อแหล่งความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 1,200 °C และเวลา 4 ชั่วโมง ...	66
ตาราง 15 ปริมาณและร้อยละของถ่านชีวภาพและและน้ำส้มควันไม้ดิบจากการเผาถ่านเศษไม้ ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาเมื่อแหล่งความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 1,200 °C และเวลา 4 ชั่วโมง ...	66
ตาราง 16 ปริมาณถ่านและองค์ประกอบโดยประมาณของถ่านชีวภาพจากเศษไม้ยางพาราและไม้ สะเดา (As received basis) .....	67
ตาราง 17 ปริมาณถ่านและองค์ประกอบธาตุของถ่านชีวภาพจากเศษไม้ยางพาราและไม้สะเดา (As received basis) .....	67
ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดต่างและค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านชีวภาพของ เศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดา .....	68
ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดและความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ .....	69
ตาราง 20 ปริมาณธาตุอาหารในถ่านชีวภาพของไม้สะเดาและเศษไม้ยางพารา .....	70
ตาราง 21 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ .....	71
ตาราง 22 แสดงราคาต้นทุนสำหรับการสร้างชุดเตาเผาถ่าน .....	71
ตาราง 23 เปรียบเทียบระยะเวลาความคุ้มทุน .....	72

## สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 แสดงองค์ประกอบหลักของเชื้อเพลิงชีวมวล.....	3
ภาพประกอบ 2 ไม้ยางพารา .....	6
ภาพประกอบ 3 พาเลทไม้ และวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปไม้พาเลท.....	7
ภาพประกอบ 4 ไม้สะเดา.....	8
ภาพประกอบ 5 แสดงการทำงานเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง .....	11
ภาพประกอบ 6 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวล .....	12
ภาพประกอบ 7 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาถังเดี่ยว .....	19
ภาพประกอบ 8 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาตั้งคู่ .....	20
ภาพประกอบ 9 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาทองก้า .....	20
ภาพประกอบ 10 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาถังเดี่ยวแบบนอน .....	21
ภาพประกอบ 11 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและเปลือก.....	28
ภาพประกอบ 12 การนำความร้อนแบบหลายชั้น .....	28
ภาพประกอบ 13 ชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร .....	36
ภาพประกอบ 14 ชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่สร้างเสร็จ .....	37
ภาพประกอบ 15 ครีบนำความร้อนบริเวณผิวด้านนอกเตาเผาถ่าน .....	38

ภาพประกอบ 16 เครื่องผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ .....	39
ภาพประกอบ 17 พัดลมป้อนอากาศและพัดลมดูดอากาศ.....	40
ภาพประกอบ 18 ถังควบแน่น .....	40
ภาพประกอบ 19 หลักการทำงานของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร.....	42
ภาพประกอบ 20 เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ .....	43
ภาพประกอบ 21 ชุดเตาผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร พร้อมวัตุดิบและ ผลิตภัณฑ์ (ก) วัตุดิบ (ข) วัตุดิบที่บรรจุในเตาเผาถ่าน (ค) ผลิตภัณฑ์ถ่าน (ง) น้ำส้มควันไม้ดิบ และ (จ) ชุดอุปกรณ์เตาเผาถ่าน.....	46
ภาพประกอบ 22 เทอโมคัปเปิล Type K .....	46
ภาพประกอบ 23 เครื่องชั่งดิจิตอล .....	47
ภาพประกอบ 24 โรตารีมิเตอร์.....	47
ภาพประกอบ 25 เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย .....	47
ภาพประกอบ 26 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ.....	48
ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยบรรจุ ไม้เผาถ่านที่ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน .....	50
ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยบรรจุ ไม้เผาถ่านที่ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน .....	51
ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยบรรจุ ไม้เผาถ่านที่ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน .....	52

ภาพประกอบ 30 แสดงอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิจนต่ำของหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และเตาเผาถ่านที่บรรจุไม้ต่างกัน 3 ระดับ.....	53
ภาพประกอบ 31 แสดงปริมาณถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองเผาถ่านต่างกัน 3 ระดับ.....	53
ภาพประกอบ 32 แสดงปริมาณแก๊สมลพิษในไอเสียที่วัดได้จากการเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร	55
ภาพประกอบ 33 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ 500°C (Surface).....	59
ภาพประกอบ 34 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ 500°C (Cross section) .....	59
ภาพประกอบ 35 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ 600°C (Surface).....	60
ภาพประกอบ 36 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ 600°C (Cross section) .....	60
ภาพประกอบ 37 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของถ่าน .....	61
ภาพประกอบ 38 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate analysis) ของวัตถุดิบเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาแห้ง .....	65
ภาพประกอบ 39 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพ (ก) ไม้สะเดา (ข) เศษไม้ยางพารา (Cross-section).....	69

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

จังหวัดนครนายกเป็นจังหวัดหนึ่งที่ตั้งอยู่ในภาคกลางของประเทศไทยพื้นที่ทางตอนบนบางส่วนอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ มีภูเขาติดต่อกันเป็นเทือก ส่วนทางตอนกลางและตอนล่างเป็นที่ราบลุ่ม มีความอุดมสมบูรณ์เป็นอย่างมากเนื่องจากมีพื้นที่การทำเกษตรกรรมอยู่ถึงร้อยละ 51.5 แบ่งเป็นพื้นที่นาร้อยละ 37.3 และพืชสวนไม้ยืนต้นอื่น ๆ อีกร้อยละ 13.7 นอกจากนี้พื้นที่การทำเกษตรที่บ่งบอกถึงความสมบูรณ์แล้วยังมีพื้นที่ของป่าไม้อยู่ร้อยละ 30 และพื้นที่น้ำอึกร้อยละ 2.97 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) ซึ่งมีปริมาณที่เพียงพอสำหรับใช้ในการเกษตรภายในจังหวัดนครนายกและจังหวัดโดยรอบ ในภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรพบว่าได้มีการนำไม้ยืนต้นที่พบมากในจังหวัดนครนายกนำมาแปรรูปเป็นไม้แปรรูปสำหรับทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น พาเลทไม้ ลังไม้ รวมถึงเฟอร์นิเจอร์ พืชสวนที่สำคัญในจังหวัดนครนายกประกอบด้วย มะยงชิด มะปรางหวาน ทุเรียน มังคุด กระท้อน มะม่วง และส้มโอ นอกจากนี้ไม้ผลแล้วยังนิยมปลูกไม้ใช้สอยอื่น ๆ เช่น ไม้ไผ่ ไม้สะเดา ไม้ยางพารา เป็นต้น การปลูกพืชเพื่อให้ติดผลผลิตที่ดี ต้องมีการใส่ปุ๋ย สารปรับปรุงสภาพดิน และสารไล่ศัตรูพืช โดยปุ๋ย สารปรับปรุงสภาพดิน และสารไล่ศัตรูพืชเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยาฆ่าแมลง อย่างไรก็ตามยังมีเกษตรกรที่ใช้ ปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก น้ำหมักชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ ถ่านชีวภาพ เป็นต้น ปัจจุบันในเกษตรกรมีการเผาถ่านเพื่อผลิตถ่านหุงต้มและถ่านชีวภาพจากกิ่งไม้ที่เกิดจากการตกแต่งสวนโดยใช้เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย มีทั้งแบบตั้งและแบบนอน ในกระบวนการเผาถ่านแต่ละครั้งนั้นจะใช้ระยะเวลาเวลาในการเผาถ่านที่ค่อนข้างนาน ได้ผลผลิตถ่านไม่คุ้มค่างกับค่าแรงงานที่ใช้ในการเผาถ่าน อีกทั้งเตาเผาถ่านดังกล่าวสามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งการเผาถ่านด้วยถ่านน้ำมันเก่าขนาด 200 ลิตรมักก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศมาก บางครั้งควันที่เกิดจากการเผาถ่านรบกวนเพื่อนบ้านจึงต้องหยุดเผาถ่านกลางคัน ซึ่งเป็นปัญหาหลักของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดนครนายก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเตาเผาถ่านที่มีประสิทธิภาพสำหรับผลิตน้ำส้มควันไม้และถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและของเหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เป็นแหล่งความร้อนให้กับเตาเผาถ่าน เพื่อผลิตน้ำส้มควันไม้และถ่านชีวภาพคุณภาพดี สามารถลดระยะเวลาในการเผาถ่านลงได้ รวมถึงปล่อยมลพิษต่ำ



## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเตาเผาถ่านและผลิตน้ำส้มควันไม้โดยใช้แก๊สร้อนจากการเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ร่วมกับแก๊สจากเตาเผาถ่าน
2. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และแก๊สจากเตาเผาถ่านด้วยเตาแก๊สซีไฟเออร์แบบไหลขวางที่ทำงานร่วมกับหัวเบิร์นเนอร์
3. เพื่อศึกษาการใช้แก๊สร้อนในการเผาถ่าน

## 1.3 ขอบเขตของปฏิญานิพนธ์

1. แก๊สซีไฟเออร์แบบไหลขวางที่ทำงานร่วมกับหัวเบิร์นเนอร์ขนาด พื้นที่หน้าตัดเตา 25\*25 เซนติเมตร เบิร์นเนอร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ที่มีการป้อนแก๊สจากเตาเผาถ่านร่วม
2. เตาเผาถ่านขนาดไม่เกิน 600 ลิตร
3. เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตแก๊สร้อนในการป้อนให้เตาเผาถ่านสามารถหาได้ในชุมชน
4. วัสดุสำหรับผลิตถ่านคือวัสดุชีวมวลที่หาได้ในชุมชน
5. ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิแก๊สร้อน อัตราการให้ความร้อน และอุณหภูมิสูงสุดในเตาเผาถ่านที่มีผลต่อปริมาณถ่าน ปริมาณน้ำส้มควันไม้ คุณภาพถ่าน และคุณภาพน้ำส้มควันไม้ รวมถึงมลพิษจากการเผาถ่าน

## 1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

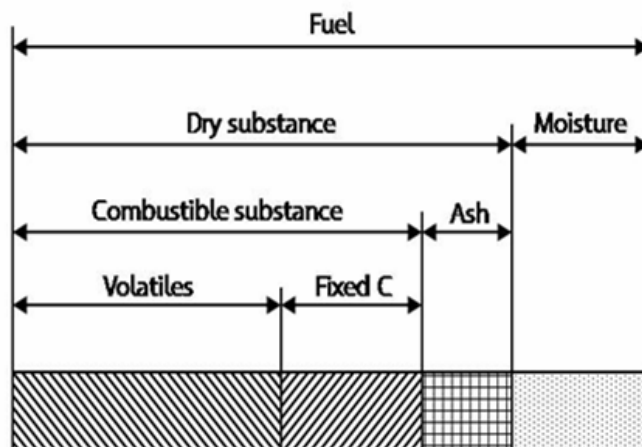
1. ได้เตาเผาถ่านที่สามารถผลิตถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
2. มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สามารถสร้างงานสร้างรายได้ให้กับวิสาหกิจชุมชน
3. ลดการปลดปล่อยมลพิษจากกระบวนการเผาถ่านและลดการเผาเศษไม้จากชุมชนที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ
4. วิสาหกิจชุมชนมีผลิตภัณฑ์ถ่านชีวภาพและน้ำส้มควันไม้เพียงพอสำหรับสมาชิกและเหลือเพื่อจำหน่ายเป็นรายได้ให้แก่วิสาหกิจชุมชน

## บทที่ 2 ทฤษฎีและบทปริทัศน์วรรณกรรม

### 2.1 ชีวมวล

#### 2.1.1 แหล่งที่มาของชีวมวล

ชีวมวล นับได้ว่าเป็นอินทรีย์วัตถุอย่างหนึ่งที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์ และพืช ชีวมวล จึงมีความหมายรวมถึงวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด เศษไม้ มูลสัตว์ ส่วนเชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นมีแหล่งกำเนิดมาจากซากพืช และซากสัตว์ ซึ่งสังเกตได้ว่ามีความแตกต่างกันตรงที่ระยะเวลาในการเริ่มต้นกระบวนการ ในขณะที่เชื้อเพลิงฟอสซิลต้องใช้เวลาที่ยาวนานกว่ามากที่จะแปรสภาพจากซากสัตว์และพืช ภายใต้พื้นโลกซึ่งมีความดันสูง รวมถึงอุณหภูมิที่ต่างกัน จึงไม่อาจนับได้ว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นชีวมวล ส่วนมากแล้วเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีอยู่ในปริมาณที่มาก เช่น ฟางข้าวจากชาวนา แกลบที่ได้จากโรงงานสีข้าว ชานอ้อยที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำตาล ชังข้าวโพดที่ได้จากโรงงานแปรรูปอาหารสัตว์ กากปาล์มได้จากโรงงานผลิตน้ำมัน และเศษไม้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นล้วนเป็นของที่เหลือจากกระบวนการผลิตที่ไม่ตรงวัตถุประสงค์ของโรงงานทั้งสิ้น



ภาพประกอบ 1 แสดงองค์ประกอบหลักของเชื้อเพลิงชีวมวล

ที่มา : (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

### 2.1.2 โครงสร้างทางเคมี

การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีซึ่งมวลเพื่อนำมาออกแบบเตาปฏิกรณ์ มี 2 แบบที่ต้องวิเคราะห์ คือ

#### การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate Analysis)

คือการวิเคราะห์หาโครงสร้าง องค์ประกอบของเชื้อเพลิงประกอบด้วย

1. Moisture คือ ความชื้นหรือน้ำ
2. Volatile matter คือ ส่วนที่เป็นสารระเหย
3. Fixed carbon คือ ส่วนที่เป็นคาร์บอน
4. Ash คือ สิ่งที่เหลือจากการเผาไหม้

#### การวิเคราะห์ทางเคมี (Ultimate Analysis)

เป็นการวิเคราะห์หาสัดส่วนของ 4 ธาตุหลักคือ คาร์บอน (Carbon) ไฮโดรเจน (Hydrogen) ไนโตรเจน (Nitrogen) และ ออกซิเจน (Oxygen) และธาตุอื่น ๆ ที่มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับสัดส่วนทั้งหมด เช่น กำมะถัน และคลอรีน

วิธีการเริ่มจากหาธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนด้วยวิธีการเผา ส่วนไนโตรเจนและกำมะถันใช้กระบวนการทางเคมี นอกจากนี้ยังมีการตรวจหาธาตุคลอรีนถ้ามีปริมาณมากพอที่จะมีผลกระทบในการสันดาป ส่วนธาตุออกซิเจนจะไม่ทำการวิเคราะห์แต่จะใช้ส่วนเหลือจากการหาธาตุอื่นแล้ว

ตาราง 1 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ซึ่งมวล

Proximate Analysis	แกลบ	ฟางข้าว	ชานอ้อย	ใบอ้อย	ไม้ ยางพารา
Moisture, %	12.0	10.0	50.7	9.2	45.0
Ash, %	12.7	10.4	1.4	6.1	1.6
Volatile Matter, %	56.5	60.7	42.0	67.8	45.7
Fixed Carbon, %	18.9	18.9	5.9	16.9	7.7

ตาราง 1 (ต่อ)

Ultimate analysis	แกลบ	ฟางข้าว	ชาน อ้อย	ใบอ้อย	ไม้ ยางพารา
Carbon, %	37.5	38.	41.6	41.6	25.6
Hydrogen, %	4.4	5.0	5.1	5.13	3.2
Oxygen, %	33.3	35.3	37.4	37.4	24.5
Nitrogen, %	0.2	0.6	0.4	0.4	0.1
Sulfur, %	0.04	0.1	0.2	0.2	0.02
Ash, %	12.7	10.4	6.1	6.1	1.6
Moisture, %	12.0	10.	9.2	9.2	45.0
Bulk density kg/m <sup>3</sup>	150	125	120	100	450
HHV kJ/kg	14,755	13,650	9,243	16,794	10,365
LHV kJ/kg	13,517	12,330	7,368	15,479	8,600

ที่มา : กองศึกษาและพัฒนาโรงไฟฟ้าฐานกระทรวงพลังงาน. (2021).

### 2.1.3 ไม้ยางพารา

ยางพารา เป็นชื่อไม้ยืนต้นชนิดหนึ่ง เมื่อใช้มีดกรีดบริเวณเปลือกลำต้นทำให้มีน้ำยางสีขาวค่อย ๆ ไหลซึมออกมา น้ำยางพาราใช้ทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น ยางรถยนต์ พื้นรองเท้า ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกกันมากในประเทศไทย มีต้นกำเนิดเดิมอยู่แถบลุ่มแม่น้ำแอมะซอนในทวีปอเมริกาใต้ โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ของประเทศบราซิลที่มีชื่อเมือง Para (อ่านว่า ปา-รา) ซึ่งเป็นแหล่งปลูกยางพาราและเป็นศูนย์กลางการซื้อขายยางพาราในอดีต จึงนิยมเรียกชื่อยางชนิดนี้ว่า Para rubber (อ่านว่า พา-รา รับ-เบ้อ) การปลูกยางแพร่หลายมายังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยเฉพาะมาเลเซียและอินโดนีเซีย ในรัชกาลที่ ๕ พระยารัษฎานุประดิษฐ์ (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรัง ไปดูงานที่ประเทศมาเลเซีย และเห็นชาวมลายูปลูกยางพารากันมาก จึงคิดจะนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย แต่เจ้าของสวนยางพาราซึ่งเป็นฝรั่งไม่ยอมให้พันธุ์ยางพารามา ภายหลังพระยาสกลสถานพิทักษ์ (คออยู่เกียด ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรังคนต่อมาเดินทางไปประเทศอินโดนีเซีย และได้นำกล้าต้นยางพารากลับมาจำนวนมากและเริ่มปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง

คำว่า พารา ในชื่อ ยางพารา อาจได้รับมาจากชื่อภาษาอังกฤษ หรืออาจรับผ่านภาษาอินโดนีเซีย ซึ่งเรียกยางชนิดนี้ว่า Para (อ่านว่า ปา-รา) ก็ได้

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เมื่อต้นยางพารามีอายุที่เหมาะสมเกษตรกร จะใช้มีดกรีดตั้งยางเพื่อให้ได้น้ำยางสีขาวชั้น อย่างไรก็ตามเมื่อต้นยางพาราหมดอายุ ได้ปริมาณ น้ำยางน้อยโดยไม่คุ้มค่าที่จะกรีด เกษตรกรจึงนิยมตัดต้นยางพาราเพื่อจำหน่าย โดยต้นยางพารา ที่มีอายุมากกว่า 25 ปี จะกลายเป็นไม้เศรษฐกิจ ในปัจจุบันไม้ยางพาราเป็นเพียงไม้หนึ่งเดียวที่อนุญาตให้ส่งออกได้แบบไม่จำกัดจำนวน อีกทั้งประเทศไทยมีสวนยางสำรวจที่มีพื้นที่ปลูก มากกว่า 20 ล้านไร่ ซึ่งถือเป็นแหล่งปลูกยางพาราอันดับ 2 ของโลก ทำให้ประเทศไทยมีต้นยาง จำนวนมาก ดังนั้นอุตสาหกรรมไม้แปรรูปและผลิตภัณฑ์ไม้ของประเทศไทยจึงใช้ไม้ยางพาราเป็น วัตถุดิบเป็นส่วนใหญ่

คุณสมบัติของไม้ยางพารานั้นแทบไม่แตกต่างจากไม้สักที่เรามักจะใช้สร้างบ้านหรือใช้ เป็นเฟอร์นิเจอร์ ไม้ยางพาราจึงได้ชื่อว่า "ไม้สักขาว" เพราะลายไม้ของมัน ไม่มีสีขาวนวลสวยงาม เป็นเอกลักษณ์ แต่ไม้ยางพาราก็มีข้อเสียเช่นกัน สามารถขึ้นรูปได้ง่าย แผลงเม่าชอบกินเนื้อไม้ เพราะยางไม้ดูน้ำไว้มากและมีแป้งเป็นอาหาร แมลงเม่าในเนื้อไม้มีมากแต่หากเรารักษาไม้ ยางพาราไม่ให้มีราและแมลงเม่าอย่างถูกวิธี ไม้ยางพาราจะคงทนและแข็งแรงเหมือนไม้สัก จาก ข้อมูลของกรมป่าไม้ ไม้ยางพารา จัดเป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง แรงดัดของมันคือ 973 กก./ตร.ซม. ไม้สักจัดเป็นไม้เนื้อแข็ง กำลังรับแรงดัดอยู่ที่ 1,023 กก./ตร.ซม.2 จะเห็นได้จากตัวเลขว่าไม้ ยางพาราและไม้สักมีความแข็งแรงไม่แตกต่างกันมากนัก



ภาพประกอบ 2 ไม้ยางพารา

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกไม้ยางพารารายใหญ่ ไม้ยางพาราเป็นไม้เนื้อแข็งชนิด หนึ่งที่มาจากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ที่ไม่มีน้ำยางอีกต่อไป อุตสาหกรรมไม้ยางพารา

ก่อให้เกิดผลพลอยได้และของเสียจำนวนมากในระหว่างการผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากไม้ ยางพารา ของเสียที่เกิดขึ้นประกอบด้วย ชี้เลื่อย ชี้กบ และเศษไม้ที่เหลือจากการตัดและแปรรูปไม้ เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ ไม้พาเลท ฟัน และงานหัตถกรรมไม้ ในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นสามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง รวมถึงการรีไซเคิลและการนำผลพลอยได้จากไม้ ยางพารากลับมาใช้ใหม่ วิธีการทั่วไปในการจัดการของเสียในอุตสาหกรรมไม้ยางพารา ได้แก่ :

การใช้ประโยชน์ชีวมวล: เศษไม้ยางพาราสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานชีวมวลเพื่อผลิตพลังงาน สามารถแปลงเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (wood pellets) ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า ลด การพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและส่งเสริมการผลิตพลังงานสะอาด

การทำปุ๋ยหมัก: เศษไม้ยางพาราบางชนิด เช่น ชี้เลื่อยและชี้กบ สามารถนำมาทำปุ๋ยหมัก และใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือสารปรับปรุงดินในการเกษตร

การทำวัสดุเพาะเห็ด: เกษตรกรที่เพาะเห็ดเลี้ยงเห็ดถั่งชี่ นิยมนำชี้เลื่อยไม้ยางพารามาเป็นวัสดุ หลักในการการเพาะเห็ด

ไม้ที่นำกลับมาใช้ใหม่: ผู้ผลิตและช่างฝีมือบางรายใช้ไม้พาราวูดที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่ง ได้มาจากเฟอร์นิเจอร์หรือโครงสร้างเก่าเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ สิ่งนี้ส่งเสริมแนวทางปฏิบัติที่ ยั่งยืนและลดความต้องการในการตัดต้นไม้มากขึ้น

การรีไซเคิล: เศษไม้พาราวูดยังสามารถนำไปแปรรูปและรีไซเคิลเป็นวัสดุผสม เช่น พาร์ติ เคลบอร์ดหรือแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) เพื่อใช้ในการใช้งานต่างๆ



ภาพประกอบ 3 พาเลทไม้ และวัสดุเหลือใช้จากการแปรรูปไม้พาเลท

ที่มา : (บริษัท ยูซ่า อินเตอร์ ชัพพลาย จำกัด, 2566)

### 2.1.4 ไม้สะเดา

ไม้สะเดามีชื่อสามัญที่เรียกกันทั่วไปว่า Neem, Nim, Margosa หรือ Yepa, Tamaka ถิ่นในประเทศไทยมีการเรียกที่แตกต่างกันไป เช่น กะเดา, ส่วนทางภาคใต้เรียก เดา ภาคอีสานเรียก กาเดา และภาคเหนือเรียก สะเดียม โดยมีชื่อทางการค้าว่า Neem Tree (ศูนย์วนวัฒนวิจัย ภาคเหนือ, 2562) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Azadirachta indica* A. Juss. var. *siamensis* Valetton อยู่ในวงศ์ MELIACEAE ไม้สะเดาจะพบขึ้นในป่าแล้งทั่วไปในประเทศอินเดีย ปากีสถาน ศรีลังกา มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย ลาว และพม่า



ภาพประกอบ 4 ไม้สะเดา

ที่มา : (หจก.โรงเลื่อยจักรปถวี จำกัด, 2555)

สะเดาเป็นพืชที่น่าสนใจและมีประโยชน์มาก ทนต่อพื้นที่แห้งแล้งโดยทั่วไปสามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่ต้องเลือกดิน เรือนยอดเป็นไม้พุ่มที่บดลอดปี ให้ร่มเงาดี รากลึก ชอบแสง ลำต้นเตี้ย ยอดแผ่กว้างและเป็นรูปไข่ ในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งมากเหลือสะเดาเพียงส่วนล่างเท่านั้น ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเมษายน ราว ๆ เดือนมกราคมถึงมีนาคมจะผลิใบใหม่อย่างรวดเร็ว ช่วงนี้สะเดาจะค่อยยอดอ่อน โตเร็ว ออกดอกช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ใบเป็นช่อที่ปลายยอด มีเหง้าสำหรับปลูก ทนไฟ งอกดี สัตว์เลี้ยงไม่กิน ปัญหาโรคและแมลงที่เป็นอันตรายมีน้อย ใบและดอกใช้เป็นอาหารคนได้ เนื้อไม้เหมาะสำหรับการก่อสร้างและเป็นเชื้อเพลิงรวมทั้งใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น สกัดน้ำมัน เป็นเชื้อเพลิงตะเกียง น้ำมันสะเดาหล่อลื่นเครื่องยนต์มักใช้ในการทำสบู่ ยา และเครื่องสำอาง ใช้เป็นยาฆ่าแมลง เปลือกสะเดามีสีแดงใช้ย้อมผ้า เป็นต้น

กิ่งก้านไม้สะเดา (Meem tree branches) สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย มีคุณค่าสูงในด้านประโยชน์ทางยา การเกษตร พลังงาน และสิ่งแวดล้อม โดยตัวอย่างการใช้ประโยชน์ดังเช่น:

ประโยชน์ทางยา ใบและเปลือกสะเดามีสารที่มีสรรพคุณทางยา เช่น นิมบิณ และอะซาไดแรคติน สารประกอบเหล่านี้มีคุณสมบัติต้านเชื้อรา ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส และต้านการอักเสบ กิ่งใช้ทำยาสมุนไพรหรือยาแผนโบราณได้

สารไล่แมลง: สารสกัดจากสะเดาเป็นที่รู้จักจากคุณสมบัติในการฆ่าแมลงตามธรรมชาติ ทำให้มีประสิทธิภาพในการขับไล่แมลงศัตรูพืชในสวนและในบ้าน กิ่งไม้สามารถใช้เป็นยาฆ่าแมลงตามธรรมชาติเมื่อวางไว้รอบ ๆ พืชผลหรือสินค้าที่เก็บไว้

ปุ๋ยอินทรีย์: กิ่งและใบสะเดาสามารถใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์ธรรมชาติได้ พวกมันอุดมไปด้วยสารอาหารและสามารถนำไปทำปุ๋ยหมักเพื่อทำให้ดินสมบูรณ์

## 2.2 เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง (Crossdraft Gasifier)

เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง (Crossdraft Gasifier) ดังภาพประกอบที่ 5 ปฏิกริยาของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง แสดงขึ้นการเกิดปฏิกริยาตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านชั้นเชื้อเพลิงโดยที่อากาศไหลขวางกับทิศทางของการไหลเลื่อนลงของเชื้อเพลิงโดยชั้นปฏิกริยาการเผาไหม้ (Combustion Zone) และ ปฏิกริยาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Reduction Zone) จะอยู่ใกล้ชิดกันมาก ดังนั้นจะผลิตแก๊สได้อย่างรวดเร็วและแปรผันง่าย ปกติบริเวณการเผาไหม้จะอยู่กึ่งกลางของเตาผลิตแก๊สแต่ขอบเขตของการเผาไหม้อาจขยายกว้างขึ้นเมื่อความเร็วอากาศสูงขึ้น จุดสำคัญของ Crossdraft คือการออกแบบรูปร่างของรูกระจายลม (Tuyeres) มีความสำคัญต่อความเร็วของอากาศที่เข้าทำปฏิกริยาและขอบเขตของพื้นที่ที่เกิดการเผาไหม้

ผลกระทบของความเร็วลมต่อปริมาณและคุณภาพของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง ความเร็วอากาศในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวางมีผลกระทบอย่างมากต่อทั้งคุณภาพและปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ส่งผลโดยตรงต่อกระบวนการแปรสภาพชีวมวลเป็นแก๊สและคุณลักษณะของแก๊สที่เกิดขึ้น โดยความเร็วอากาศมีอิทธิพลต่อคุณภาพและปริมาณแก๊สของผู้ผลิตในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวางซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยความเร็วอากาศที่สูงขึ้นทำให้ ความเร็วอากาศในเครื่องผลิตแก๊สเพิ่มขึ้นจะช่วยให้อากาศและชีวมวลผสมกันได้ดีขึ้น ส่งผลให้อัตราการ



เกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันดีขึ้น อีกทั้งส่งผลให้ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สูงขึ้นต่อหน่วยเวลา เมื่อความเร็วอากาศลดต่ำลงจะส่งผลในทางกลับกันคือการลดความเร็วอากาศสามารถชะลออัตราการเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งจะลดปริมาณการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

คุณภาพแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เมื่อความเร็วอากาศสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันมีค่าเพิ่มเมื่อความเร็วของอากาศมีค่าสูงขึ้นซึ่งช่วยให้การเผาไหม้และการเกิดออกซิเดชันของชีวมวลดีขึ้น นำไปสู่การเกิดแก๊สที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้แก๊สที่ติดไฟได้ เช่น ไฮโดรเจน ( $H_2$ ) และคาร์บอนมอนอกไซด์ ( $CO$ ) มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นในแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

ความเร็วอากาศที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดินลดลงโดยความเร็วอากาศที่สูงขึ้นสามารถส่งเสริมให้เกิดการแตกตัวและการทำลายน้ำมันดิน ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดินในแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ลดลง ความเร็วอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากน้ำมันดินเป็นผลพลอยได้ที่ไม่พึงปรารถนาซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติงานและลดคุณภาพของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

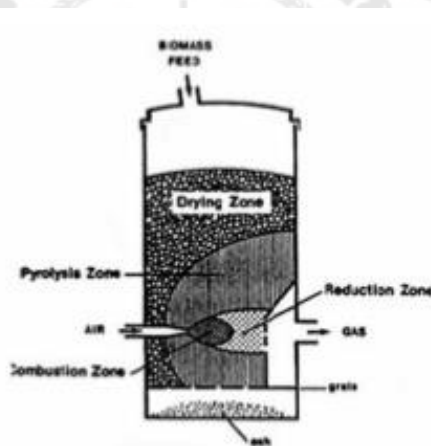
ที่ความเร็วของอากาศต่ำทำให้การแปรสภาพเป็นแก๊สไม่สมบูรณ์ ปริมาณอากาศที่ไม่เพียงพออาจนำไปสู่การแปรสภาพเป็นแก๊สของมวลชีวภาพที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้สัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) และแก๊สมีเทน ( $CH_4$ ) ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาหรือทำปฏิกิริยาบางส่วนสูงขึ้นในแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ปัจจัยดังกล่าวทำให้ลดคุณภาพโดยรวมของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้ อีกทั้งทำให้ปริมาณน้ำมันดินที่สูงขึ้น โดยความเร็วอากาศที่ต่ำลง ซึ่งอาจให้พลังงานไม่เพียงพอสำหรับการแตกตัวของน้ำมันดิน ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำมันดินในแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพิ่มขึ้น

ค่าความร้อนเมื่อความเร็วอากาศที่สูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการแปรสภาพเป็นแก๊สที่ดีขึ้นและปริมาณน้ำมันดินลดลง ส่งผลให้ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์มีแนวโน้มสูงขึ้นที่ความเร็วอากาศสูงขึ้น ถ้าความเร็วอากาศลดลงทำให้การแปรสภาพเป็นแก๊สไม่สมบูรณ์และปริมาณน้ำมันดินสูงขึ้นและอาจส่งผลให้ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ลดลง

องค์ประกอบของแก๊สเมื่อองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์รวมถึงเปอร์เซ็นต์ของ  $CO$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  และ  $N_2$  ได้รับอิทธิพลจากความเร็วอากาศ โดยความเร็วอากาศที่เหมาะสมสามารถนำไปสู่องค์ประกอบของแก๊สที่สมดุลและเป็นที่ต้องการโดยมีปริมาณพลังงานสูงขึ้น สิ่งสำคัญคือต้องสังเกตว่าผลกระทบของความเร็วอากาศต่อคุณภาพและปริมาณของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ซึ่งมีความเชื่อมโยงกันและยังสามารถได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ลักษณะของวัตถุดิบตั้งต้น การออกแบบเครื่องผลิตแก๊ส และสภาวะการทำงาน ดังนั้น การค้นหา

ความเร็วอากาศที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องมีการทดลองอย่างรอบคอบและการพิจารณาการกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับเครื่องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ออกแบบและวัตถุดิบที่ใช้ อีกทั้งควรพิจารณาทั้งประสิทธิภาพการแปรสภาพเป็นแก๊สและคุณภาพแก๊สของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อสร้างความสมดุลระหว่างอัตราการผลิตแก๊สที่สูงและคุณภาพแก๊สที่ดีในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง

อัตราการเกิดแก๊สซิฟิเคชันจำเพาะ (Specific Gasification Rate, SGR) เป็นตัวแปรสำคัญในการศึกษากระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ซึ่งหมายถึงอัตราที่ชีวมวลหรือเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งถูกแปลงเป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ อัตราการแปรสภาพเป็นแก๊สจำเพาะโดยทั่วไปจะแสดงในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ค่าอัตราการเกิดแก๊สซิฟิเคชันจำเพาะของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวางมีค่าอยู่ระหว่าง 100-300 kg/hr-m<sup>2</sup>



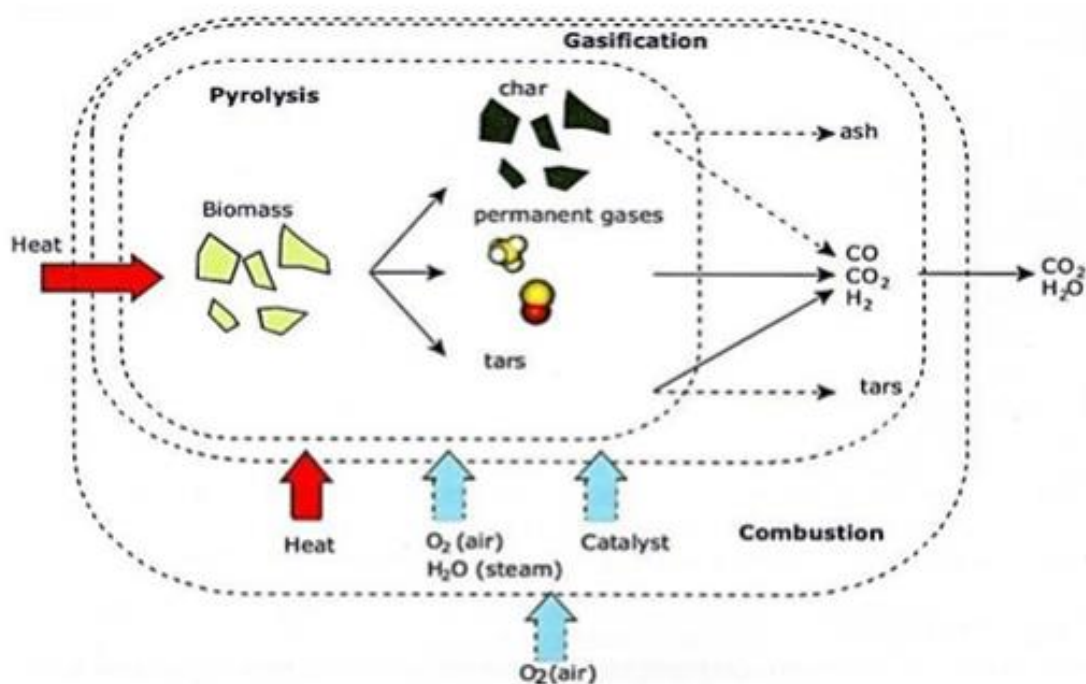
ภาพประกอบ 5 แสดงการทำงานเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง

ที่มา : (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

### 2.3 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)

แก๊สซิฟิเคชัน เป็นเทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานในรูปแก๊สเชื้อเพลิง (fuel gases) โดยอาศัยกระบวนการทางเคมีความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในสภาวะจำกัดปริมาณอากาศ เมื่อให้ความร้อนแก่ชีวมวลร่วมกับเทคนิคการจำกัด ปริมาณอากาศ (air) หรือออกซิเจน (oxygen, O<sub>2</sub>) หรือไอน้ำ (steam) เพื่อให้เกิดสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนในสัดส่วน ที่ต่ำกว่าปริมาณที่ทำให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์ ทำให้ชีวมวลเกิดการแตก

ตัวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ในรูปของแข็งและแก๊ส ซึ่งประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (carbon monoxide, CO) แก๊สไฮโดรเจน (hydrogen, H<sub>2</sub>) แก๊สมีเทน (methane, CH<sub>4</sub>) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide, CO<sub>2</sub>) แก๊สไนโตรเจน (nitrogen, N<sub>2</sub>) และแก๊สอื่นๆ เรียกว่า โพรดิวเซอร์แก๊ส (producer gas)



ภาพประกอบ 6 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวล

ที่มา : (สถาบันพลาสติก, 2022)

### 2.3.1 ขั้นตอนปฏิกิริยาของกระบวนการซิฟิเคชัน

ปฏิกิริยาของกระบวนการซิฟิเคชัน สามารถแบ่งเป็นโซนการเกิดปฏิกิริยาได้ 4 โซนหลัก ได้แก่

1. โซนอบแห้ง (Drying Zone)
2. โซนไพโรไลซิส (Pyrolysis Zone)
3. โซนเผาไหม้ (Combustion Zone)
4. โซนรีดักชัน (Reduction Zone)

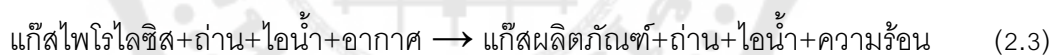
โซนอบแห้ง เป็นโซนที่อยู่บนสุด มีหน้าที่อบแห้งและระเหยน้ำออกจากเชื้อเพลิงด้วยความร้อนที่เกิดจากโซนเผาไหม้ ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 40 - 200 °C แสดงดังสมการ (2.1)



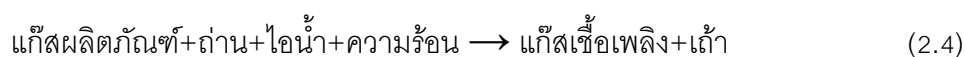
โซนไพโรไลซิส เป็นโซนที่อยู่ติดกับโซนเผาไหม้ กระบวนการนี้จะได้ก้อนถ่าน แก๊สและผลิตภัณฑ์ข้างเคียง เช่น น้ำส้มควันไม้ และน้ำมันดิน อุณหภูมิภายในโซนนี้มีค่าประมาณ 500 - 600 °C แสดงดังสมการ (2.2)



โซนการเผาไหม้ เรียกอีกอย่างว่าโซนออกซิเดชัน (Oxidation Zone) คือโซนที่ถ่านรวมถึงแก๊สที่ได้จากโซนก่อนหน้านี้หรือไพโรไลซิสโซนจะไหลลงมาทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศที่ป้อนเข้าสู่เตา อุณหภูมิจะอยู่ราว 1,000 - 1,400 °C แก๊สที่ได้จากโซนนี้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ไอน้ำ (H<sub>2</sub>O) และ ถ่าน แสดงดังสมการ (2.3)



โซนรีดักชัน หรือเรียกอีกอย่างว่าโซนแก๊สซิฟิเคชัน ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ซึ่งเป็นโซนที่แก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ทำปฏิกิริยาเคมีโดยไม่ใช้อากาศ อุณหภูมิภายในโซนนี้ประมาณ 800 - 1,000 °C โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในโซนรีดักชันแสดงดังสมการที่ (2.4)



ปฏิกิริยาบูดูยาร์ด (Boudouard Reaction) ดังสมการที่ 2.5



ปฏิกิริยาออกเตอรแก๊ส (Water Gas Reaction) ดังสมการที่ 2.6



ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน (Hydro-gasification reaction) ดังสมการที่ 2.7 และ 2.8



### 2.3.2 ปฏิกิริยาเคมีในการผลิตแก๊ส

ในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น 4 ชั้นโดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิปฏิกิริยาและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้น ได้แก่

ชั้นการเผาไหม้ (Hearth Zone or Combustion Zone) เกิดขึ้นบริเวณที่เชื้อเพลิงกับออกซิเจนทำปฏิกิริยาทางเคมีกัน โดยที่คาร์บอนและไฮโดรเจนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้กับออกซิเจนในสภาวะจำกัดปริมาณอากาศ (Partial Combustion) ซึ่งจะได้ความร้อน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ ดังสมการที่ 2.9 และ 2.10



ชั้นรีดักชัน (Reduction Zone or Gasification Zone) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และไอน้ำ ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ที่ได้จากชั้นการเผาไหม้จะไหลเข้าสู่ชั้นนี้ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน (Endothermic Reaction) ที่จะเปลี่ยนแก๊สเผาไหม้ไม่ได้ได้แก่  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  ให้กลายเป็น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ( $\text{CO}$ ) แก๊สไฮโดรเจน ( $\text{H}_2$ ) และแก๊สมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ที่สามารถเผาไหม้ได้โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะแบ่งได้ เป็น 3 กลุ่มคือ

ปฏิกิริยาบารด์ัวร์ (Boudouard Reaction) ดังสมการที่ 2.11



ปฏิกิริยาออกเตอรส์แก๊ส (Water Gas Reaction) ดังสมการที่ 2.12



ปฏิกิริยาออกเตอรส์ฟ ไอน้ำจะทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ดังสมการที่ 2.13



ถ้าปริมาณไอน้ำมีปริมาณสูง ไอน้ำจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอน ดังสมการที่ 2.14



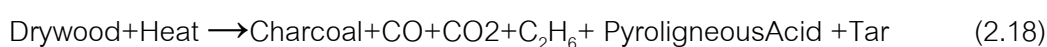
ปฏิกิริยาการผลิตมีเทน (Methane Production) ดังสมการที่ 2.16



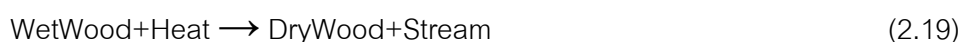
และมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) กับแก๊สไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) ซึ่งมีโอกาสในการเกิดแก๊สมีเทน (CH<sub>4</sub>) ได้เช่นกัน ดังสมการที่ 2.17



ชั้นกลั่นสลายหรือชั้นไพโรไลซิส (Distillation Zone or Pyrolysis Zone) เป็นปฏิกิริยาแบบดูดความร้อน ซึ่งได้รับความร้อนมาจากชั้นรีดักชันซึ่งเป็นชั้นที่อยู่ติดกัน จะได้สารระเหย (Volatile Matter) ซึ่งประกอบด้วย เมทานอล กรดน้ำส้ม และน้ำมันดิบ เป็นต้น โดยที่อุณหภูมิในชั้นนี้จะอยู่ประมาณช่วง 130 - 600 °C ของแข็งที่เหลือจากกระบวนการนี้คือถ่าน ดังสมการที่ 2.18



ชั้นลดความชื้น (Drying Zone) ในชั้นนี้เชื้อเพลิงจะได้รับความร้อนจากชั้นเผาไหม้ อุณหภูมิในช่วงนี้ไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของสารระเหยต่าง ๆ โดยอุณหภูมิจะเริ่มเกิดขึ้นที่อุณหภูมิมบรยากาศไปจนถึงอุณหภูมิปะมาณ 135 °C ดังสมการที่ 2.19



### 2.3.2 ทฤษฎีและการคำนวณการเผาไหม้

การเผาไหม้จะคำนวณได้จากปริมาณต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงนั้นต่อปริมาณเชื้อเพลิงหนึ่งหน่วย ดังสมการที่ 2.20

$$C + H + O + S + N + w + a = 1 \quad (2.20)$$

ในส่วนของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะแสดงสัดส่วนโดยปริมาตรของแก๊ส คาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน แก๊สไฮโดรคาร์บอน แก๊สออกซิเจน แก๊สไนโตรเจน แก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ ฯลฯ ตามลำดับ ดังสมการที่ 2.21

$$CO + H_2 + \sum C_m H_n + O_2 + N_2 + CO_2 + H_2O = 1 \quad (2.21)$$

ตาราง 2 แสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง

	C	+	O <sub>2</sub>	=	CO <sub>2</sub>
	1 กิโลโมล		1 กิโลโมล		1 กิโลโมล
I	12 กิโลกรัม		32 กิโลกรัม		44 กิโลกรัม
			22.4 m <sup>3</sup> N		22.4 m <sup>3</sup> N
	c kg		(c/12)×22.4 m <sup>3</sup> N		(c/12)×22.4 m <sup>3</sup> N
	C	+	(1/2) O <sub>2</sub>	=	CO <sub>2</sub>
	1 กิโลโมล		1/2 กิโลโมล		1 กิโลโมล
II	12 กิโลกรัม		32/2 กิโลกรัม		28 กิโลกรัม
			22.4/2 m <sup>3</sup> N		22.4 m <sup>3</sup> N
	c kg		(c/12)/2×22.4 m <sup>3</sup> N		(c/12)×22.4 m <sup>3</sup> N
	H	+	(1/4) O <sub>2</sub>	=	(1/2)H <sub>2</sub> O
	1 กิโลโมล		1/4 กิโลโมล		1/2 กิโลโมล
III	1 กิโลกรัม		32/4 กิโลกรัม		18/2 กิโลกรัม
			22.4/4 m <sup>3</sup> N		22.4/2 m <sup>3</sup> N
	H กิโลกรัม		(h/4)×22.4 m <sup>3</sup> N		(h/2)×22.4 m <sup>3</sup> N
	S	+	O <sub>2</sub>	=	SO <sub>2</sub>
	1 กิโลโมล		1 กิโลโมล		1 กิโลโมล
IV	32 กิโลกรัม		32 กิโลกรัม		64 กิโลกรัม
	22.4 m <sup>3</sup> N		22.4 m <sup>3</sup> N		
	s กิโลกรัม		(s/32)×22.4 m <sup>3</sup> N		(s/32)×22.4 m <sup>3</sup> N
	N	=	(1/2) N <sub>2</sub>		
	1 กิโลโมล		1 กิโลโมล		
V	14 กิโลกรัม		28/2 กิโลกรัม		
	22.4/2 m <sup>3</sup> N				
	n กิโลกรัม		(n/28)×22.4 m <sup>3</sup> N		
	H <sub>2</sub> O	=	H <sub>2</sub> O		
	1 กิโลโมล		1 กิโลโมล		
VI	18 กิโลกรัม		18 กิโลกรัม		
	22.4 m <sup>3</sup> N				
	W กิโลกรัม		(w/18)×22.4 m <sup>3</sup> N		



ตาราง 3 แสดงสมการการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส

I	CO	+	(1/2) O <sub>2</sub>	=	CO <sub>2</sub>
	1 กิโลโมล		1/2 กิโลโมล		1 กิโลโมล
	22.4 m <sup>3</sup> N		22.4/2 m <sup>3</sup> N		22.4 m <sup>3</sup> N
	co m <sup>3</sup> N		(1/2) co m <sup>3</sup> N		co m <sup>3</sup> N
II	H <sub>2</sub>	+	(1/2) O <sub>2</sub>	=	H <sub>2</sub> O
	1 กิโลโมล		1/2 กิโลโมล		1 กิโลโมล
	22.4 m <sup>3</sup> N		22.4/2 m <sup>3</sup> N		22.4 m <sup>3</sup> N
	h <sub>2</sub> m <sup>3</sup> N		(1/2) h <sub>2</sub> m <sup>3</sup> N		h <sub>2</sub> m <sup>3</sup> N
III	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	+	(m+n/4) O <sub>2</sub>	=	mCO <sub>2</sub> + n/2 H <sub>2</sub> O
	1 กิโลโมล		(m+n/4) กิโลโมล		m กิโลโมล      n/2 กิโลโมล
	22.4 m <sup>3</sup> N		(m+n/4) × 22.4/2 m <sup>3</sup> N		m × 22.4/2 m <sup>3</sup> N      (n/2) × 22.4/2 m <sup>3</sup> N
	C <sub>m</sub> h <sub>n</sub> m <sup>3</sup> N		(m+n/4) C <sub>m</sub> h <sub>n</sub> m <sup>3</sup> N		mC <sub>m</sub> h <sub>n</sub> m <sup>3</sup> N      (n/2) C <sub>m</sub> h <sub>n</sub> m <sup>3</sup> N

## 2.4 กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization process)

กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน หรือ กระบวนการสลายตัวของชีวมวลด้วยความร้อนในสภาวะอับอากาศ (Thermochemical conversion process) ซึ่งเป็นกระบวนการดังกล่าวสามารถเปลี่ยนไม้ชีวมวลให้อยู่ในสถานะของแข็งคือถ่าน และของเหลวคือน้ำส้มควันไม้ กระบวนการเผาถ่านจะมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนมาก สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนได้แก่

การไล่ความชื้น เป็นการให้ความร้อนแก่ชีวมวลในช่วงแรกของการเผาถ่านตั้งแต่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมจนถึง 180 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้ไม้เผาถ่านจะคายความชื้นหรือน้ำที่ไม้ดูดซับไว้บริเวณที่ช่องว่างระหว่างเซลล์พืช (Free water) และน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์ของพืช (Bound water) ในช่วงนี้ควันที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการเผาถ่านจะมีสีขาวปนน้ำเงินอ่อน และจะมีไอน้ำปนออกมาด้วย ควันที่ปล่อยออกมาไม่มีกลิ่นฉุน และไม่แสบตาและจมูก

การไล่สารระเหิด เป็นการให้ความร้อนแก่ชีวมวลช่วงที่สอง จากขั้นตอนแรกที่อุณหภูมิประมาณ 180 ไปจนถึง 270 องศาเซลเซียส ช่วงนี้เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) ของพืชจะมีการสลายตัวออกมาจนหมด ในช่วงนี้ควันที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการเผาถ่านจะเริ่มมีสีจาง ๆ เจือปนด้วย และจะมีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) กรด

น้ำส้ม (Acetic acid) และเมทานอล (Methanol) เจือปนออกมากับควันด้วย แต่ก็ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากมีปริมาณที่น้อย

การเปลี่ยนชีวมวลเป็นถ่าน เป็นช่วงที่สามของกระบวนการเผาถ่านอุณหภูมิในช่วงนี้จะอยู่ประมาณ 270 - 400 องศาเซลเซียส ชีวมวลจะกลายเป็นถ่านในช่วงนี้ เมื่อถึงอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียส ควันที่ออกมาจากกระบวนการในช่วงนี้จะมีสีขาวใสแกมเหลือง กลิ่นฉุน และติดไฟได้ในช่วงนี้เลยเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่มีประสิทธิภาพ

การทำถ่านให้มีความบริสุทธิ์ ขั้นตอนที่ผ่านมาชีวมวลได้กลายเป็นถ่านทั้งหมดแล้วแต่ถ่านก็ยังคงไม่บริสุทธิ์ เนื่องจากมีน้ำมันดินปะปนอยู่ในปริมาณที่สูง จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการประกอบอาหารประเภทบั้งย่าง ควรเผาถ่านต่อไปอีกระยะหนึ่ง ที่อุณหภูมิ 500 - 600 องศาเซลเซียส เพื่อไล่น้ำมันดินออกจากถ่านให้หมดไปเพื่อทำให้ถ่านบริสุทธิ์มากขึ้น

## 2.5 เตาเผาถ่าน 200 ลิตร

เตาเผาถ่านที่ดัดแปลงมาจากถังน้ำมัน 200 ลิตร ซึ่งเหมาะสำหรับดัดแปลงเป็นเตาเผาถ่านเนื่องจากมีลักษณะเป็นทรงกลมสามารถหาได้ง่ายโดยจะแบ่งตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

### 1.เตาแบบถังเดียว

แบบถังเดียว โดยมีการประยุกต์มาจากถังน้ำมัน 200 ลิตร เจาะรูด้านบนและด้านล่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร กระจายตัวให้ได้ 3 แถวตามแนวรัศมี ฝาปิดเตาด้านบนทำจากแผ่นเหล็ก มีรูขนาด 8-12 เซนติเมตร จำนวน 1 รู เพื่อเป็นทางออกของควันจากการเผาถ่าน ดังภาพที่ 7



ภาพประกอบ 7 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาถังเดียว

ที่มา : (กรมป่าไม้, 2566)

## 2. เตาแบบตั้งคู่

เตาแบบตั้งคู่ เป็นการนำถังน้ำมัน 200 ลิตร จำนวนทั้งหมด 2 ถังมารวมกัน เจาะทะลุ ทั้ง 2 ด้านและเชื่อมติดกันเป็นลักษณะทรงกระบอกสูง วางในแนวตั้งตรง สำหรับใส่ไม้พินได้ใน ปริมาณมากขึ้น ดังภาพที่ 8

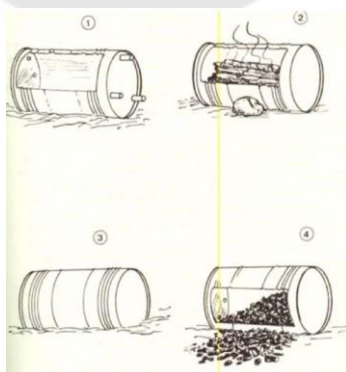


ภาพประกอบ 8 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาตั้งคู่

ที่มา : (กรมป่าไม้, 2566)

## 3. เตาทองก้า

วิธีการสร้างเตาทองก้า เตาทองก้าเป็นเตาเผาถ่านที่มานำมาจากต่างประเทศ สร้าง จากถังน้ำมัน 200 ลิตร เช่นเดียวกับสองชนิดแรก ที่ปิดฝาทั้ง 2 ด้าน โดยเจาะปล่องควันขนาด 2-3 เซนติเมตร จำนวน 3 ปล่อง รวม 6 ปล่อง และเจาะช่อง สำหรับใส่ไม้เผาถ่านบริเวณกลางถึงขนาด กว้าง 25-35 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร ดังภาพที่ 9



ภาพประกอบ 9 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาทองก้า

ที่มา : (กรมป่าไม้, 2566)

#### 4. เตาแบบถังเดี่ยวแบบนอน

เตาแบบถังเดี่ยวแบบนอนนั้นเป็นเตาเผาที่ดัดแปลงสำหรับเก็บผลผลิตน้ำส้มควันไม้ เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตร ดังภาพที่ 10



ภาพประกอบ 10 เตาถังน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาถังเดี่ยวแบบนอน

ที่มา : (กรมป่าไม้, 2566)

#### 2.6 ถ่านชีวภาพ (Biochar)

ถ่านชีวภาพ (Biochar) คือถ่านที่อุดมไปด้วยคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งผลิตมาจากชีวมวลต่าง ๆ ที่เหลือจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว กิ่งไม้ ชังข้าวโพด เป็นต้น โดยจะผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนแบบอับอากาศที่อุณหภูมิ 400-600 องศาเซลเซียส ผลผลิตที่ได้จะประกอบไปด้วยถ่านชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ และแก๊ส ถ่านชีวภาพนั้นมีความแตกต่างจากถ่านทั่วไป (Charcoal) กล่าวคือ ถ่านหุงต้ม (charcoal) ส่วนใหญ่ที่พบในชีวิตประจำวันจะหมายถึงถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ในขณะที่ถ่านชีวภาพ (biochar) เป็นถ่านที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการกักเก็บคาร์บอนลงดินและปรับปรุงดินเนื่องจากถ่านมีส่วนประกอบหลักคือคาร์บอนที่มีความเสถียร ถ่านชีวภาพมีคุณสมบัติพิเศษกว่าถ่านหุงต้มทั่วไปเนื่องจากมีรูพรุนที่สูง ประโยชน์ของถ่านชีวภาพ เช่น

1. ช่วยในการปรับปรุงดินให้มีความร่วนซุยเนื่องจากถ่านมีความเป็นรูพรุนสูงจึงสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น ถ่านยังสามารถปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินได้อีกด้วย และยังเป็นแหล่งที่กักเก็บคาร์บอนที่มีความเสถียรลงดิน

2. ถ่านชีวภาพสามารถช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศในระยะยาวได้ด้วยวิธีการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน

3. สามารถเป็นพลังงานทางเลือกได้ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับทดแทนพลังงานจากฟอสซิลได้

4. เป็นตัวช่วยบริหารจัดการขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรได้ รวมถึงของเสียประเภทอินทรีย์วัตถุ เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร วัชพืช และมูลชีวภาพอื่นๆ ทำให้ลดการเผาทำลายและการหมักอินทรีย์วัตถุซึ่งส่งผลให้เกิดแก๊สที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

การแปรสภาพวัสดุชีวามวลด้วยความร้อนที่ระดับอุณหภูมิสูงในบรรยากาศเฉื่อย หรือการไพโรไลซิสชีวมวล เป็นวิธีการในการเปลี่ยนชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุที่มีสถานะเป็นของแข็งให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ใน 3 สถานะคือ ของแข็ง ไอ และแก๊ส ผลิตภัณฑ์ของแข็งเรียกว่าถ่านชีวภาพ ผลิตภัณฑ์ไอเมื่อควบแน่นกลายเป็นของเหลวเรียกว่าน้ำส้มควันไม้ดิบ และผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สเมื่อเย็นลงยังคงเป็นแก๊สอยู่แต่เป็นแก๊สผสมระหว่างแก๊สกลุ่มที่ติดไฟได้และแก๊สกลุ่มที่ติดไฟไม่ได้

ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง carbonization และ torrefaction มีดังนี้คือ torrefaction เป็นการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 200-300 °C ผลผลิตที่ได้คือชีวมวลทอรรีไฟด์ (torrefied biomass) ซึ่งนิยมนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านหิน เชื้อเพลิงทอรรีไฟด์ที่ได้มักมีสารระเหยลดลงในขณะที่ฟิกส์คาร์บอนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับไม้วัตถุดิบ ในขณะที่ carbonization มี 2 ลักษณะ คือการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่ำปานกลาง และที่อุณหภูมิสูง อาจเรียกว่า low temperature carbonization และ high temperature carbonization ซึ่งเป็นการสลายชีวมวลในกรณีที่ไม่ใช้ออกซิเจนหรือมีออกซิเจนต่ำโดยผลผลิตหลักคือไบโอชาร์ และผลพลอยได้คือไบโอออย (bio oil) และน้ำส้มควันไม้ อย่างไรก็ตาม ถ้าผลผลิตหลักคือไบโอออย (bio oil) จะเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการ pyrolysis

ถ่านไบโอชาร์สามารถผลิตได้จากชีวมวลประเภทต่างๆ ภายใต้กระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกัน รวมถึงพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น อัตราการให้ความร้อน อุณหภูมิ และขนาดอนุภาคของสารชีวมวลมีบทบาทในการวิวัฒนาการโครงสร้างของถ่านไบโอชาร์ในระหว่างการจัดเรียงใหม่ของเฟสของแข็ง นอกจากนี้ คุณภาพของถ่านไบโอชาร์สำหรับใช้ในงานด้านเกษตรและอุตสาหกรรม มักจะถูกกำหนดโดยสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เช่น ค่าความเป็นด่าง ความเป็นรูพรุน พื้นที่ผิว การนำไฟฟ้า สารระเหย คาร์บอนคงที่ ปริมาณเถ้า ปริมาณร้อยละของคาร์บอน และค่าความร้อนที่สูงขึ้น (HHV) เป็นต้น

## 2.7 น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar)

น้ำส้มควันไม้ (Pyroligeous acid or wood vinegar) น้ำส้มควันไม้เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านที่อยู่ในรูปแบบของเหลวมีความเป็นกรดสูง เมื่อแก๊สที่เกิดจากการเผาถ่านถูกควบแน่นจะได้เป็นน้ำส้มควันไม้มีลักษณะเป็นของเหลวที่สีน้ำตาลเข้ม หลังจากได้น้ำส้มควันไม้จากกระบวนการเผาถ่านจะต้องทิ้งไว้ให้น้ำส้มควันไม้เกิดการแยกชั้นอย่างน้อยเป็นเวลา 45 วัน จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในน้ำส้มควันไม้มีสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อพืชไม่ว่าจะเป็นฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของพืช สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและควบคุมโรคพืช

สารประกอบในน้ำส้มควันไม้ ประกอบไปด้วย

- กรดอะซิติก ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส
- สารประกอบฟีนอล การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช
- พอร์มาลดีไฮด์ ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช
- เอทิลเอินวาเลอเรต เร่งการเจริญเติบโตของพืช
- เมธานอล ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส
- น้ำมันทาร์ เป็นสารจับใบลดการไล่สารเคมี

ที่มา : (Chungsiriporn, Pongyeela, Kuntakaporn, & Chairerk, 2020)

### การให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์

การให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ มี 3 วิธี ได้แก่

1. ปล่อยให้ตกตะกอน เริ่มจากเก็บน้ำส้มควันไม้ไว้ในถังสูงที่มีความสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า หลังจากตั้งทิ้งไว้ประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้จะตกตะกอนเป็น 3 ชั้น ชั้นบนเป็นน้ำมันใส (LIGHT OIL) ชั้นกลางเป็น ของเหลวสีน้ำตาลใสซึ่งเป็นน้ำส้มควันไม้ ชั้นต่ำสุดที่จะเป็นของเหลวหนืดสีดำคือน้ำมันดิน ถ้าผสมผงถ่านกับผงถ่านประมาณ 5% โดยน้ำหนัก ผงถ่านจะดูดความชื้นพร้อมกับน้ำ จะทำให้ใสขึ้นและน้ำมันดิบตกลงสู่จุดต่ำสุดเร็วขึ้นมาก เพียงประมาณ 45 วันเท่านั้น

2. การกรอง โดยใช้ผ้ากรองหรือถังกรองถ่านกัมมันต์ในการกรอง จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เพราะถ่านกัมมันต์จะไปลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ และใช้วิธีนี้เป็นการเตรียมวัตถุดิบในโรงงานประเภทอุตสาหกรรมเป็นเฉพาะกรณีเท่านั้น

3. การรกลั่น โดยการรกลั่นได้ทั้งในความดันบรรยากาศและการรกลั่นด้วยสุญญากาศ รวมถึงการรกลั่นแบบแยกส่วนมักใช้ในอุตสาหกรรมยาเพื่อแยกสารเฉพาะในน้ำส้มควันไม้ แต่การกรองและการรกลั่นจะใช้เวลาเดียวกัน

ที่มา : (กรมป่าไม้, 2566)

### ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นสูงจะมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่ค่อนข้างรุนแรง เนื่องจากตัวน้ำส้มควันไม้นั้นมีความเป็นกรดสูง ประกอบไปด้วยสารประกอบ เมรานอล และฟีนอล ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อได้ เมื่อเจือจางถึง 200 เท่า โดยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial microbe) จะเพิ่มปริมาณขึ้น เนื่องจากได้รับสารอาหารจากกรดน้ำส้ม (Acetic acid) น้ำส้มควันไม้จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ทางเกษตรได้เป็นอย่างดี โดยสามารถผสมกับน้ำสะอาดตามอัตราส่วน ดังนี้

#### อัตราส่วน 1 : 20

ใช้พ่นลงดิน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในดิน เช่น โรคเน่าและจากแบคทีเรีย โรคโคนเน่าจากเชื้อรา แบคทีเรีย ไล่เดือนฝอย ฯลฯ ควรใช้ก่อนเพาะปลูกเป็นเวลา 10 วัน เนื่องจากตัวน้ำส้มควันไม้ จะทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนโมโนออกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นพิษต่อพืชแต่เมื่อแก๊สคาร์บอนโมโนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) แล้วจะสามารถปลูกพืชได้ รวมทั้งพืชจะได้รับประโยชน์จาก CO<sub>2</sub> ด้วย

#### อัตราส่วน 1 : 50

พ่นลงดิน เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายพืช แต่ไม่ควรใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้ เพราะรากพืชอาจได้รับอันตรายได้

#### อัตราส่วน 1 : 200

สำหรับฉีดพ่นทางใบพืช รวมถึงการถ่ายพยาธิลงดินรอบ ๆ ต้นทุก ๆ 7-15 วัน ป้องกันและกำจัดเชื้อรา กระตุ้นการดีออกซิเจนและการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากความแรงระดับนี้สามารถทำลายไข่ของแมลงและฆ่าจุลินทรีย์ที่ทำลายพืชได้ เช่น บาซิลลัส (สปอร์) รวมถึงไซโปไมซีท (SYPHOMYCETE) จะอ่อนแอในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดและจะถูกทำลายก่อน หลังจากนั้น จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เช่น แอคติโนมัยซีต (ACTINOMYCETES) และ ไตรโคเดอริมา (TRICHODEMA) ก็จะมีเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในบริเวณนี้ การใช้สารเคมีอย่างหนักและยาวนาน

อาจไม่ทิ้งจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ใดๆ ไว้เบื้องหลัง ดังนั้นจึงต้องใช้ปุ๋ยหมักเพิ่มเติม และถ้าใส่ถ่านลงไปด้วย ประสิทธิภาพของถ่านก็จะดียิ่งขึ้นไปอีก ในขณะที่เดียวกันสารประกอบอะซิติกโคเอนไซม์ (ACYTYL COENZYME) ที่พืชและจุลินทรีย์ผลิตขึ้นเพื่อให้ได้สารอาหารจากกรดอะซิติกจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบต่างๆ มากมาย กระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เมื่อใบพืชถูกกระตุ้นด้วยกรดอินทรีย์อ่อน ๆ ชั่วคราว จะกระตุ้นความต้านทานต่อโรครวมทั้งทำให้โครงสร้างของใบพืชหนา แข็งแรง และมีความเขียว มีความมันวาว รวมถึงเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ทำให้ปรุงอาหารได้ดีขึ้น ส่งผลทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดี มีความแข็งแรง รวมทั้งแก้ปัญหาการสังเคราะห์แสงที่ไม่ดีพอ เนื่องจากขาดแสงในบางฤดู

#### **อัตราส่วน 1 : 150 ถึง 200**

ช่วยทั้งป้องกัน กำจัดโรคและแมลง กระตุ้นให้พืชมีความต้านทานต่อโรค และกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย โดยสามารถนำน้ำส้มควันไม้ไปฉีดพ่นบริเวณกองปุ๋ยที่ต้องการหมัก เพื่อเพิ่มจุลินทรีย์ในปุ๋ยและสามารถย่อยสลายปุ๋ยหมักได้เร็วยิ่งขึ้น

#### **อัตราส่วน 1 : 500**

ฉีดพ่นผลไม้เล็ก ๆ หรือผลอ่อนของพืชเพื่อช่วยให้เติบโต หลังจากติดผลได้ 15 วัน ให้ฉีดพ่นอีกครั้งก่อนเก็บเกี่ยว 0 วันเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลในผล เพราะน้ำส้มควันไม้จะช่วยสังเคราะห์น้ำตาลและกรดอะมิโน จึงช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ

#### **อัตราส่วน 1 : 1,000**

เป็นสารจับใบช่วยในการลดปริมาณการใช้สารเคมี เนื่องจากสารเคมีสามารถออกฤทธิ์ได้ดีในสารละลายที่เป็นกรดอ่อน ๆ และสามารถลดการใช้สารเคมีได้มากกว่าครึ่งจากปกติที่เคยใช้

#### **ใช้น้ำส้มควันไม้ 100 %**

ในการทำปุ๋ยคุณภาพสูง จะใช้น้ำส้มควันไม้เข้มข้นสูง 100 % หมักกับหอยเชอร์รี่ บด เศษปลา เศษเนื้อ หรือกากถั่วเหลือง โดยใช้โปรตีนต่าง ๆ 1 กิโลกรัม ต่อน้ำส้มควันไม้ 2 ลิตร หมักเป็นระยะเวลามากกว่า 1 เดือน แล้วจึงกรองกากออก เมื่อใช้งานให้ผสมน้ำที่อัตราส่วน 200 เท่า

ที่มา : (มหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2563)



## 2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

### 1. ถ่านคูดกลิน มผช. 180/2563

ลักษณะทั่วไป ต้องแห้ง เป็นก้อน เป็นท่อน เป็นเม็ด เป็นผงได้ ปราศจากสิ่งแปลกปลอม ปราศจากรา ผิดรูปร่างตามธรรมชาติหรืออัดขึ้นรูปของวัสดุที่ใช้ อาจมีการแตกหักเล็กน้อย การทดสอบประสิทธิภาพ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายไอโอดีน ถ่านสามารถดูดซับสารละลายไอโอดีนได้ดีแสดงว่ามีพื้นที่ในการดูดซับมาก ดังนั้น จึงสามารถดูดซับกลิ่นได้ดีเช่นกัน มาตรฐานนี้วัดความสามารถในการดูดซับสารละลายไอโอดีน ไม่น้อยกว่า 150 มก./ก. ความชื้นไม่เกิน 8% (น้ำหนัก) บรรจุภัณฑ์ต้องอยู่ในภาชนะที่สะอาดแห้ง เพื่อป้องกันไม่ให้อ่างเสียหาย และกำหนดให้น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนถ่านในแต่ละภาชนะบรรจุไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

### 2. ถ่านไม้หุงต้ม มผช. 657/2547

ลักษณะทั่วไป ต้องมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่ การทดสอบประสิทธิภาพ ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 6,000 แคลอรีต่อกรัม สารระเหย ต้องไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนักและถ่านต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเมื่อนำไปใช้งานเมื่อถ่านติดไฟแล้วต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น รวมถึงมีควันได้เล็กน้อย

### 3. ถ่านไม้ปิ้งย่าง มผช. 658/2547

ต้องมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่ การทดสอบประสิทธิภาพ ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 7,000 แคลอรีต่อกรัม สารระเหย ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนักและถ่านต้องไม่เกินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และเมื่อนำไปใช้งานเมื่อถ่านติดไฟแล้วต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น รวมถึงมีควันได้เล็กน้อย

### 4. น้ำส้มควันไม้ มผช. 659/2553

ลักษณะทั่วไปต้องเป็นของเหลวใสเนื้อเดียวกัน มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ไม่แยกชั้น ไม่มีตะกอนและสารแขวนลอย รวมถึงสิ่งแปลกปลอม เช่น เส้นผม หิน ดินทราย ก้อนกรวด ลักษณะของกลิ่นจะต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ มีความเป็นกรด-ด่าง มีค่า 2.0 ถึง 3.0 และมีค่าความถ่วงจำเพาะมีค่า 1.010 ถึง 1.025 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

## 2.9 ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

ปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่สำคัญที่สุด คือ การเกิดมลพิษทางอากาศจากการเผาถ่านไม้ ซึ่งจะเกิดควันพิษ และฝุ่นละออง เช่น

สารทาร์ เป็นสารที่เกิดจากถ่านที่มีคุณภาพไม่ดี มีค่าคาร์บอนคงที่ไม่ถึง 85% เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านอุณหภูมิสูงไม่มากเพียงพอที่จะทำให้ถ่านบริสุทธิ์ จึงมีสารระเหยปะปนออกมาในขณะที่ติดไฟ ซึ่งก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้

เบนโซไพเร็น (Benzopyrene) และ ไดเบนซานทราซีน (Dibenzanthracene) เป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons :PAH) พบมากในเขม่าที่เกิดจากการเผาไม้ ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นสารก่อโรคมะเร็งเช่นกัน

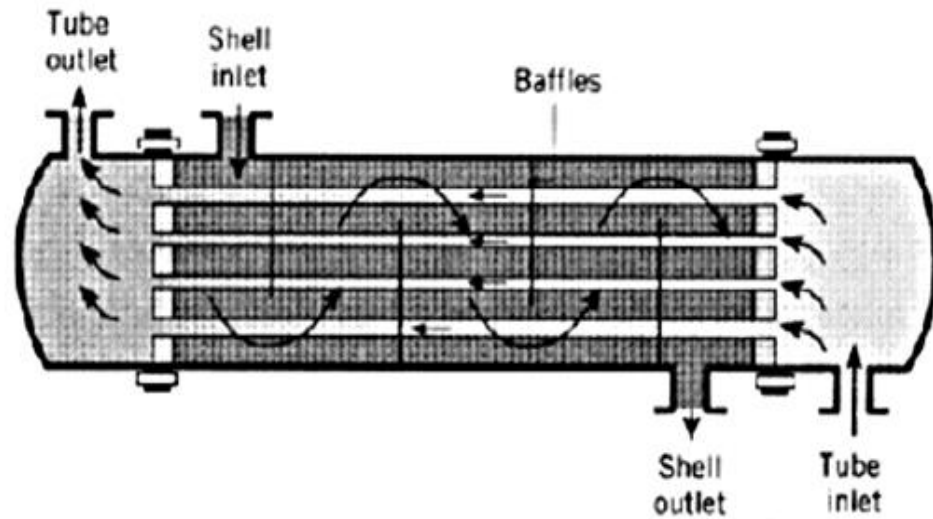
ฝุ่นละออง เป็นอีกผลกระทบหนึ่งที่เกิดได้ง่ายไม่ได้อะไรจากการเผาถ่านมีฝุ่นที่เกิดขึ้นมาก ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออาการหายใจเข้าไปในปอด ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ (Asthma)

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นที่ก่อกำเนิดขึ้นจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ซึ่งพบได้มากจากกระบวนการเผาถ่าน ซึ่งเป็นแก๊สหลักที่ปลดปล่อยออกทางไอเสีย ซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจแล้วแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะส่งผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ซึ่งแก๊สนี้จะเข้าไปแทนที่แก๊สออกซิเจนในกระแสเลือดให้กระแสโลหิตเป็นพิษส่งผลทำให้เกิดอาการต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะ คลื่นไส้ และเป็นลมหมดสติถ้ามีอาการมาก ๆ

## 2.10 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchangers)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและเปลือก (Shell and tube) มีลักษณะคือการไหลของของไหลชนิดแรกอยู่ในส่วนของท่อ (Tube) และของไหลอีกชนิดหนึ่งจะอยู่ภายในส่วนที่เรียกว่าเปลือก (Shell) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทำหน้าที่สำหรับถ่ายเทความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง

วิธีใช้และเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับต้นทุนของกระบวนการและอาจมีผลต่อราคาของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะต้องทำอย่างระมัดระวัง เงื่อนไขที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับใช้ในการเลือกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรมก็คือ ประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงและราคาถูก ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น (Double pipe exchanger) นี้มีลักษณะที่ใช้ท่อสองท่อสวมเข้าด้วยกัน ส่วนการไหลของของไหลอาจไหลสวนทางกัน เรียกว่า Counter flow หรือไหลขนานกัน เรียกว่า Parallel flow ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในการควบคุม และสามารถประหยัดต้นทุนได้ เนื่องจากอุปกรณ์ไม่ซับซ้อน

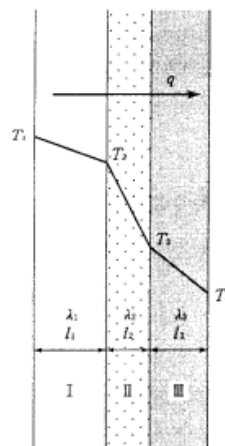


ภาพประกอบ 11 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อและเปลือก

ที่มา : (Ezzeghni, 2016)

### 2.11 ทฤษฎีการประเมินความร้อนสูญเสีย

ทฤษฎีการประเมินความร้อนสูญเสียแบบหลายชั้นจะประกอบด้วยแผ่นวัสดุอ้างอิงที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่างกันนำมาประกอบกันแน่น ดังรูปที่ 12



ภาพประกอบ 12 การนำความร้อนแบบหลายชั้น

การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวแต่ละชั้นมีความสม่ำเสมอ ไม่มีการสูญเสียความร้อนในทิศทางอื่นนอกจากอุณหภูมิเดียวกับผิวสัมผัสของชั้นตามความหนาของแผ่น (ไม่มีความต้านทานการนำความร้อนที่ผิวสัมผัส)

ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเท ( $Q$ ) และความต้านทานการนำความร้อน ( $R_C$ ) ในกรณีนี้จะเท่ากับ

$$Q = \frac{(T_1 - T_{n+1})}{R_C}, R_C = \sum_{i=1}^n \left( \frac{l_i}{\lambda_i A} \right) \quad (2.22)$$

นั่นคือค่าการนำความร้อนของวัสดุหลายชั้นจะเท่ากับผลรวมของความต้านทาน ดังนั้นเราจึงสามารถพิจารณาวัสดุเป็นวัสดุเสาหินที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสองแบบคือ  $T_1$  และ  $T_{n+1}$  และความต้านทานการนำความร้อนหาได้ดังสมการ 2.23

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{l_i}{\lambda_i A} \right) \quad (2.23)$$

## 2.12 ค่ามาตรฐานคุณภาพไอเสียที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

จากตารางที่ 4 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพไอเสียที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม อ้างอิงประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เล่ม 123 ตอนที่ 50

ตาราง 4 ค่ามาตรฐานคุณภาพไอเสียที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

ชนิดของสารเจือปน (หน่วยวัด)	หน่วย	แหล่งที่มาของ สารเจือปน	ค่าปริมาณของสารเจือปน ในอากาศ	
			ไม่มีการเผา ไหม้ เชื้อเพลิง	มีการเผา ไหม้ เชื้อเพลิง
1. ฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate)	mg/m <sup>3</sup>	ก. แหล่งกำเนิดความ ร้อนที่เชื้อ		
		- น้ำมันหรือ น้ำมันเตา	-	240
		- ถ่านหิน	-	320
		- เชื้อเพลิงชีว มวล	-	320
		- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	300	240
		ข. การถลุง หล่อหลอม รีดตีง หรือผลิต อะลูมิเนียม	400	320
		ค. การผลิตทั่วไป		
2. พลวง (Antimony)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	20	16
3. สารหนู (Arsenic)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	20	16
4. ทองแดง (Copper)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	30	24

ตาราง 4 (ต่อ)

5. ตะกั่ว (Lead)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	30	24
6. ปรอท (Mercury)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	3	2.4
7. คลอรีน (Chlorine)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	30	24
8. ไฮโดรเจนคลอไรด์ (Hydrogen Chloride)	mg/m <sup>3</sup>	การผลิตทั่วไป	200	160
9. กรดกำมะถัน (Sulfuric acid)	ส่วนในล้าน ส่วน	การผลิตทั่วไป	25	-
10. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide)	ส่วนในล้าน ส่วน	การผลิตทั่วไป	100	80
11. คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide)	ส่วนในล้าน ส่วน	การผลิตทั่วไป	870	690
ก. แหล่งกำเนิดความ ร้อนที่ใช้				
12. ซัลเฟอร์ได ออกไซด์ (Sulfur dioxide)	ส่วนในล้าน ส่วน	- น้ำมันหรือ น้ำมันเตา	-	950
		- ถ่านหิน	-	700
		- เชื้อเพลิงชีว มวล	-	60
		- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	-	60
		-	500	-
		-		
ข. การผลิตทั่วไป				

ตาราง 4 (ต่อ)

		แหล่งกำเนิดความร้อน ที่ใช้		
13. ออกไซด์ของ ไนโตรเจน (Oxides of nitrogen)	ส่วนในล้าน	- น้ำมันหรือ	-	200
		น้ำมันเตา	-	400
	ส่วน	- ถ่านหิน	-	200
		- เชื้อเพลิงชีว มวล	-	200
14. ไซลีน (Xylene)	ส่วนในล้าน	การผลิตทั่วไป	200	-
15. ครีซอล (Cresol)	ส่วนในล้าน	การผลิตทั่วไป	5	-
15. ครีซอล (Cresol)	ส่วนในล้าน	การผลิตทั่วไป	5	-

ที่มา : (ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 123 ตอนที่ 50, 2549)  
(2549).

## 2.13 บทปริทัศน์วรรณกรรม

(Team ACREST Michael Maenpaa, 2011) ได้พัฒนาเตาเผาถ่านที่ใช้ถังโลหะภายนอกขนาด 55 แกลลอนและภายในขนาด 35 แกลลอน โดยถังใบใหญ่จะส่งพลังงานความร้อนไปยังถังด้านในโดยจำกัดปริมาณอากาศไว้จ มีการปิดส่วนของฝาถังทั้งด้านบนและด้านล่าง แต่ด้านล่างจะมีช่องว่างขนาดเล็กเพื่อควบคุมความดันและปริมาณออกซิเจนภายในถังด้านใน เตามีประสิทธิภาพและผลตอบแทนในผลผลิต 30% สามารถถอดชิ้นส่วนออกเป็นส่วนๆได้เพื่อสามารถเคลื่อนย้ายเตาเผาถ่านไปยังที่ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและง่าย

(Tippayawong, Saengow, Chaiya, & Srisang, 2010) ได้พัฒนาเตาสำหรับเผาถ่านโดยออกแบบเป็นลักษณะถังทรงกลมยาวสูง 1.2 เมตร ภายในมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เมตร ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเตามีขนาด 0.3-0.5 เมตร สูง 1 เมตร จุไม้ได้ 5 กิโลกรัม การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะถูกส่งผ่านไปยังตะแกรงด้านล่าง ที่ปล่องเร่งไฟจะมีครีบบ้านล่างเพื่อเป็นตัวช่วยเผาไหม้แก๊สที่ติดไฟที่มีการระเหยจากการเผาไหม้ภายในเตา จากผลการทดลองพบว่าแก๊สที่ออกจากปล่องไฟจะไม่พบแก๊สที่ติดไฟ เตาให้อัตราการผลิตถ่าน 33-38% สามารถผลิตถ่านที่มีคุณภาพดีจากวัสดุที่มีในท้องถิ่น ชีวมวลที่คล้ายกับที่ผลิตจากเตาเผาถ่านแบบดั้งเดิม กระบวนการใช้เวลาในการเผาถ่านไม่เกิน 4 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับ 72-84 ชั่วโมงสำหรับเตาเผาถ่านแบบดั้งเดิม ระบบจะพิสูจน์ให้เห็นว่าการดำเนินการเป็นอย่างดีและมันอาจจะถูกนำมาใช้ในสถานที่ของเตาเผาแบบดั้งเดิม

(Mahanta, 2013) ได้ศึกษาและออกแบบเตาให้เตาสามารถมีการกระจายตัวของอุณหภูมิให้ทั่วถึงโดยการทำช่องใส่เชื้อเพลิงด้านล่าง จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิในห้องเผาไหม้มีการกระจายความร้อนได้ดี ค่าความร้อนของผลผลิตถ่านก็สูงขึ้น อัตราผลตอบแทนของถ่าน 26-33% ที่ได้รับ สามารถผลิตถ่านที่มีคุณภาพดีจากวัสดุที่มีในท้องถิ่นชีวมวลที่คล้ายกับที่ผลิตจากเตาเผาถ่านแบบดั้งเดิม แต่เตาจากชุดการทดลองนี้สามารถลดระยะเวลาเหลือ 12-14 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับเตาถ่านแบบดั้งเดิมที่ใช้ระยะเวลาถึง 76 ชั่วโมง ระบบจะพิสูจน์ให้เห็นว่าการดำเนินการเป็นอย่างดีและมันอาจจะถูกนำมาใช้ในสถานที่ของเตาเผาแบบดั้งเดิม

(พิสิษฐ ภูมิโชติ, 2558) เตาเผาถ่าน ขนาด 200 ลิตร แบบแนวตั้ง โดยใช้เทคนิคแก๊สซิพีเคชั่น โดยกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่านไม้ ถ่านหิน แกลบ ชี้อ้อย และวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถติดไฟได้ให้กลายเป็นแก๊สที่สามารถเผาไหม้ได้ โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงในทันที มีออกซิเจนอยู่อย่างจำกัด ซึ่งแก๊สที่ได้มีส่วนประกอบหลักคือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>), แก๊สมีเทน



(CH<sub>4</sub>) และพวกสารระเหยต่างๆ ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นี้ เรียกว่า โปรดิวเซอร์แก๊ส (Producer gas) เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผาถ่าน จากการทดลองข้างต้นพบว่า เตาสามารถทำอุณหภูมิภายในเตาได้ถึง 754 °C อุณหภูมิหน้าเตาเท่ากับ 567 °C อุณหภูมิที่ปล่องควันทางออก 678 °C อุณหภูมิด้านบนสุดของเตาเฉลี่ยเท่ากับ 619 °C ได้ถ่านไม้ 7.1 กิโลกรัม จากไม้พื้นจำนวน 30-35 กิโลกรัม ซึ่งใช้ระยะเวลาในการผลิตทั้งหมด 2 ชั่วโมง 30 นาที

(Sangsuk, Suebsiri, & Puakhom, 2018) พัฒนาเตาเผาโลหะพร้อมท่อกระจายความร้อน ซึ่งเป็นเตาเผาถ่านที่ออกแบบใหม่สำหรับการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้คุณภาพสูง เตาเผาถ่านทำจากเหล็กแผ่น ตัวถังหุ้มด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาสและปิดทับด้วยเหล็กอาบสังกะสี ขนาดสูง 1.5 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ม. มีปล่องไอเสียหกปล่องที่เชื่อมต่อกับหน่วยควบคุมสำหรับการควบคุมของน้ำส้มควันไม้ วัตถุประสงค์ในการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตถ่านคือไม้ไผ่ เตาเผาโลหะบรรจุไม้ไผ่ได้ประมาณ 1,446 กก. มีความชื้น 30% กระบวนการนี้ใช้ไม้พื้น 279 กก. ใช้เวลา 27 ชั่วโมงเพื่อให้ความร้อนสูงถึง >600 °C และเย็นลงตามธรรมชาติภายใน 15 ชั่วโมง ผลผลิตถ่านที่ได้ ได้แก่ ถ่านไม้ไผ่ 315 กก. ถ่าน 12 กก. และน้ำส้มควันไม้ดิบจากไม้ 900 ลิตร (52%) ไม้ไผ่ที่ยังไม่ได้เผา กล่าวอีกนัยหนึ่งคือได้ถ่านไม้ไผ่ชั้นดี 24% ไม้ไผ่ที่ยังไม่เผา 0% และถ่าน 1% ลักษณะของถ่านไม้ไผ่เป็นไปตาม ASTM D7582-15 และ ASTM D5865-10 ถ่านไม้ไผ่มีความชื้น 8.5% สารระเหย 7.7% คาร์บอนคงที่ 81% ถ่าน 11.3% และค่าความร้อน 30,347 kJ/kg

(ธนัญชัย, 2016) ได้ออกแบบเตาเผาถ่านไร้ควันการออกแบบใหม่ ในการศึกษานี้ได้พัฒนาเตาเผาถ่านที่ติดตั้งระบบดูดควันแบบเผาซ้ำ (เตาผนังชั้นเดียว) โดยติดตั้งที่ผนังด้านนอกของเตาเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ของควัน ติดตั้งครีบนำความร้อนที่ผนังด้านในของเตาเผาถ่าน เพื่อเพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผนังเตากับแก๊สร้อนที่เกิดจากควันไฟที่ลอยขึ้นด้านข้างของเตาในระหว่างกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่เตาเผาถ่านจึงสูงขึ้น ประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การติดตั้งครีบยังช่วยกระจายความร้อนในเตาเผาระหว่างกระบวนการทำให้ถ่านเย็นลงทำให้ลดเวลาที่ต้องใช้ในการผลิตถ่าน ส่วนประกอบของเตาถ่านไร้ควันที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1. เตาถ่านดัดแปลงจากถังเหล็กขนาด 200 ลิตร ติดตั้งท่อความร้อนภายในขนาด 3 นิ้ว จำนวน 3 ท่อ 2. ผนังเตาด้านนอกถูกออกแบบให้ครอบคลุมเตาเผาถ่านเดิม ระยะห่างระหว่างผนังเตาทั้งสองประมาณ 15 ซม. 3. เตาเชื้อเพลิง 4. ท่อแก๊ส (ควัน) และ 5. ครีบนำความร้อนของเตาเผาถ่านสามารถเข้าถึงอุณหภูมิเตาเฉลี่ย 689.6 °C

(กำพล, 2562) ศึกษาหาปริมาณและคุณภาพของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไฟเลี้ยงที่มีความยาว 7.5 เซนติเมตร ความชื้นร้อยละ 27.78, 20.73 และ 13.33 ตามลำดับ โดยใช้เตาเผาถ่านแบบตั้งขนาด 200 ลิตร ส่วนฐานเชื่อมต่อกับชุดให้ความร้อนอุณหภูมิสูงจากเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยสามารถป้อนแก๊สร้อนที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำที่ระดับอุณหภูมิสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส ส่วนบนของเตาเผาถ่านเชื่อมต่อเข้ากับชุดควบคุมแบบ Shell & Coil โดยมีอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนที่ 4 ลิตรต่อนาที แก๊สไอเสียที่ควบคุมไม่ได้และน้ำส้มควันไม้ดิบถูกแยกออกจากกันด้วยไซโคลน น้ำส้มควันไม้ดิบไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำส้มควันไม้ ในขณะที่แก๊สไอเสียจากเตาเผาถ่านที่ไม่สามารถควบคุมได้จะถูกส่งไปเผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาชีวมวล การทดลองเสร็จสิ้นเมื่อไม่มีน้ำส้มควันไม้ไหลออกจากเครื่องควบคุม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ไม้ไฟที่มีความชื้นร้อยละ 27.78 กระบวนการคาร์บอนเซชันจะเสร็จสิ้นในเวลา 350 นาที โดยให้มวลถ่านร้อยละ 22.38 และมวลน้ำส้มควันไม้ร้อยละ 59.25 ไม้ที่มีความชื้นสูงใช้เวลาในการเผาถ่านนาน ให้ผลผลิตถ่านต่ำ แต่ให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่มาก ในทางตรงกันข้ามการผลิตถ่านด้วยไม้ที่มีความชื้นต่ำใช้เวลาน้อยกว่า ให้ผลผลิตถ่านมาก และให้น้ำส้มควันไม้ในปริมาณน้อย คุณภาพของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

(สมมาส, 2556) ทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเตาชีวมวลขนาด 20kW ที่ใช้เชื้อเพลิงจากยูคาลิปตัสกับเตาแก๊สหุงต้มชนิดหัวแรงประสิทธิภาพต่ำ (KB-5) และประสิทธิภาพสูง (SG5) โดยใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิง เตาชีวมวลมีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำกว่าเตาแก๊สประสิทธิภาพต่ำ (KB-5) และเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง (SG-5) ประสิทธิภาพ 29% และ 41% ตามลำดับ ในขณะที่ต้นทุนเชื้อเพลิงของเตาชีวมวลต่ำกว่าเตาแก๊สประสิทธิภาพต่ำ (KB-5) และเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง (SG5) ประมาณ 67% และ 60% และ ตามลำดับ

(โกศล, 2566) ได้ศึกษาเกี่ยวกับไบโอชาร์ที่ผลิตจากชีวมวลที่อุดมไปด้วยคาร์บอน เป็นกระบวนการเผาไหม้ด้วยความร้อนโดยไม่ใช้ออกซิเจน หรือในสภาวะจำกัดออกซิเจน ไบโอชาร์มักถูกใช้เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ เช่น ช่วยลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้โดยกักเก็บคาร์บอนในดิน และใช้เพื่อปรับปรุงดินสำหรับ ทำการเกษตรเนื่องจากถ่านคาร์บอนมีพื้นที่ผิวสูงและมีปริมาณรูพรุนสูง จึงสามารถช่วยกักเก็บน้ำและธาตุอาหารในดินให้กับพืชได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ไบโอชาร์ยังสามารถแก้ปัญหาหมลภาวะทางน้ำได้ด้วย โดยการดูดซับสารหรือโลหะหนักเอาไว้ในโครงสร้างและรูพรุนของไบโอชาร์ เนื่องจากไบโอชาร์มีประโยชน์ใช้งานที่หลากหลายและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ จึงทำให้ไบโอชาร์เป็นวัสดุที่น่าสนใจในการนำไปศึกษาวิจัยต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น ๆ ได้อีกมากมาย

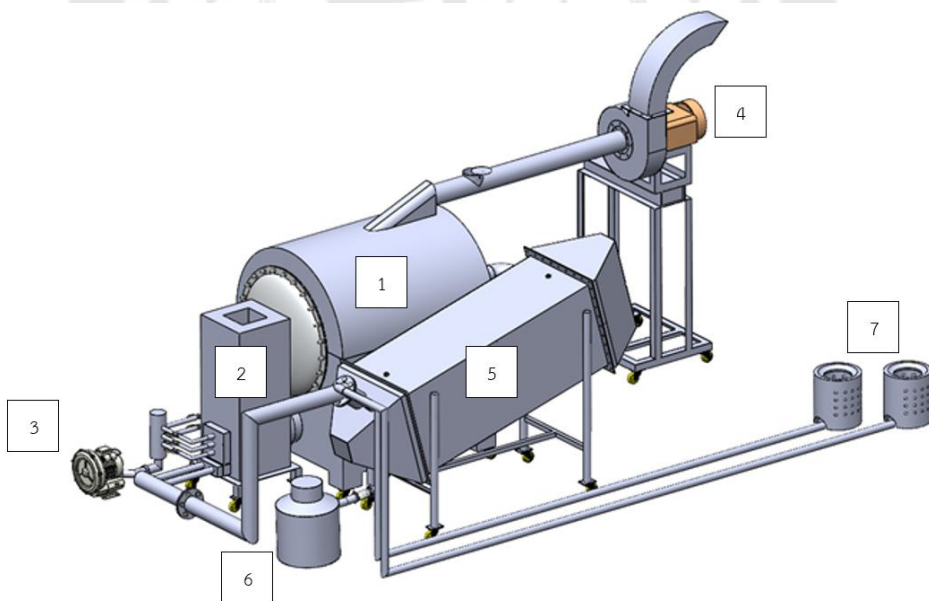
### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 การออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

ชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ดังภาพที่ 13 จากภาพที่ 13 ประกอบด้วย 7 ส่วนสำคัญ  
คือ

- 1.เตาเผาถ่าน
2. เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์
3. พัดลมป้อนอากาศ
4. พัดลมดูดไอเสีย
5. ถังควบแน่น
6. ถังเก็บน้ำส้มควันไม้
7. เตาซีวมวล



ภาพประกอบ 13 ชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร



ภาพประกอบ 14 ชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่สร้างเสร็จ

เตาเผาถ่าน ดังภาพที่ 13 และ 14 จากภาพที่ 13 (1) เตาเผาถ่านเป็นเตาลักษณะทรงกระบอก ขนาด 600 ลิตร ติดครีบนำความร้อนบริเวณผนังด้านนอกเพื่อเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ทำให้การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่เตาเผาถ่านมีประสิทธิภาพสูงขึ้น อีกทั้งการติดตั้งครีบยังช่วยระบายความร้อนออกจากเตาในขั้นตอนการทำถ่านให้เย็นลง ทำให้ลดระยะเวลาในการผลิตถ่านลงอีกด้วย ภาพที่ 15 แสดงอุปกรณ์การทดลองเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่ทำงานร่วมกับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง



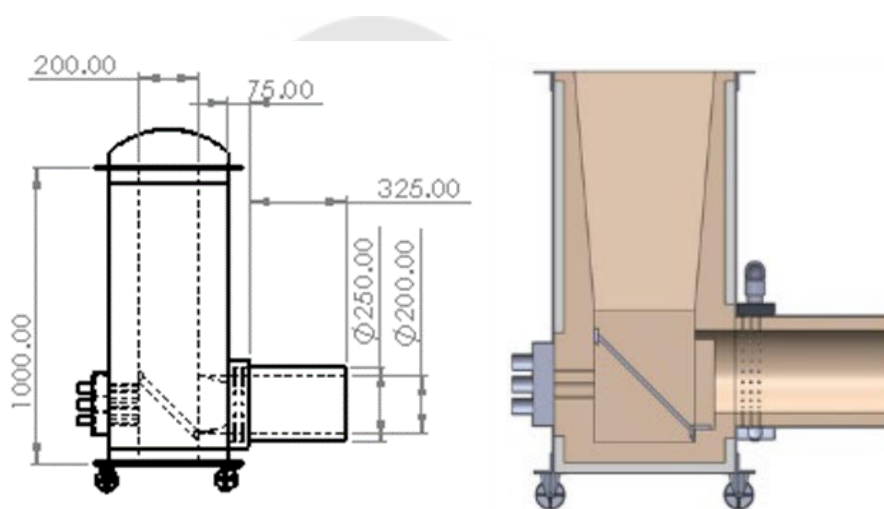
ภาพประกอบ 15 ครีบน้ำร้อนบริเวณผิวด้านนอกเตาเผาถ่าน

ส่วนฐานเตาเผาถ่านมีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และสูง 0.6 เมตร ผนังด้านนอกสร้างจากเหล็กหนา 3 มิลลิเมตร ภายในกรุด้วยฉนวนเซรามิก หนา 50 มิลลิเมตร และหล่อทับด้วยคอนกรีตทนไฟ (CAST – 15) ส่วนหน้าและหลังของผนังฐานเตา ออกแบบให้มีลักษณะเป็นเครื่องวงกลมที่สามารถวางเตาเผาถ่านรูปทรงกระบอกได้พอดี

ส่วนฝาครอบเตาเผาถ่านออกแบบให้ลักษณะเป็นทรงกระบอกผ่าครึ่งและกรุด้วยฉนวนเซรามิก ที่สามารถครอบเตาเผาถ่านทรงกระบอกที่ทำให้เกิดช่อง ให้แก๊สร้อนไหลจากห้องเผาไหม้ ไหลขึ้นไปยังปล่องไอเสียที่ติดตั้งอยู่บนเรือส่วนฝาครอบ

ส่วนผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ดังภาพที่ 16 จากภาพที่ 16 ประกอบด้วยเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวล และ หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวล ส่วนของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวล สร้างด้วยคอนกรีตทนไฟ Cast-15 หนา 75 mm. และกรุด้วยฉนวนเซรามิกไฟเบอร์หนา 25 mm. ชั้นนอกสุดของเตาทำด้วยโลหะหนา 3 mm. ที่พันทับด้วยสีกันสนิมและสีทนความร้อน ในการหล่อเตาต้องใช้นามเตยสแตนเลสรูปตัววาย (Y) เพื่อยึดคอนกรีตกับผนังโลหะโดยการเชื่อม ภายในเตามีตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงชีวมวลทำด้วยวัสดุสแตนเลส และมีช่องอากาศเข้าเพื่อทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งเป็นแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ชีวมวลป้อนเข้าเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ทางด้านบนโดยด้านบนเตามีฝาเตาที่สามารถเปิดและปิดได้ และมีระบบเอาแก๊สออกจากเตาผลิตแก๊สแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้ อีกทั้งมีระบบป้องกันและควบคุมอัตราการป้อนอากาศเข้าเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชี

มวลงได้ด้วย และส่วนของหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ต่ออยู่กับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวลในตำแหน่งที่แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ไหลออกจากเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จากชีวมวล หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เป็นรูปทรงกระบอกหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟหนา 25 mm. โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 200 mm. ยาว 325 mm. ที่บริเวณส่วนต้นของหัวเผามีห้องบ่อนอากาศเข้าเผาไหม้กับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยมีรูจำนวนมากจัดไว้โดยรอบท่อเพื่อให้อากาศจากห้องบ่อนอากาศไหลเข้าผสมกับเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้ดีและแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เกิดการเผาไหม้ให้อุณหภูมิเปลวไฟที่สูงเพียงพอสำหรับบ่อนให้ห้องอบไม้



ภาพประกอบ 16 เครื่องผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

พัดลมบ่อนอากาศขนาด 0.75 kW. สำหรับบ่อนเข้าสู่ส่วนผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ท่อลมขนาด 32 mm. และพัดลมดูดไอเสียสำหรับดูดไอเสียจากเตาเผาถ่าน ขนาด 1.50 kW. ดังภาพที่ 17



(ก)

(ข)

ภาพประกอบ 17 พัดลมบ้อนอากาศและพัดลมดูดอากาศ

ถังควบแน่นออกแบบให้เป็นลักษณะเปลือกและท่อ ใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว ยาว 1 m. จำนวน 36 ท่อ โดยใช้น้ำเป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อควบแน่นแก๊สที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน จากนั้นแก๊สในส่วนที่ควบแน่นไม่ได้จะถูกนำกลับมาบ้อนให้กับเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์อีกครั้งหนึ่งเพื่อเป็นการลดการใช้ไม้ฟืน ดังภาพที่ 18



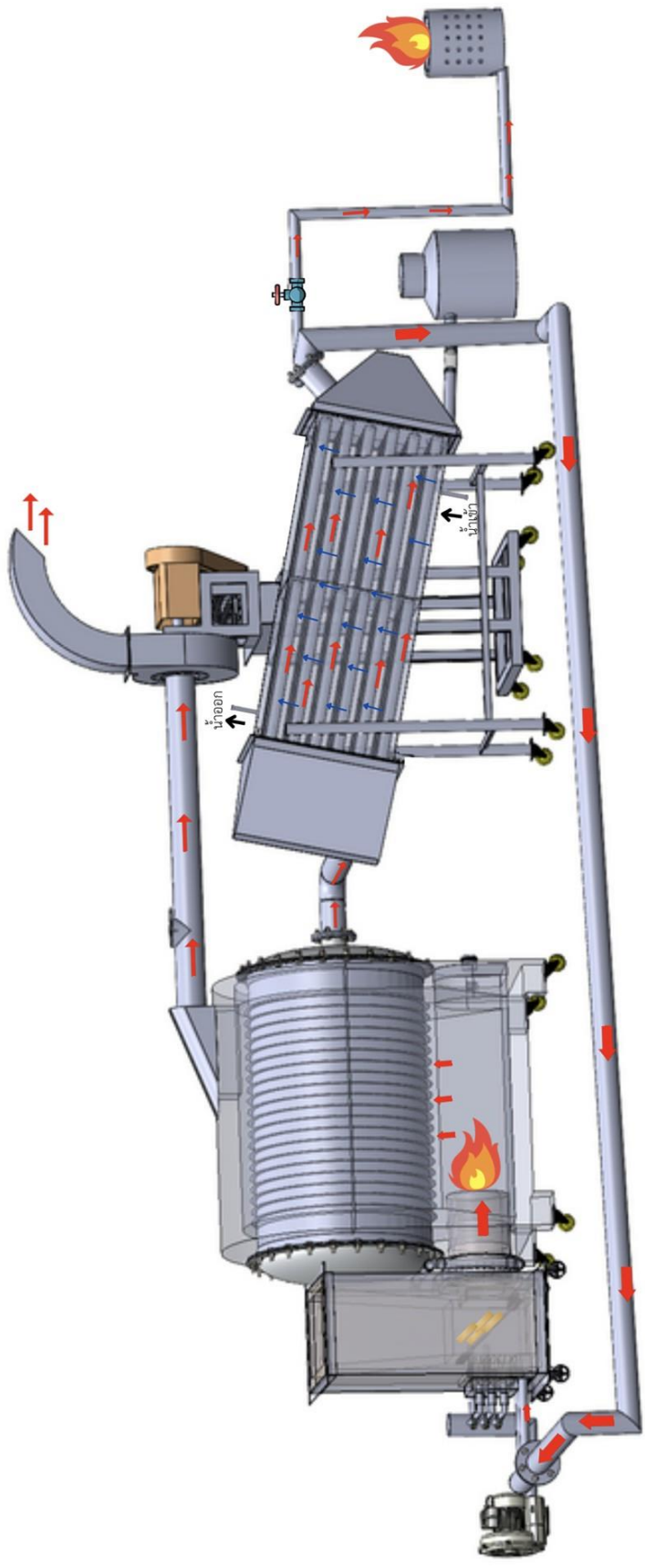
ภาพประกอบ 18 ถังควบแน่น

### 3.2 หลักการทำงาน

การทำงานของชุดเตาเผาถ่าน แสดงดังภาพที่ 19 จากภาพที่ 19 ชุดเตาเผาถ่านมีลำดับ ดังนี้ เริ่มต้นจากใส่ไม้เชื้อเพลิงในเตาผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2) ทำการใส่เศษไม้ยางพาราในเตาเผาถ่าน (1) จากนั้นจุดเตาในห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2) หลังจากห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2) ลูกไหม้ให้เปิดลมจากพัดลมบ้อนอากาศ (3) และพัดลมดูดไอเสีย (4) โดยอากาศจากพัดลมบ้อนอากาศนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่บ้อนเข้าสู่บริเวณห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ และอากาศส่วนที่ 2 ถูกบ้อนเข้าสู่บริเวณห้องเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ให้ได้แก๊สร้อนอุณหภูมิสูงสำหรับเป็นแหล่งความร้อนให้กับเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่เตาเผาถ่าน (1) เพื่อไล่ความชื้นและสารระเหยออกจากไม้ภายในเตาเผาถ่าน (1) ซึ่งสารระเหยที่ได้จากเตาเผาถ่าน (1) นั้นจะไหลออกบริเวณท่อทางออกบริเวณส่วนบนของเตาเผาถ่าน ไปยังถังควบแน่น (5) ซึ่งบ้อนน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่อัตราการไหล 1.4 ลบ.ม/ชม. เพื่อควบแน่นสารระเหยให้เป็นของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้และสารประกอบอื่น ๆ และไหลลงสู่ถังเก็บน้ำส้มควันไม้ (5) ส่วนแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้ถูกนำกลับมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่เตาผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ซึ่งแก๊สในส่วนนี้ถ้ามีปริมาณที่มากเกินความจำเป็นก็ถูกส่งไปเผาทิ้งที่เตาชีวมวลเพื่อเปลี่ยนเป็น  $\text{CO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ



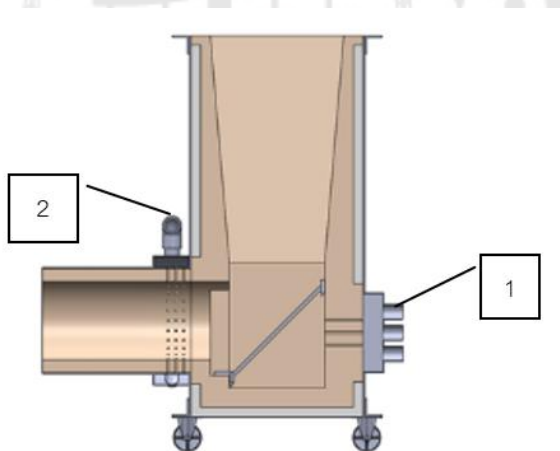


ภาพประกอบ 19 หลักการทำงานของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะเป็นเตาแบบแก๊สซีไฟเออร์และเบิร์นเนอร์หรือหัวเผาจะออกแบบมาเป็นชุดติดกันดังภาพที่ 20 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงของการเริ่มต้นการทำงาน เริ่มจากใส่ไม้เชื้อเพลิง 6 kg ลงในห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (1) จากนั้นจุดเตาที่ห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้เกิดการลุกไหม้เปิดพัดลมป้อนอากาศที่มีอัตราการไหล 150 m<sup>3</sup>/hr. เข้าห้องผลิตและ เผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ขณะเดียวกันให้เปิดพัดลมดูดไอเสียที่อัตราการไหล 1,500 m<sup>3</sup>/hr. โดยช่วงแรกเป็นการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ไม้เชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิสูงจนสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้แล้ว แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะถูกเผาไหม้บริเวณหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2)

ช่วงที่ 2 การทำงานของแก๊สซีไฟเออร์ในช่วงนี้เป็นการใช้เชื้อเพลิงร่วม โดยเป็นการนำแก๊สที่ควบคุมไม่ได้จากการเผาถ่านกลับมาเป็นเชื้อเพลิง ส่งผลทำให้การป้อนไม้เชื้อเพลิงช่วงนี้หยุดลง และจะป้อนไม้เชื้อเพลิงอีกครั้งเมื่อแก๊สจากเตาเผาถ่านเริ่มลดน้อยลง เพื่อรักษาอุณหภูมิสุดท้ายในเตาเผาถ่านและกระบวนการเผาถ่านจะเสร็จเมื่อไม่มีแก๊สไหลกลับไปเผาที่หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และไม่มีน้ำส้มควันไม้ไหลลงถึงเก็บ



ภาพประกอบ 20 เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

### 3.3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ไม้เผาถ่านและไม้เชื้อเพลิง ถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis) CHNS/O โดยมีวิธีทดสอบ/วิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน (ASME D5373 D4239) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Truspec CHN Truspec S ยี่ห้อ LECO และวิเคราะห์หาองค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) โดยมีวิธีทดสอบ/วิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน (ASTM D3172-3175) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ TGA701 Thermogravimetric Analyzer ส่วนค่าความร้อน HHV วิเคราะห์โดย

อ้างอิงตามมาตรฐาน ASME D5865 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Bomb Calorimeter AC600 Automatic Calorimeter

น้ำส้มควันไม้ ใช้วิธีทดสอบ/วิเคราะห์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช.659/2553 วิเคราะห์ลักษณะ, กลิ่น, ความเป็นกรด-ต่างและ ความถ่วงจำเพาะ โดยการทดสอบความเป็นกรด-ต่าง จะใช้เครื่องทดลองยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98103 วิธีการทดสอบต้องมีการเทียบวัดค่าความเป็นกรด-ต่าง ตามค่ามาตรฐานค่า pH ในช่วง 2.0 และ 3.0 ก่อนทำการทดลอง การวัดค่าความถ่วงจำเพาะจะวัดด้วยเครื่อง Hydrometer วิธีการทดสอบต้องมีการเทียบวัดความถ่วงจำเพาะ ตามค่ามาตรฐาน โดยสารตัวกลางคือน้ำเปล่า ให้มีได้ค่าเท่ากับ 1.000

ถ่าน ใช้วิธีทดสอบ/วิเคราะห์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม มาตรฐานเลขที่ มผช.657/2547 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้บั้งย่าง มาตรฐานเลขที่ มผช.658/2547 มาตรฐานถ่านดูดกลิ่น มาตรฐานเลขที่ มผช.180/2560 ทดสอบ/วิเคราะห์ ขนาดของรูพรุนด้วย SEM, micrograph by JEOL Electron Microscope : SEM model JSM-5 4 1 0 LV and EDS, Element and Chemical Analysis by Oxford Energy Dispersive X-ray Spectrometer : EDS model INCA-350 ทดสอบ/วิเคราะห์ หาค่าไอโอดีนนมเบอร์ อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 4607 ทดสอบ/วิเคราะห์ ค่า pH อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 3838-80 ทดสอบ/วิเคราะห์ ค่าการนำไฟฟ้า โดยอ้างอิงวิธีของ J.M.Montes, et al.

### ร้อยละความชื้น(ต่อน้ำหนักเปียก)

ร้อยละความชื้นของไม้เชื้อเพลิงตามมาตรฐานเปียกสามารถหาได้จากสมการที่ 3.24

$$= (\text{มวลของไม้ดิบเริ่มต้น}-\text{มวลที่ไม้ดิบแห้ง}) \times 100 / \text{มวลของไม้ดิบเริ่มต้น} \quad (3.24)$$

### พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ(MJ)

พลังงานความร้อนของวัตถุดิบสามารถหาได้จากสมการที่ 3.25

$$= \text{ค่าความร้อนของไม้แห้ง(MJ/kg)} \times \text{น้ำหนักแห้งของไม้ผลิตถ่าน (kg)} \quad (3.25)$$

### พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์(MJ)

$$\begin{aligned} & \text{พลังงานความร้อนของวัตถุดิบสามารถหาได้จากสมการที่ 3.26} \\ & = \text{ค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์ถ่าน(MJ/kg)} \times \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ถ่าน (kg)} \quad (3.26) \end{aligned}$$

### ร้อยละของผลผลิตถ่าน(%)

$$\begin{aligned} & \text{ร้อยละของผลผลิตถ่านสามารถหาได้จากสมการที่ 3.27} \\ & = \text{ผลผลิตถ่าน(kg)} \times 100 / \text{มวลที่ไม่ดับแห้ง (kg)} \quad (3.27) \end{aligned}$$

### ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน(%)

$$\begin{aligned} & \text{ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานสามารถหาได้จากสมการที่ 3.28} \\ & = \text{พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์(MJ)} \times 100 / \text{พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ(MJ)} \quad (3.28) \end{aligned}$$

## 3.4 เงื่อนไขการทดลอง

### การทดลองที่ 1

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะของเตาเผาถ่านโดยกำหนดให้ใส่ไม้เผาถ่านจำนวน 50% 75% และ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ไม้ที่ใช้สำหรับเผาถ่านและไม้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะใช้ไม้แห้งที่มาจากเดียวกัน คือเศษไม้ยางพาราที่ได้จากกระบวนการผลิตพาล์มไม้ดังภาพที่ 17 (ก) จากภาพที่ 17 (ก.) เศษไม้ยางพาราที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาล์มไม้จะนำมาตากแดด เพื่อลดความชื้นที่อยู่ในเนื้อไม้ โดยควบคุมความชื้นให้ได้เท่ากับ  $13\% \pm 2\%$  จากนั้นนำไม้ที่ผ่านการลดความชื้นแล้วนำมาจัดเรียงเข้าสู่เตาเผาถ่านดังภาพที่ 17 (ข.) จากภาพที่ 17 (ข.) เป็นการทดลองโดยใส่ไม้เผาถ่านที่ 100 % ของปริมาตรเตา จากนั้นปิดฝาเตา, ประกอบเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เข้ากับส่วนฐานของเตาเผาถ่าน, ประกอบท่อส่งสารระเหยจากถังควบคุมเข้าเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 19 (จ.) กระบวนการเผาถ่านจะเริ่มต้นเมื่อจุดเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยควบคุมอุณหภูมิหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้ไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส และจะหยุดการเผาถ่านหลังจากแก๊สที่ได้จากการเผาถ่านหมดลง 30 นาที

## การทดลองที่ 2

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของถ่านและน้ำส้มควันไม้โดยไม้ที่ใช้ทดลองแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่เศษไม้ยางพาราที่ได้จากกระบวนการผลิตพลาเทไม้และกิ่งไม้สะเดา โดยบรรจุไม้ในเตาเผาถ่านที่ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน ใช้ระยะเวลาเผาถ่าน 4 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้ไม่เกิน 1,200 องศาเซลเซียส



(ก.)

(ข.)

(ค.)

(ง.)

(จ.)

ภาพประกอบ 21 ชุดเตาผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร พร้อมวัตุดิบและผลิตภัณฑ์ (ก) วัตุดิบ (ข) วัตุดิบที่บรรจุในเตาเผาถ่าน (ค) ผลิตภัณฑ์ถ่าน (ง) น้ำส้มควันไม้ดิบ และ (จ) ชุดอุปกรณ์เตาเผาถ่าน

## เครื่องมือการวัด

เทอร์โมคัปเปิล Type K ดังภาพประกอบที่ 22



ภาพประกอบ 22 เทอร์โมคัปเปิล Type K

เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.01 Kg ดังภาพประกอบที่ 23



ภาพประกอบ 23 เครื่องชั่งดิจิตอล

โรตاميเตอร์ ดังภาพประกอบที่ 24



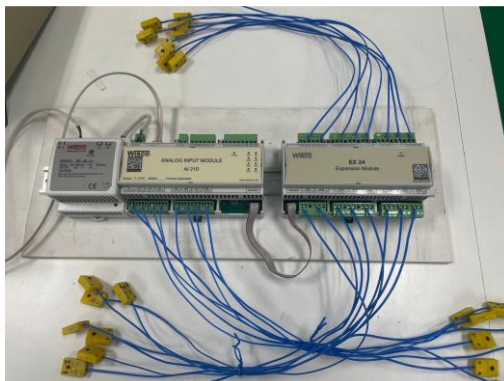
ภาพประกอบ 24 โรตاميเตอร์

เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Flue gas analyzer) รุ่น testo 350 ดังภาพประกอบที่ 25



ภาพประกอบ 25 เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย

เครื่องบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ Analog input module รุ่น AI210 ดังภาพประกอบที่ 26



ภาพประกอบ 26 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพลาเทไม้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพลาเทไม้แสดงดังตารางที่ 5 จากตารางที่ 5 พบว่าองค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 13.42% สารระเหย 63.61% คาร์บอนคงตัว 22.08% และเถ้า 0.89% ผลการวิเคราะห์หาธาตุเคมี (Ultimate Analysis) พบว่ามีปริมาณธาตุคาร์บอน ธาตุไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 45.62% 6.73% และ 42.36% ตามลำดับ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) มีค่า 15,887 kJ/kg และค่าความร้อนสูง (HHV) มีค่า 17,682 kJ/kg

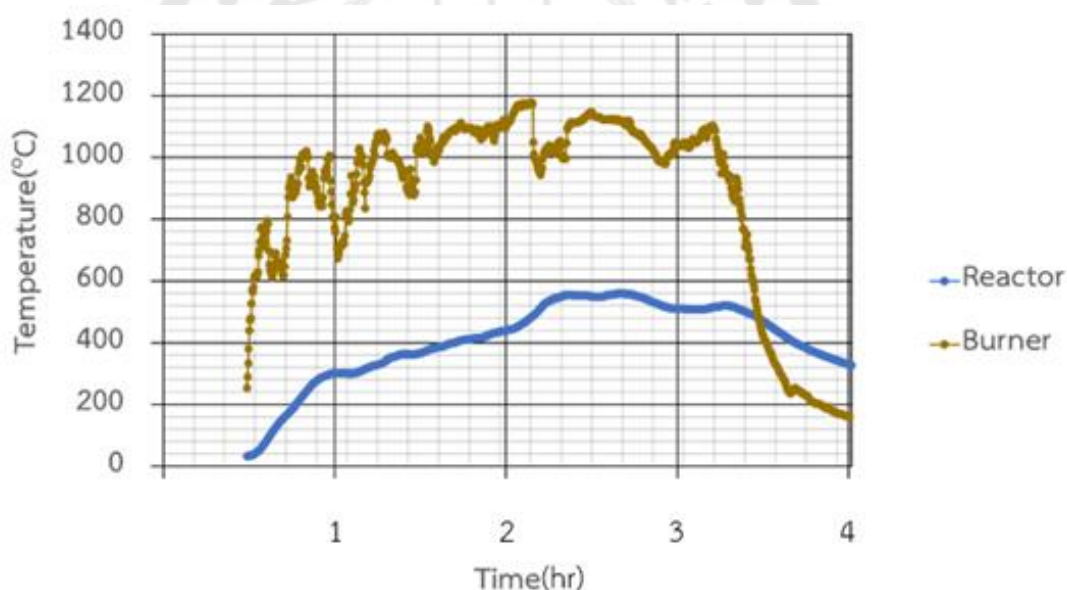
ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate Analysis) และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) ของเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพลาเทไม้

Proximate Analysis (wet base, wt.%)	
Moisture	13.42
Volatile matter	63.61
Fixed Carbon	22.08
Ash	0.89
Ultimate Analysis (dry base, wt.%)	
Carbon (C)	45.62
Hydrogen (H)	6.73
Nitrogen (N)	4.33
Sulfur (S)	0.08
Chloride (Cl)	0
Oxygen (O)	42.36
Thermal analysis by calculation method (dry base, wt.%)	
Higher heating value (HHV) (kJ/kg)	17,682
Lower heating value (LHV) (kJ/kg)	15,887



#### 4.2 ผลการศึกษาหาสมรรถนะของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

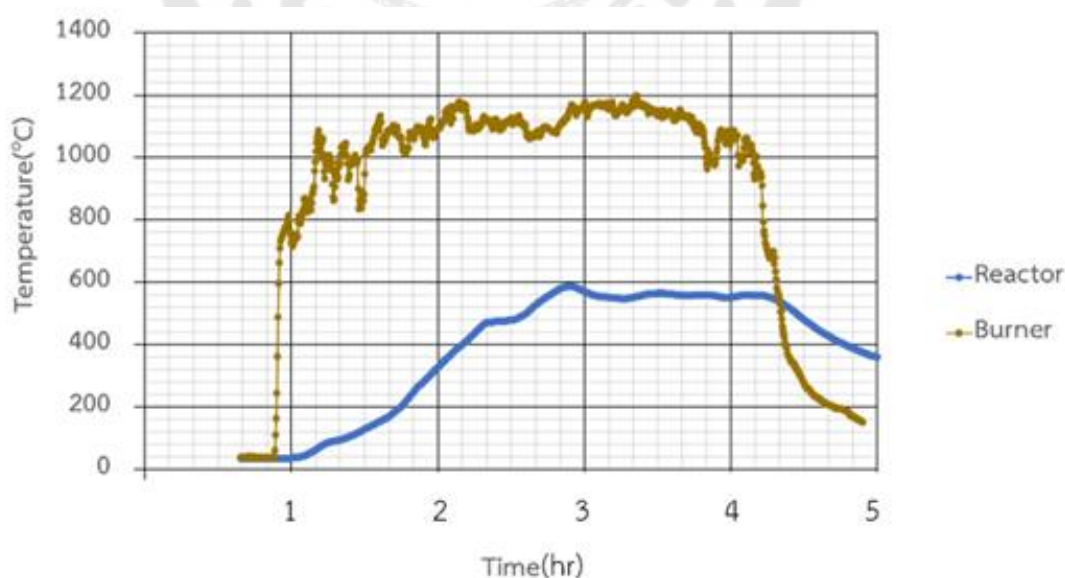
ผลการศึกษาสมรรถนะของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร เพื่อผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนต่าง ๆ โดยกำหนดปริมาณไม้สำหรับเผาถ่านต่างกันที่ 3 ระดับ คือ 50 75 และ 100% ของปริมาณเตาเผาถ่าน เมื่อใส่ไม้เผาถ่านเต็มเตา (100% ของเตาเผาถ่าน) สามารถใส่ไม้เผาถ่านได้ 200 กิโลกรัม โดยเตาเผาถ่านใช้ความร้อนจากเครื่องผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยเครื่องผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สามารถควบคุมโดยการป้อนอากาศส่วนที่ 1 สำหรับผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ และอากาศส่วนที่ 2 สำหรับเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยควบคุมปริมาณเชื้อเพลิงในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้มีความเหมาะสม และควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ถังควบแน่นสำหรับควบแน่นน้ำส้มควันไม้ที่อัตราการไหล 1.4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการควบคุมการทำงานของเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์รวมถึงเตาเผาถ่านให้ผลดังภาพที่ 27 28 และ 29



ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยบรรจุไม้เผาถ่านที่ 50% ของปริมาณเตาเผาถ่าน

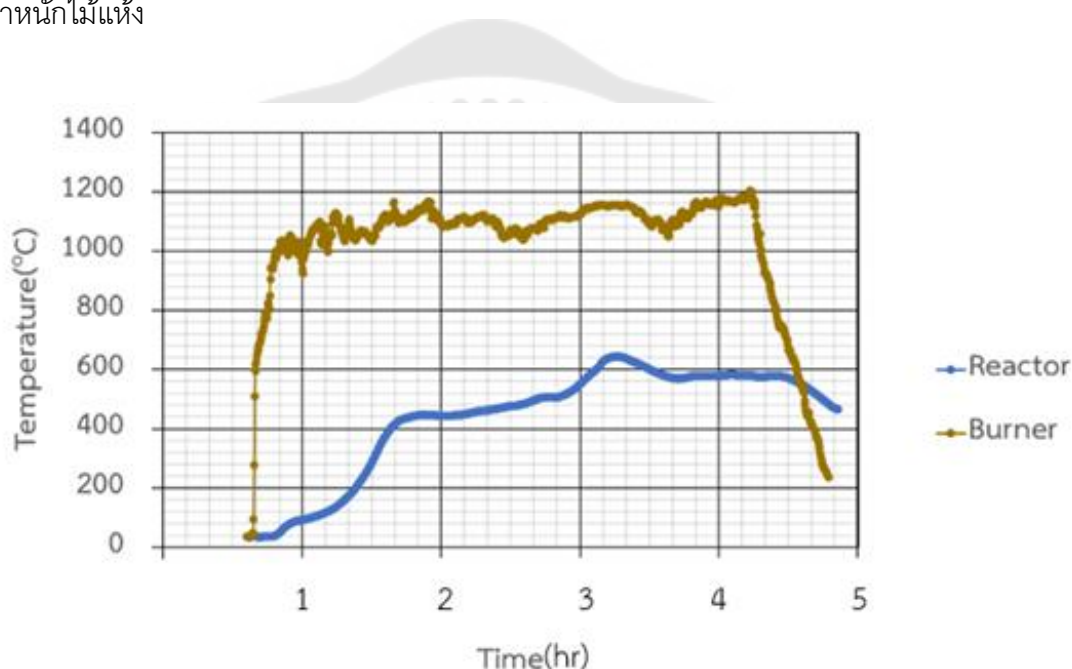
การทดลองเผาถ่านครั้งที่ 1 โดยบรรจุไม้เผาถ่านที่ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน ให้ผลดังภาพที่ 27 จากภาพที่ 27 แสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ในการทดลองนี้ใช้ไม้เผาถ่านในปริมาณ 102.26 กิโลกรัม ใช้ไม้เชื้อเพลิงสำหรับเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เท่ากับ 46.06 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45.04 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน ใช้เวลาในการเผาถ่าน 2.75 ชั่วโมง โดยสามารถทำอุณหภูมิหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Burner) ได้สูงสุด 1,179.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านเฉลี่ย 529 องศาเซลเซียส สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ทั้งหมด 43.43 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 42.47 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน และได้ปริมาณถ่าน 27.64 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 27.03 ของน้ำหนักไม้แห้ง

การเผาถ่านครั้งที่ 2 โดยบรรจุไม้เผาถ่านที่ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน ให้ผลดังภาพที่ 28 จากภาพที่ 28 แสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ในการทดลองนี้ใช้ไม้เผาถ่านปริมาณ 152.95 กิโลกรัม ใช้ไม้เชื้อเพลิง 46.48 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.39 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน ใช้เวลาในการเผาทั้งหมด 3.15 ชั่วโมง โดยสามารถทำอุณหภูมิหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Burner) ได้สูงสุด 1,198.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านเฉลี่ย 561.51 องศาเซลเซียส สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ทั้งหมด 59.67 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 39.01 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน และได้ปริมาณถ่าน 39.82 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.03 ของน้ำหนักไม้แห้ง



ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยบรรจุไม้เผาถ่านที่ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

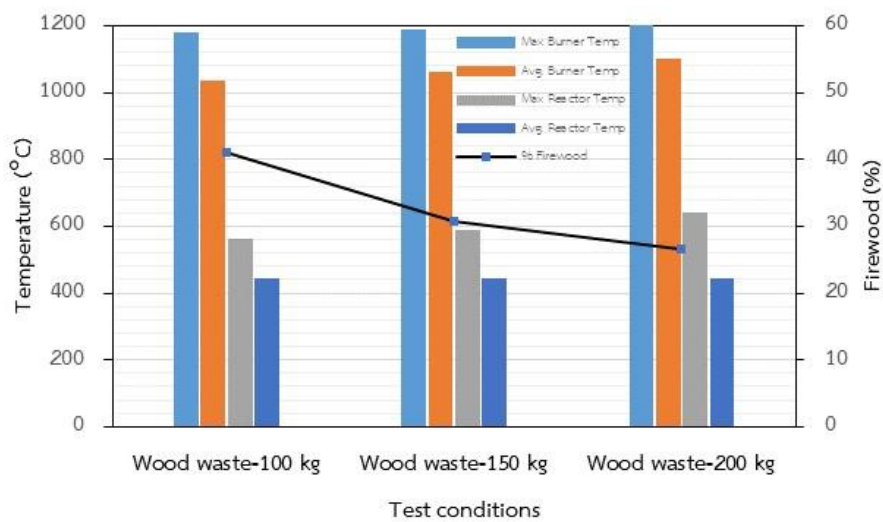
การเผาถ่านครั้งที่ 3 โดยบรรจุไม้เผาถ่านที่ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน ให้ผลดังภาพที่ 29 จากภาพที่ 29 แสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ในการทดลองนี้ใช้ไม้เผาถ่านปริมาณ 195.36 กิโลกรัม ใช้ไม้เชื้อเพลิง 51.78 กิโลกรัม คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26.50 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน ใช้เวลาในการเผาทั้งหมด 3.58 ชั่วโมง โดยสามารถทำอุณหภูมิหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Burner) ได้สูงสุด 1,203.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านเฉลี่ย 557.7 องศาเซลเซียส สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ทั้งหมด 74.33 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 38.05 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน และได้ปริมาณถ่าน 52.03 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.63 ของน้ำหนักไม้แห้ง



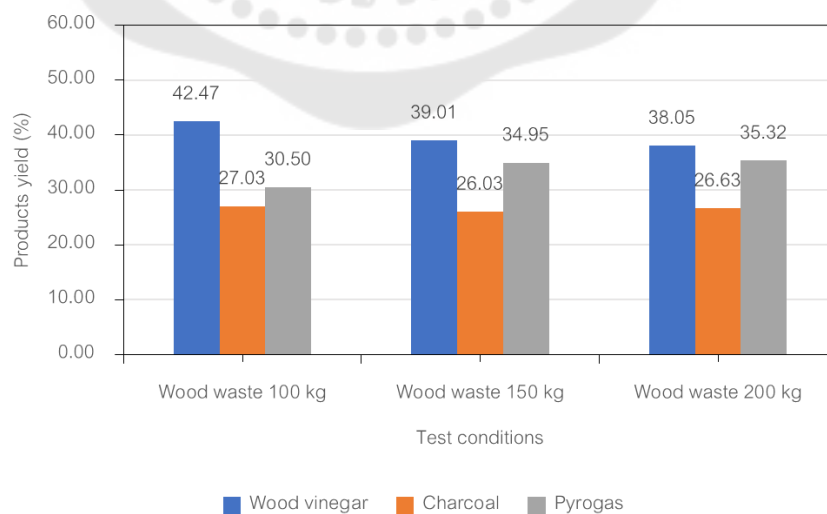
ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์โดยบรรจุไม้เผาถ่านที่ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

จากภาพที่ 27 – 29 เห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของแต่ละจุดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไปจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ปริมาณไม้ที่ใช้เผาถ่านจะส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเผาถ่านเพิ่มมากขึ้น เมื่อใส่ไม้เผาถ่านที่ 102.26 152.95 และ 195.36 กิโลกรัม พบว่า ใช้ระยะเวลาในการเผาเท่ากับ 2.75 3.15 และ 3.58 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาน้ำหนักถ่านที่ได้จากการผลิตเทียบกับน้ำหนักไม้แห้งที่ใช้เผาถ่านแล้ว พบว่ามีค่าร้อยละ 27.03 26.03 และ 26.63 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านพบว่า ปริมาณน้ำส้มควันไม้เมื่อเทียบกับน้ำหนักไม้แห้งที่ใช้เผาถ่านมีค่าร้อยละ 42.47 39.01

และ 38.05 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสัดส่วนของน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณน้ำหนักรวมของไม้แห้งที่ใช้เผาถ่านที่เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 31 เนื่องจากน้ำหล่อเย็นที่ถังควบแน่นมีอัตราการไหลที่คงที่ ส่งผลให้อัตราการควบแน่นของน้ำส้มควันไม้ลดลง และเมื่อน้ำหนักไม้แห้งที่ใช้เผาถ่านมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลต่อปริมาณแก๊สที่ได้จากการเผาถ่านมีปริมาณเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้แก๊สไม้สามารถควบแน่นได้ทันปริมาณน้ำส้มควันไม้จึงมีแนวโน้มลดลง



ภาพประกอบ 30 แสดงอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิจนเฉลี่ยของหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และเตาเผาถ่านที่บรรจุไม้ต่างกัน 3 ระดับ



ภาพประกอบ 31 แสดงปริมาณถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการทดลองเผาถ่านต่างกัน 3 ระดับ

ตาราง 6 แสดงปริมาณถ่านที่ได้จากกระบวนการผลิต

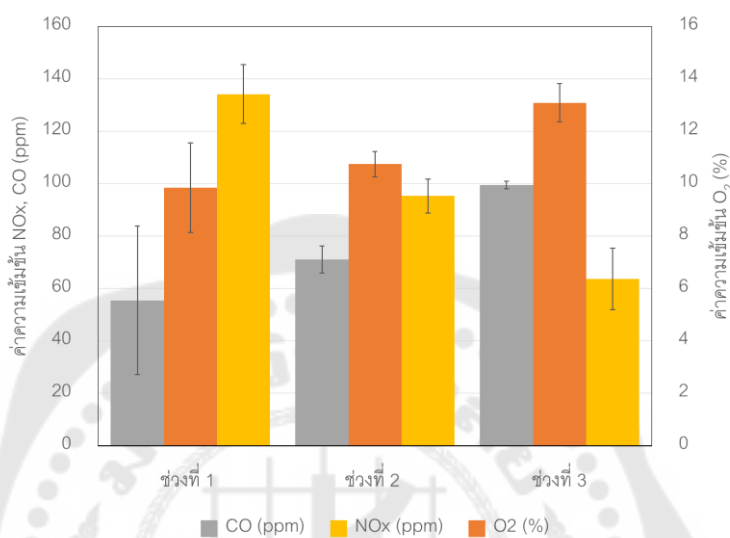
รายการ	การทดลองครั้งที่	การทดลองครั้งที่	การทดลองครั้งที่
	ที่ 1	2	ที่ 3
น้ำหนักแห้งของไม้สำหรับผลิตถ่าน (kg)	102.26	152.95	195.36
ค่าความร้อนของไม้พื้แห้ง (MJ/kg)	15.9	15.9	15.9
พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ (MJ)	1,625.93	2,431.91	3,106.22
น้ำหนักผลิตภัณฑ์ถ่าน (kg)	27.64	39.82	52.03
ค่าความร้อนของถ่าน (MJ/kg)	28.6	29.1	28.9
พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์ (MJ)	790.5	1,158.76	1,503.67
ร้อยละของผลผลิตถ่าน (%)	27.03	26.03	26.63
ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน (%)	48.6	47.7	48.4

ผลผลิตที่ได้จากการเผาถ่านที่ใช้ปริมาณน้ำหนักไม้ 3 ระดับ ให้ค่าดังตารางที่ 6 พบว่า ค่าความร้อนของไม้แห้งมีค่า 15.9 MJ/kg หลังจากเปลี่ยนไม้ให้กลายเป็นถ่าน พบว่า ค่าความร้อนของถ่านมีค่าอยู่ในช่วง 28.6-29.1 MJ/kg ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานเท่ากับ 48.6 47.7 และ 48.4 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองให้ผลผลิตถ่านอยู่ในช่วงร้อยละ 26.03-27.03

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์มลพิษที่ได้จากการเผาถ่าน

จากภาพที่ 32 แสดงมลพิษที่วัดได้บริเวณปล่องไอเสียของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร โดยแบ่งการวัดมลพิษออกเป็นช่วงการทำงานได้ช่วง 3 ช่วง ดังนี้ ช่วงที่ 1 เป็นช่วงแรกของการทำงานของเตาเผาถ่าน เป็นการให้ความร้อนจากการเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเท่ากับ 56 ppm และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 134 ppm ช่วงที่ 2 เป็นการให้ความร้อนจากการใช้เชื้อเพลิงร่วระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ผลิตได้จากเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และแก๊สที่ได้จากการเผาถ่านที่ควบแน่นไม่ได้ พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงนี้ มีค่าเท่ากับ 71 ppm และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 95 ppm และช่วงที่ 3 เป็นช่วงสุดท้ายของกระบวนการเผาถ่าน แก๊สที่ได้จากการเผาถ่านเริ่มลดลงจนกระทั่งหมดลง ค่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเท่ากับ 99 ppm และแก๊สไนโตรเจน

ออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 64 ppm ซึ่งค่ามลพิษทั้ง 3 ช่วงต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานการปลดปล่อย  
แก๊สไอเสียที่ปล่อยออกจากปล่องเผาไหม้ซึ่งกำหนดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเท่ากับ  
690 ppm และแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ 200 ppm



ภาพประกอบ 32 แสดงปริมาณแก๊สมลพิษในไอเสียที่วัดได้จากการเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากการเผาถ่าน

##### ผลของอุณหภูมิในการเผาถ่านต่อสมบัติบางประการของถ่านชีวภาพ

จากตารางที่ 7 พบว่า ที่ปริมาณไม้เท่ากับ 102.26 152.95 และ 195.36 kg สามารถผลิต  
ถ่านชีวภาพได้เท่ากับ 27.64 39.82 และ 52.03 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 27.03, 26.03, และ 26.63  
ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไม้เผาถ่านที่ 102.26 กิโลกรัม (50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน) สามารถให้  
ผลผลิตถ่านได้มากที่สุด ปริมาณถ่านมีค่าอยู่ระหว่าง 5.21 ถึง 5.68 ค่าความร้อนทางต่ำ (LHV) มี  
ค่าอยู่ในช่วง 27.5 ถึง 28.3

ตาราง 7 แสดงปริมาณและองค์ประกอบของถ่านชีวภาพที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน

ชนิดไม้	ปริมาณไม้ เผาถ่าน (kg)	ถ่าน ชีวภาพ (kg)	ความชื้น (%)	คาร์บอน คงตัว (%)	ซีลีไ้ (%)	สาร ระเหย (%)	ค่าความ ร้อนทางต่ำ (MJ/kg)
เศษไม้	102.26	27.64	5.77	76.96	5.68	11.58	28.1
ยางพารา	152.95	39.82	5.08	79.07	5.21	10.63	27.5
	195.36	52.03	5.24	78.59	5.32	10.85	28.3

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในถ่านชีวภาพที่เผาที่อุณหภูมิ 500°C และ 600°C ให้ผลดังตารางที่ 8 จากตารางที่ 8 แสดงธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม ของถ่านไม้ยางพาราพบว่าธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (ธาตุอาหารหลัก) ได้แก่ธาตุโพแทสเซียม (K) มีปริมาณธาตุอาหาร 1.91% และ 2.98% ตามลำดับ ส่วนธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณที่น้อย (ธาตุอาหารรอง) ได้แก่ ธาตุแคลเซียม (Ca) มีปริมาณธาตุอาหาร 0.73% และ 1.45% ตามลำดับ



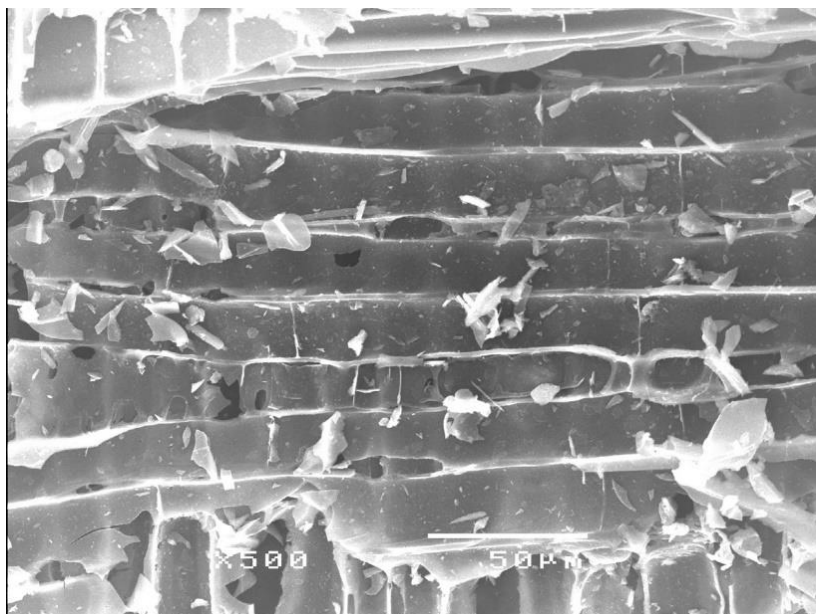


ผลการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านชีวภาพเมื่อใส่ไม้เผาถ่านที่ 50 75 และ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน ให้ผลดังตารางที่ 9 จากตารางที่ 9 พบว่า ค่าไอโอดีนนมเบอร์มีค่าเท่ากับ 258.58 261.26 และ 286.51 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกว่าถ่านชีวภาพมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายไอโอดีน เนื่องจากถ่านสามารถดูดซับสารละลายไอโอดีนได้ดี แสดงว่ามีพื้นที่ในการดูดซับมาก ส่งผลทำให้สามารถดูดซับกลิ่นได้ดีตามไปด้วย โดยมาตรฐานกำหนดความสามารถในการดูดซับสารละลายไอโอดีน ต้องไม่น้อยกว่า 150 มิลลิกรัม/กรัม

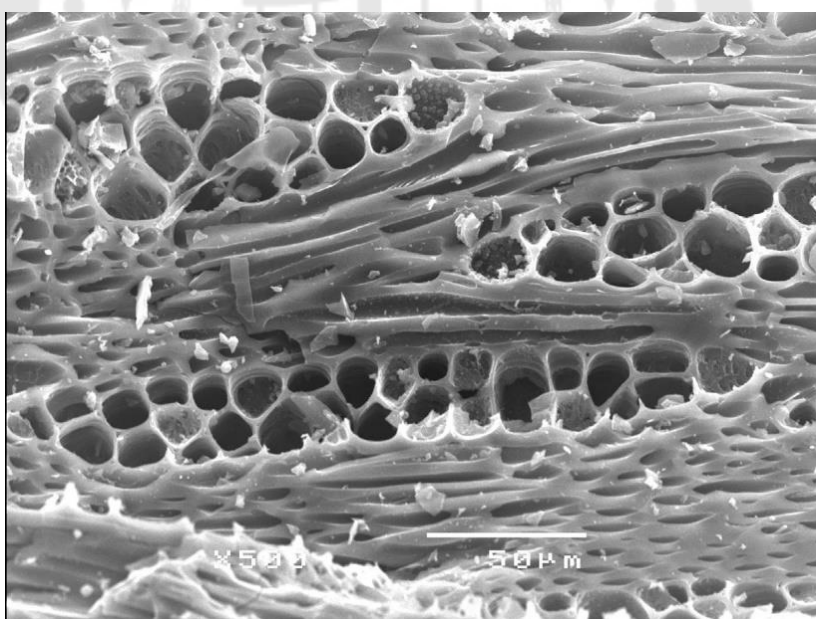
ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านชีวภาพ

ปริมาณไม้เผาถ่าน (kg)	ค่าไอโอดีนนมเบอร์ (mg/g)
102.26	286.51
152.95	261.26
195.36	258.58

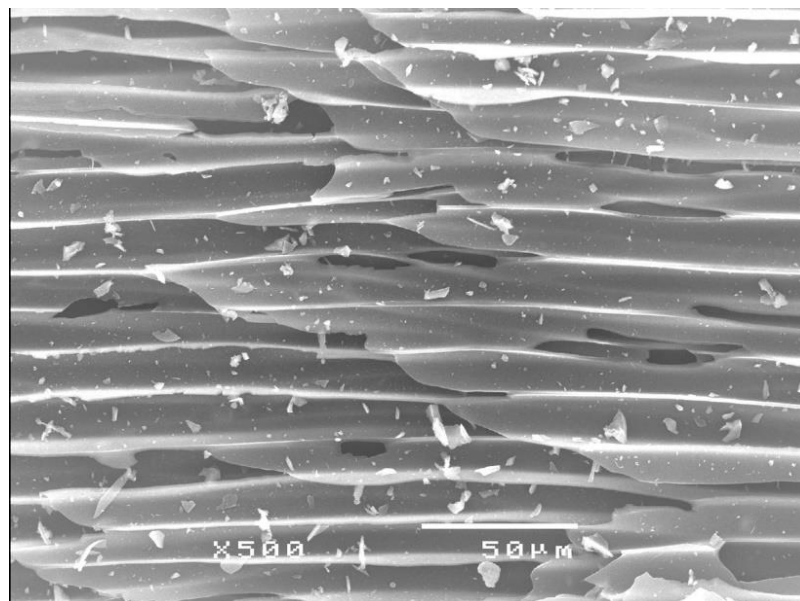
ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพ ด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy (SEM) ให้ผลดังภาพที่ 33-36 จากภาพที่ 33-36 แสดงสภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 500 และ 600°C พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านนั้น มีผลต่อความเป็นรูพรุนและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพจะเห็นได้ว่าความกว้างของรูพรุนที่อุณหภูมิ 500°C จะอยู่ระหว่าง 10 - 30 ไมโครเมตร และที่อุณหภูมิ 600°C จะอยู่ระหว่าง 15- 35 ไมโครเมตร



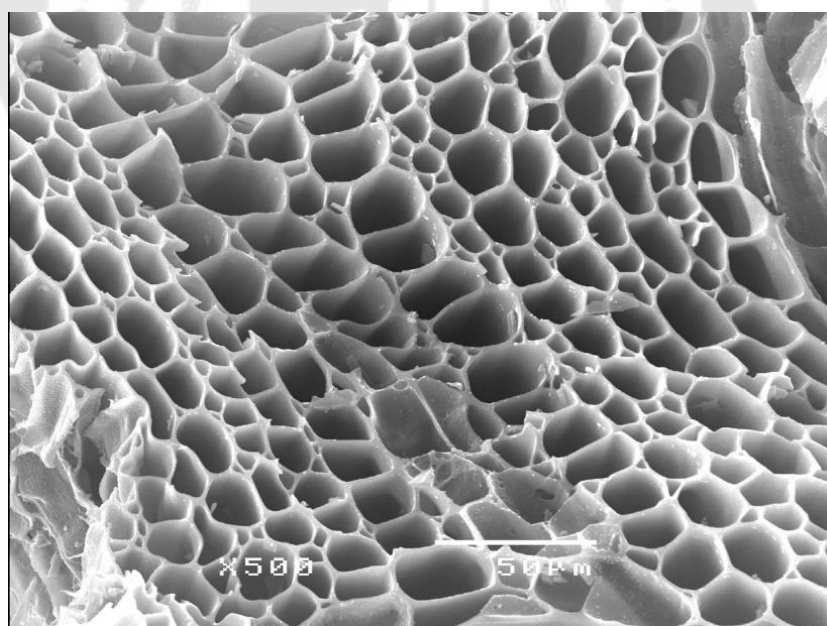
ภาพประกอบ 33 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ้ำนชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ  
500°C (Surface)



ภาพประกอบ 34 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ้ำนชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ  
500°C (Cross section)



ภาพประกอบ 35 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ  
600°C (Surface)

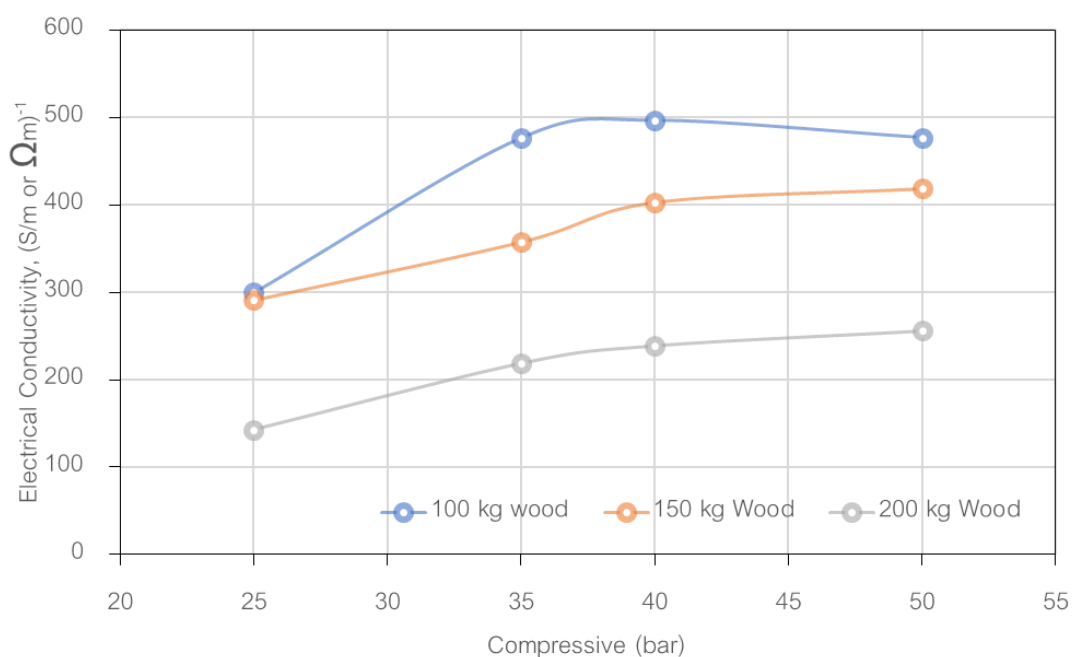


ภาพประกอบ 36 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพที่เผาด้วยอุณหภูมิ  
600°C (Cross section)

ผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของถ่านชีวภาพเมื่อใช้ปริมาณไม้เผาถ่านที่ 100 150 และ 200 kg ให้ผลดังภาพที่ 37 จากที่ 37 พบว่าปริมาณไม้ที่ใช้เผาถ่านที่ 100 kg มีค่าความต้านทานมากกว่าปริมาณไม้ที่ใช้เผาถ่านที่ 150 และ 200 kg ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ค่า pH ของถ่านชีวภาพให้ผลดังตารางที่ 10 จากตารางที่ 10 พบว่าถ่านชีวภาพมีค่า pH อยู่ระหว่าง 9.74 ถึง 10.43 ซึ่งมีค่าความเป็นด่าง

ตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า pH ของถ่าน

น้ำหนักไม้เผาถ่าน (kg)	pH
102.26	9.74
152.95	10.43
195.36	9.84



ภาพประกอบ 37 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของถ่าน

### ผลของอุณหภูมิในการเผาถ่านต่อสมบัติบางประการของน้ำส้มควันไม้

จากตารางที่ 11 พบว่า เมื่อใช้ปริมาณไม้เท่ากับ 102.26 152.95 และ 195.36 กิโลกรัม สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ดิบได้ 43.43 59.67 และ 74.33 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 42.47 39.01 และ 38.05 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาว่าน้ำส้มควันไม้ดิบที่ควบแน่นได้จากกระบวนการเผาถ่านพบว่า เมื่อปริมาณไม้เผาถ่านเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตของน้ำส้มควันไม้ดิบมีแนวโน้มลดลงเนื่องจาก อัตราการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ถังควบแน่นคงที่ ทำให้แก๊สควบแน่นได้ไม่ทันส่งผลให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ลดลง เมื่อนำไปวิเคราะห์หาค่า pH พบว่าอยู่ในช่วง 2.8-2.9 และค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 1.014-1.025 ซึ่งผ่านค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ มพช. 659/2553

ตาราง 11 แสดงปริมาณและคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน

ปริมาณของไม้เผาถ่าน (kg)	ปริมาณน้ำส้มควันไม้ดิบ (kg)	ค่าความเป็นกรด	ค่าความถ่วงจำเพาะ
102.26	43.43	2.8	1.020
152.95	59.67	2.9	1.025
195.36	74.33	2.9	1.014

สารระเหยที่ได้จากกระบวนการผลิตถ่านซึ่งอยู่ในรูปของแก๊ส สามารถแยกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ สารระเหยที่สามารถควบแน่นได้และที่ไม่สามารถควบแน่นได้ ซึ่งสารระเหยที่สามารถควบแน่นได้ถูกควบแน่นออกมาเป็นน้ำส้มควันไม้ดิบ ในขณะที่แก๊สอีกส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถควบแน่นได้ ซึ่งมีปริมาณ 31.19 53.46 และ 69.00 kg ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละของแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ที่ 30.5 34.95 และ 35.32 ตามลำดับ ซึ่งการเผาถ่านทั่วไปแก๊สในส่วนนี้มักจะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นบางส่วนสามารถติดไฟได้ในการทดลองนี้จึงนำแก๊สดังกล่าวมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อเป็นแหล่งความร้อนให้กับเตาเผาถ่านและลดการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

ตาราง 12 แสดงปริมาณแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน

ปริมาณของไม้เผาถ่าน (kg)	ปริมาณแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ (kg)	ร้อยละแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ (%)
102.26	31.19	30.50
152.95	53.46	34.95
195.36	69.00	35.32

#### 4.5 ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ถ่านชีวภาพที่ได้จากเศษไม้ยางพาราและไม้สะเดา

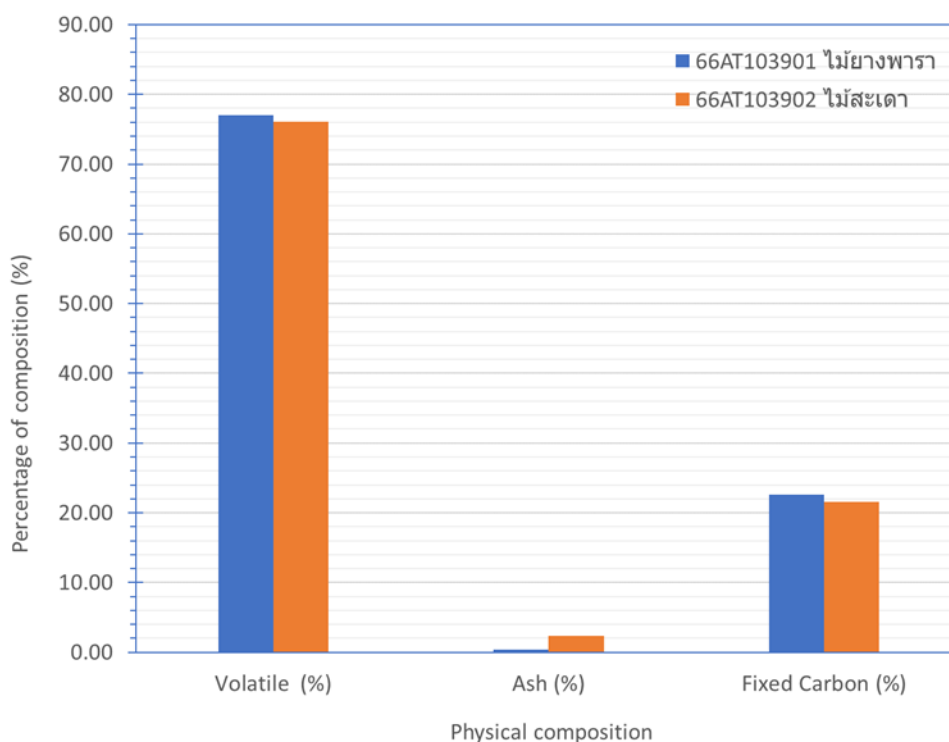
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาล์ทไม้แสดงดังตารางในที่ 13 จากตารางที่ 13 พบว่าองค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 26.21% สารระเหย 56.13% คาร์บอนคงตัว 15.93% และเถ้า 1.73% ผลการวิเคราะห์หาธาตุเคมี (Ultimate Analysis) พบว่ามีปริมาณธาตุคาร์บอน ธาตุไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 36.53% 6.86% และ 54.57% ตามลำดับ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) มีค่า 12,678 kJ/kg และค่าความร้อนสูง (HHV) มีค่า 14,238 kJ/kg

ผลการทดลองศึกษาชนิดของไม้ทั้งสองชนิด ได้แก่ เศษไม้ยางพาราและไม้สะเดาพบว่าเมื่อใส่ไม้ร้อยละ 100 โดยปริมาตรซึ่งไม้ชนิดแรกเป็นเศษไม้ยางพาราสามารถบรรจุได้ 200.53 กิโลกรัม และไม้ชนิดที่ 2 คือไม้สะเดาสามารถบรรจุได้ 138.5 กิโลกรัม ซึ่งให้ผลผลิตถ่านชีวภาพร้อยละ 22.99 และ 22.17 ตามลำดับ ได้น้ำส้มควันไม้ดิบร้อยละ 40.10 และ 50.17 ตามลำดับ

ตาราง 13 แสดงผลการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate Analysis) และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) ของเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดา

Proximate Analysis (wet base, wt.%)	เศษไม้ยางพารา	กิ่งไม้สะเดา
Moisture	10.45	26.21
Volatile matter	68.93	56.13
Fixed Carbon	20.21	15.93
Ash	0.35	1.73
Ultimate Analysis (dry base, wt.%)		
Carbon (C)	45.67	36.52
Hydrogen (H)	4.68	6.86
Nitrogen (N)	0.01	0.19
Sulfur (S)	0.05	0.13
Chloride (Cl)	0.05	0.15
Oxygen (O)	49.25	54.57
Thermal analysis by calculation method (dry base, wt.%)		
High Heating value (HHV) (kJ/kg)	17,962	14,238
Lower Heating value (LHV) (kJ/kg)	16,887	12,678

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate analysis) ของวัตถุดิบตามสภาพที่ได้มาพบว่าเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดามีความชื้นที่ร้อยละ 10.45 และ 26.21 ตามลำดับ ซึ่งวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงมักส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำส้มควันไม้ดิบที่เก็บรวบรวมได้ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ปริมาณถ่านมักจะพิจารณาจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate analysis) ของวัตถุดิบแห้ง จากการวิเคราะห์พบว่าคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) ของเศษไม้ยางพาราแห้งมีค่าร้อยละ 22.63 ซึ่งมีค่ามากกว่าของกิ่งไม้สะเดาเล็กน้อย โดยของกิ่งไม้สะเดาแห้งมีค่า ร้อยละ 21.59 ดังนั้นกระบวนการเผาถ่านจะให้ร้อยละของถ่านมากกว่าผลรวมของคาร์บอนคงตัว (fixed carbon) และเถ้า (ash) แบบแห้ง โดยร้อยละของถ่านที่มากกว่าเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของการไล่สารละลายออกจากถ่าน



ภาพประกอบ 38 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate analysis) ของวัตถุดิบ  
เศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาแห้ง

ผลผลิตจากการเผาถ่านเศษไม้ยางพาราเทียบกับกิ่งไม้สะเดาเมื่อแหล่งความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 1200 °C และใช้เวลาในการเผาถ่าน 4 ชั่วโมง พบว่าปริมาณถ่านชีวภาพที่ได้มีค่า 46.1 kg และ 30.37 kg ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 22.99 และ 20.68 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 14 เนื่องจากวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดมีความชื้นไม่เท่ากันดังนั้นมวลวัตถุดิบแห้งของเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดามีค่า 179.1 kg และ 102.27 kg ตามลำดับ และเพื่อพิจารณาจากปริมาณถ่านที่ผลิตได้พบว่าคิดเป็นร้อยละ 25.74 และ 28.03 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 15 และพบว่าปริมาณน้ำส้มควันไม้ดิบที่ได้มีค่า 80.57 kg และ 74.55 kg ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 40.10 และ 50.17 ตามลำดับดังแสดงในตาราง 14 เนื่องจากวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดมีความชื้นไม่เท่ากันดังนั้นร้อยละของน้ำส้มควันไม้ดิบของวัตถุดิบที่ชื้นกว่าจึงมีค่ามากกว่าดังแสดงในตาราง 14



ตาราง 14 ปริมาณและร้อยละของถ่านชีวภาพและและน้ำส้มควันไม้ดิบจากการเผาถ่านเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาเมื่อแหล่งความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 1,200 °C และเวลา 4 ชั่วโมง

ชนิดไม้	ปริมาณไม้เผาถ่าน (kg)	ปริมาณถ่าน (kg)	ปริมาณน้ำส้มควันไม้ดิบ (kg)	ร้อยละของถ่าน	ร้อยละของน้ำส้มควันไม้ดิบ
เศษไม้ยางพารา	200.53	46.10	80.57	22.99	40.10
กิ่งไม้สะเดา	148.59	30.73	74.55	20.68	50.17

ตาราง 15 ปริมาณและร้อยละของถ่านชีวภาพและและน้ำส้มควันไม้ดิบจากการเผาถ่านเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาเมื่อแหล่งความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 1,200 °C และเวลา 4 ชั่วโมง

ชนิดไม้	ปริมาณไม้เผาถ่าน (kg)	ปริมาณไม้เผาถ่านแห้ง (kg)	ปริมาณถ่าน (kg)	ร้อยละของถ่านเมื่อเทียบกับไม้แห้ง
เศษไม้ยางพารา	200.53	179.1	46.10	25.74
กิ่งไม้สะเดา	148.59	109.64	30.73	28.03

เมื่อนำถ่านชีวภาพที่ได้ไปวิเคราะห์หองค์ประกอบโดยประมาณและค่าความร้อนพบว่า ถ่านชีวภาพจากมีค่าความร้อนจากเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดามีคาร์บอนคงตัวที่ร้อยละ 83.24 และ 72.99 และมีค่าความร้อนทางต่ำที่ 30.22 MJ/kg และ 26.81 MJ/kg ตามลำดับ โดยที่เศษไม้ยางพาราให้คุณสมบัติความเป็นถ่านหุงต้มได้ดีกว่าถ่านกิ่งไม้สะเดา โดยพิจารณาจากค่าความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 6,000 kcal/kg (25.1 MJ/kg) เถ้า (ash) ต้องไม่เกินร้อยละ 8 และสารระเหยต้องไม่เกินร้อยละ 25 ซึ่งกิ่งไม้สะเดามีสมบัติบางประการที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 657/2547 ซึ่งก็คือปริมาณเถ้าซึ่งถ่านกิ่งไม้สะเดามีเถ้าสูงถึงร้อยละ 9.26

นอกเหนือจากการพิจารณาสมบัติถ่านชีวภาพเป็นถ่านหุงต้มแล้วยังสามารถพิจารณาเทียบกับมาตรฐานถ่านบั้งยี่ง่าได้ด้วย ซึ่งถ่านบั้งยี่ง่าต้องมีค่าความชื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 8 ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 7,000 kcal/kg (29.29 MJ/kg) เถ้า (ash) ต้องไม่เกินร้อยละ 3 และสารระเหยต้องไม่เกินร้อยละ 8 ซึ่งถ่านจากเศษไม้ยางพาราให้สมบัติใกล้เคียงที่สุดโดยมีสมบัติบาง

ประการที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 658/2547 ซึ่งก็คือปริมาณเถ้าซึ่งถ่านเศษไม้ยางพารา มีเถ้าสูงถึงร้อยละ 3.3 ในขณะที่ถ่านจากกิ่งไม้สะเดาสมบัติไม่ผ่านมาตรฐานถ่านปิ้งย่าง

ตาราง 16 ปริมาณถ่านและองค์ประกอบโดยประมาณของถ่านชีวภาพจากเศษไม้ยางพาราและไม้สะเดา (As received basis)

ชนิดไม้	ปริมาณไม้ เผาถ่าน (kg)	ถ่าน (kg)	ความชื้น (%)	คาร์บอน คงตัว (%)	ซีเถ้า (%)	สาร ระเหย (%)	ค่าความ ร้อนทางต่ำ (MJ/kg)
เศษไม้ ยางพารา	200.53	46.10	6.28	83.24	3.23	7.25	30.22
ไม้สะเดา	148.59	30.73	8.15	72.99	9.26	9.60	26.81

ตาราง 17 ปริมาณถ่านและองค์ประกอบธาตุของถ่านชีวภาพจากเศษไม้ยางพาราและไม้สะเดา (As received basis)

ชนิดไม้	ปริมาณไม้ เผาถ่าน (kg)	ถ่าน (kg)	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
เศษไม้ ยางพารา	200.53	46.10	85.06	0.83	0.01	0.10	10.77
ไม้สะเดา	148.59	32.73	77.92	0.75	0.31	0.15	11.61

ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาเมื่อนำไปใช้ในกระบวนการปรับปรุงดินมักจะพิจารณาจากค่าความเป็นกรด-ด่างของถ่านชีวภาพ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าถ่านชีวภาพจากเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดามีค่า 10.12 และ 10.03 ตามลำดับ ซึ่งมีสภาพเป็นด่างโดยสามารถนำไปให้ปรับปรุงสภาพดินเปรี้ยวได้ โดยทำให้ดินมีความเป็นกลางมากขึ้น มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยนางสาวบรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิและนางสาวรติกร ณ ลำปาง (รติกร ณ ลำปาง, 2559) พบว่า การใส่ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวที่ 2 ต้นต่อไร่ ช่วยให้ผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนในฤดูการปลูกที่ 1 เพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 7.5 และฤดูการปลูกที่สอง

เพิ่มขึ้นร้อยละ 13.3 นอกจากถ่านชีวภาพที่มีความเป็นต่างแล้วยังมีคาร์บอนสูงจึงช่วยกักกับคาร์บอนไว้ในดินอีกทั้งโครงสร้างของคาร์บอนมีรูพรุนสูงซึ่งพิจารณาจากค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านชีวภาพ โดยจากผลการทดลองพบว่าค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านชีวภาพของเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดามีค่า 253.36 mg/g และ 207.66 mg/g ตามลำดับ ซึ่งเป็นถ่านที่มีสมบัติผ่านมาตรฐานถ่านดูดกลิ่นที่กำหนดค่าไอโอดีนต้องไม่น้อยกว่า 150 mg/g (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านดูดกลิ่น มผช. 180/2553) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านปรับปรุงดินและเป็นถ่านดูดกลิ่น

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดต่างและค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านชีวภาพของเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดา

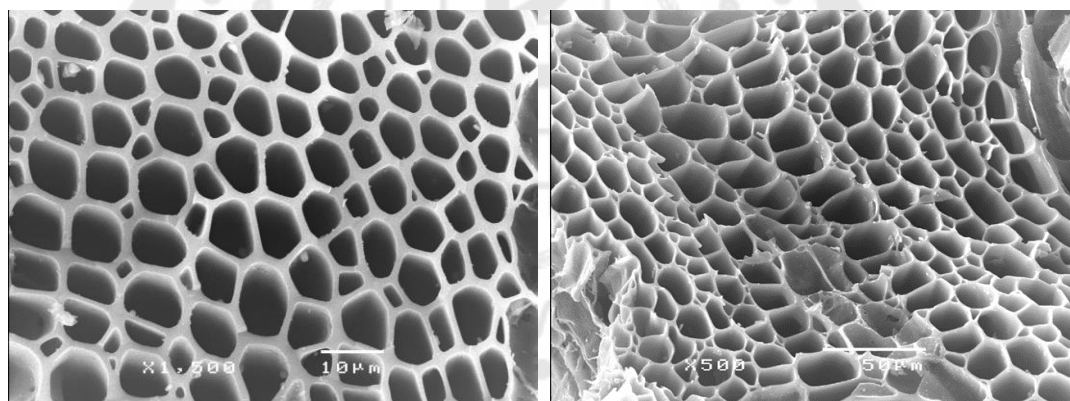
ชนิดไม้	น้ำหนักไม้ (kg)	ถ่าน (kg)	ร้อยละของถ่านชีวภาพ (%)	pH	ค่าไอโอดีน (mg/g)
เศษไม้ยางพารา	200.53	46.10	22.99	10.12	253.36
ไม้สะเดา	128.59	30.73	23.89	10.03	207.66

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดาเมื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดต่างให้ผลดังตารางที่ 19 จากตารางที่ 19 พบว่าน้ำส้มควันไม้จากเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดามีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 2.9 และ 3.6 ตามลำดับและวิเคราะห์หาค่าความถ่วงจำเพาะพบว่ามีค่า 1.014 และ 1.010 ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ผ่านการวิเคราะห์ข้างต้นนำมาเทียบกับเกณฑ์ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช. 659/2553 พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเศษไม้ยางพาราผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช. 659/2553 ส่วนน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกิ่งไม้สะเดาไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช. 659/2553 เนื่องจากค่าความเป็นกรดมีค่ามากกว่า 3.0 สืบเนื่องมาจากความชื้นเริ่มต้นของกิ่งไม้สะเดามีค่าสูงจึงส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดและความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้

ชนิดไม้	น้ำหนัก	ปริมาณน้ำส้ม	ร้อยละของน้ำส้ม	ค่าความ	ค่าความ
	ไม้ (kg)	ควันไม้ดิบ (kg)	ควันไม้ดิบ (%)	เป็นกรด	ถ่วงจำเพาะ
เศษไม้ยางพารา	200.53	80.42	40.10	2.9	1.014
ไม้สะเดา	128.59	74.55	57.98	3.6	1.010

ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพของเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดา ด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy (SEM) ให้ผลดังภาพที่ 39-40 จากภาพที่ 39-40 แสดงสภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพเมื่อใช้แหล่งความร้อน 1,200°C เผาที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าความกว้างของรูพรุนของกิ่งไม้สะเดา จะอยู่ระหว่าง 2-10 ไมโครเมตร และเมื่อเทียบกับเศษไม้ยางพาราจะมีความกว้างของรูพรุนระหว่าง 10 - 30 ไมโครเมตร



(ก)

(ข)

ภาพประกอบ 39 สภาพพื้นผิวและลักษณะสัณฐานวิทยาของถ่านชีวภาพ (ก) ไม้สะเดา

(ข) เศษไม้ยางพารา (Cross-section)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในถ่านชีวภาพดังตารางที่ 20 จากตารางที่ 20 แสดงธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมของถ่านชีวภาพของไม้สะเดาและเศษไม้ยางพารา พบว่าถ่านชีวภาพจากกิ่งไม้สะเดามีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองมากกว่าถ่านชีวภาพที่ได้จากเศษไม้ยางพารา บ่งบอกได้ว่าถ่านชีวภาพจากกิ่งไม้สะเดาเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการเกษตรมากกว่าถ่านชีวภาพที่ได้จากเศษไม้ยางพารา และเมื่อเปรียบเทียบธาตุ

อาหารหลักของกิ่งไม้สะเดาจากการทดลองกับผลการทดลองการไฟโรไลซิสฟางข้าว (Singh, Singh, Singh, Rai, & Kumar, 2016) และผลการทดลองการไฟโรไลซิสผักตบชวา (Huang et al., 2021) พบว่าธาตุอาหารหลักของถ่านชีวภาพจากกิ่งไม้สะเดามีค่ามากกว่าถ่านชีวภาพจากฟางข้าวแต่มีค่าน้อยกว่าถ่านชีวภาพจากผักตบชวา เมื่อพิจารณาธาตุอาหารรองพบว่าถ่านชีวภาพจากผักตบชวามีธาตุอาหารรองสูงสุด โดยมีแคลเซียม (Ca) 2.3-25% แมกนีเซียม (Mg) 0.5-0.8% ซัลเฟอร์ (S) 0-0.2% ส่วนซิลิกอน (Si) ซึ่งเป็นธาตุอาหารเสริมพบว่ามีปริมาณสูงในถ่านชีวภาพที่ได้จากฟางข้าวโดยมีค่า 12.57%

ตาราง 20 ปริมาณธาตุอาหารในถ่านชีวภาพของไม้สะเดาและเศษไม้ยางพารา

ชนิดของ ชีวมวล	ปริมาณธาตุอาหาร หลัก (Weight%)			ปริมาณธาตุอาหารรอง (Weight%)			ปริมาณธาตุอาหารเสริม (Weight%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Al	Si	Mn	Fe	Na
เศษไม้ ยางพารา	NA	NA	1.91	0.73	NA	NA	0.36	NA	NA	NA	NA	0.48
กิ่งไม้สะเดา	NA	0.94	4.62	1.90	0.55	NA	1.90	NA	NA	NA	NA	NA
ฟางข้าว*	NA	NA	0.80	0.54	0.22	NA	NA	NA	12.57	NA	0.50	NA
ผักตบชวา**	NA	0.4 - 2.6	0.7 - 15	2.3 - 25	0.5 - 0.8	0 - 0.2	0.2 - 15	NA	0 - 0.4	NA	NA	0 - 1.4

\*ที่มา : (Singh et al., 2016)

\*\*ที่มา : (Huang et al., 2021)

#### 4.6 ผลวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในตารางที่ 21 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งใช้ไม้เผาถ่านที่ 100 150 และ 200 กิโลกรัม มาใช้ในการคำนวณหารายรับ รายจ่าย โดยรายจ่ายประกอบด้วยค่าไฟฟ้า หน่วยละ 4.4217 บาทต่อหน่วย โดยใช้ไฟฟ้าสำหรับพัดลมปรับอากาศขนาด 0.75 KW. และพัดลมดูดอากาศขนาด 0.75 KW. ค่าน้ำหน่วยละ 10.2 บาทต่อหน่วย โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเท่ากับ 1.4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และไม้สำหรับเผาถ่านกิโลกรัมละ 1 บาทซึ่งสำรวจเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2566 จากอุตสาหกรรมประกอบพาเลทไม้ อำเภอบ้านนา จังครนายก

เมื่อพิจารณารายรับจากการเผาถ่าน ซึ่งสามารถแบ่งรายรับจากการเผาถ่านเป็น ถ่านชีวภาพซึ่งสามารถขายได้กิโลกรัมละ 20 บาท (ราคาซื้อคืนเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2566) และน้ำส้มควันไม้สามารถขายได้กิโลกรัมละ 60 บาท (ราคาซื้อคืนเมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2566) เมื่อนำรายรับหักรายจ่ายและพบว่าได้กำไรจากการเผาถ่านที่ 195.36 กิโลกรัม สามารถทำกำไรได้มากที่สุด เท่ากับ 5,229 บาท ซึ่งเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ใช้เงินลงทุนในการสร้างเตา 181,847 บาท ส่งผลทำให้เตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตรสามารถเผาคืนทุนได้ในครั้งที่ 35

ตาราง 21 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

รายการ	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
	102.26 kg.	152.95 kg.	195.36 kg.
รายจ่าย (บาท)			
ค่าไฟฟ้า	18.24	20.89	23.75
ค่าน้ำประปา	39.4	45.1	51.31
ค่าไม้เผาถ่าน	103	153	196
รายรับ (บาท)			
ถ่านชีวภาพ	552.8	796.4	1,040.6
น้ำส้มควันไม้	2,605.8	3,580.1	4,459.6
กำไร (บาท)	2,998	4,158	5,229

ตาราง 22 แสดงราคาต้นทุนสำหรับการสร้างชุดเตาเผาถ่าน

ลำดับ	รายการ	ราคารวม (บาท)
1	เตาเผาถ่าน	46,000.00
2	พัดลมดูด	25,000.00
3	พัดลมเป่า	6,000.00
4	ชุดวัดอุณหภูมิ	10,000.00
5	ฉนวนความร้อน 2 ก้อน (1600*2)	3,200.00
6	ปูนทนไฟ	7,500.00
7	เหล็กแผ่น 3 mm. จำนวน 6 แผ่น	12,000.00

ตาราง 22 (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	ราคารวม (บาท)
8	เหล็กหนามเตย	1,000.00
9	ครอบเตาเผาถ่าน (สแตนเลส 2 mm.)	6,000.00
10	เหล็กฉาก 2" 2 เส้น	1,434.00
11	ท่อคอนเดนเซอร์ 1.5 เมตร * 33 ท่อ รวม 49.5 เมตร	49,500.00
12	ท่อ 4" หนา หนา 3.2 mm.	2,442.00
13	ท่อ 6" หนา 3.2 mm.	3,286.00
14	ท่อประปา 1" 2 เส้น	778.00
15	วาล์ว 1" 9 ตัว	2,880.00
16	ล้อย 3" 8 ล้อย	1,072.00
17	ล้อย 4" 4 ล้อย	664.00
18	เหล็กกล่อง 1.5" 2 เส้น	1,832.00
19	ท่อดำ 2" 32 mm.	1,259.00
	รวม	181,847.00

ตาราง 23 เปรียบเทียบระยะเวลาความคุ้มค่า

ปริมาณไม้ (kg)	รายรับ (บาท)	รายจ่าย (บาท)	กำไร (บาท)	จำนวนครั้งในการเผาเพื่อคืนทุน (ครั้ง)
102.26	3,159	161	2,998	61
152.95	4,377	219	4,158	44
195.36	5,500	271	5,229	35

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเศษไม้ พบว่าองค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) พบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 13.42% สารระเหย 63.61% คาร์บอนคงตัว 22.08% และเถ้า 0.89% ผลการวิเคราะห์หาธาตุเคมี (Ultimate Analysis) พบว่ามีปริมาณธาตุคาร์บอน ธาตุไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 45.62 6.73 และ 42.36% ตามลำดับ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) มีค่า 15,887 kJ/kg และค่าความร้อนสูง (HHV) มีค่า 15,887 kJ/kg

ถ่านไม้ที่ผลิตได้มีปริมาณมากขึ้นตามปริมาณไม้ที่บรรจุในเตาเผาถ่าน โดยเศษไม้ ยางพาราสามารถบรรจุจนเต็มเตาเผาถ่านปริมาตร 600 ลิตร ได้น้ำหนัก 195.36 kg ได้ผลิตภัณฑ์ ถ่านไม้ที่ 52.03 kg คิดเป็นสัดส่วน 26.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิสูงสุดของแหล่งความร้อนมีค่า 1203.5 °C ใช้ไม้เชื้อเพลิงคิดเป็นร้อยละ 26.5 อุณหภูมิในเตาเผาถ่านสูงสุดเฉลี่ย 1 ชั่วโมงที่ 557.7 °C ถ่านไม้ที่ผลิตได้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านหุงต้ม (มผช. 657/2547) โดยมีค่าความร้อนภายในช่วง 27.5-28.3 MJ/kg ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 6,000 แคลอรีต่อกรัม (25.1 MJ/kg) ขณะที่ความชื้น เถ้า และสารระเหยไม่เกินร้อยละ 10, 8 และ 25 ตามลำดับ เนื่องจากถ่านไม้ที่ได้มีเถ้าสูงถึงร้อยละ 5.32 จึงทำให้ถ่านที่ผลิตได้ไม่ผ่านเกณฑ์ มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านบั้งย่าง (มผช.658/2547) เมื่อพิจารณามูลค่าถ่านไม้ โดยสมมติว่าถ่านไม้มีราคา 15-20 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการเผาถ่าน 1 ครั้ง สามารถขายถ่านได้ 552.8-1040.6 บาท โดยมีต้นทุนไม้เผาถ่านและไม้ฟืนที่ 247 บาท เมื่อคิดราคาเศษไม้ที่ 1 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาในด้านพลังงานพบว่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากไม้เป็นถ่านมีค่า ร้อยละ 48 สภาพพื้นผิวและลักษณะสีฐานวิทยาของถ่านชีวภาพ พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ถ่านนั้น มีผลต่อความเป็นรูพรุนและลักษณะสีฐานวิทยาของถ่านชีวภาพจะเห็นได้ว่าความยาว ของรูพรุนที่อุณหภูมิ 500°C จะอยู่ระหว่าง 12- 25 ไมโครเมตร และที่อุณหภูมิ 600°C จะอยู่ ระหว่าง 15- 33 ไมโครเมตร ผลการวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนัมเบอร์ของถ่านชีวภาพ พบว่าเมื่อ ปริมาณไม้เผาถ่านที่ 100 150 และ 200 kg ค่าไอโอดีนัมเบอร์มีค่าเท่ากับ 258.5747 261.2626 และ 286.5134 mg/g ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการกักเก็บและตรึงแร่ธาตุอาหาร ในดิน



สารระเหยจากเตาเผาถ่านไผ่ผ่านเครื่องควบแน่น สารที่ควบแน่นได้คือน้ำส้มควันไม้ดิบ โดยมีค่าสูงสุดที่ 74.33 kg และเมื่อพิจารณาตามกฎอนุรักษ์มวลพบว่า มีแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้จำนวน 69 kg น้ำส้มควันไม้ดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน และนำไปวิเคราะห์พบว่า มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.0 ถึง 3.0 มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.010 ถึง 1.025 ซึ่งน้ำส้มควันไม้นี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ชุมชนต้องการนำไปใช้งานด้านการเกษตร ส่วนแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้นำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงร่วมในห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อเป็นแหล่งความร้อนสำหรับเตาเผาถ่านและมีการเผาทิ้งบางส่วนเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามหากสามารถนำแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้จากเตาเผาถ่านไปใช้ประโยชน์อื่นเช่นเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจะช่วยให้มีความคุ้มค่าในการดำเนินการมากขึ้น ดังนั้นการนำเศษไม้มาแปรสภาพเป็นถ่านและมีผลพลอยได้เป็นน้ำส้มควันไม้ด้วยเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่พัฒนาขึ้นนอกจากจะช่วยลดการเผาทำลายเศษไม้และลดการปล่อยมลพิษแล้วยังสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงและมีความคุ้มค่าในการดำเนินการของชุมชน

การปลดปล่อยแก๊สมลพิษที่ปล่อยจากเตาเผาถ่านพบว่าตลอดช่วงการเผาถ่านพบว่าปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์มีค่าสูงสุด 134 ppm และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าเท่ากับ 99 ppm ซึ่งผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานการปลดปล่อยแก๊สมลพิษจากปล่องไอเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

### อภิปรายผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นการทดสอบสมรรถนะของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่ใช้เชื้อเพลิงจากเศษไม้ยางพาราและกิ่งไม้สะเดา โดยทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้เพื่อให้มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยเตาเผาถ่านจะใช้ความร้อนจากเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่ใช้เศษไม้ที่ได้จากกระบวนการผลิตพาเลทไม้เป็นเชื้อเพลิง โดยทดลองเผาถ่านเมื่อปริมาตรไม้ในเตาเผาถ่านต่างกัน 3 ระดับคือร้อยละ 50 75 และ 100 เมื่อเทียบกับปริมาตรของเตาเผาถ่าน จากการทดลองเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สามารถผลิตแก๊สร้อนอุณหภูมิได้สูงสุด 1,203.5°C ซึ่งแหล่งความร้อนที่อุณหภูมิสูงมีส่วนช่วยให้การถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเตาเผาถ่านเข้าสู่ภายในได้ดีจึงส่งผลระยะเวลาในการเผาถ่านลงได้สอดคล้องกับการทดลองของ (Lin, 2006) ที่ใช้ชุดเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เป็นแหล่งความร้อนสำหรับป้อนให้กับเตาเผาถ่านแบบดั้งเดิมทำให้อุณหภูมิเตาเผาถ่านเดิมใช้ระยะเวลา 7 วัน เหลือเพียง 4 ชั่วโมง จากการออกแบบและสร้างเตาเผาถ่านให้มีครีบบเพื่อ

เพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนจากผิวเปลือยขนาด 2.93 ตารางเมตร เป็นพื้นที่ผิวร่วมกับพื้นที่ครีปเท่ากับ 8.13 ตารางเมตร โดยมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นร้อยละ 177 จึงส่งผลให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในเตาเผาถ่านได้ดีขึ้น จึงช่วยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการได้ในเวลาไม่เกิน 4 ชั่วโมง และมีอุณหภูมิสูงสุดที่  $643^{\circ}\text{C}$  ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ (ธนัญชัย, 2016) ได้ติดครีปนำความร้อนของเตาเผาถ่านสามารถสร้างอุณหภูมิภายในเตาถ่านสูงถึง  $689.6^{\circ}\text{C}$

ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร เมื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพแล้วพบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านหุงต้ม (มผช.657/2547) มาตรฐานถ่านดูดกลิ่น(มผช.180/2563) และหากพิจารณามาตรฐานถ่านบั้งย่าง (มผช.658/2547) พบว่ามีเพียงส่วนของถ่านที่ไม่ผ่านเกณฑ์เนื่องจากเศษไม้มีเถ้าสูงถึงร้อยละ 0.89 จึงส่งผลทำให้ถ่านชีวภาพมีค่าที่สูงถึงร้อยละ 5.21-5.68 ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานถ่านบั้งย่างที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 3 ถ่านชีวภาพมีความกว้างของรูพรุนอยู่ระหว่าง 12- 25 ไมโครเมตร เมื่อเผาที่อุณหภูมิ  $500^{\circ}\text{C}$  และมีขนาดระหว่าง 15- 33 ไมโครเมตรที่อุณหภูมิ  $600^{\circ}\text{C}$  ซึ่งรูพรุนนี้แสดงให้เห็นว่าถ่านชีวภาพจากเศษไม้มีความสามารถในการดูดซับ และการควบคุมการปล่อยแร่ธาตุรวมถึงน้ำในดินได้ดี ผลการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนัมเบอร์แสดงให้เห็นว่าถ่านชีวภาพมีความสามารถในการกักเก็บและตรึงแร่ธาตุอาหารในดิน

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่าน มีค่าความเป็นกรดอยู่ในช่วง 2.8-2.9 และมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 1.014-1.025 โดยมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ (มผช. 659/2553)

มลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ซึ่งสามารถติดไฟได้ ถูกนำกลับมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ซึ่งส่งผลทำให้มลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศมีค่าต่ำสอดคล้องกับ (กำพล, 2562)

### ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มขนาดและอัตราการไหลของน้ำในถังควบแน่นให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ดิบได้มากขึ้น
2. เพื่อให้ถ่านผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านบั้งย่าง (มผช.658/2547) จึงควรเลือกชนิดไม้สำหรับผลิตถ่านเป็นไม้เนื้อแข็ง มีเถ้าน้อย เช่น ไม้กระถินดอย ไม้โกงกาง เป็นต้น
3. ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ปล่อยไอเสียเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (Heat Recovery Unit)

## บรรณานุกรม

- Chungsiriporn, J., Pongyeela, P., Kuntakapun, K., & Chairerk, N. (2020). Application of Wood Vinegar for Antifungal Growth on Natural Rubber Sheet. *King Mongkut's Agricultural Journal*.
- Ezzeghni, U. (2016). Deign of Natural Gas Dehydration Unit. *ResearchGate*.
- Huang, H., Reddy, N. G., Huang, X., Chen, P., Wang, P., Zhang, Y., . . . Garg, A. (2021). Effects of pyrolysis temperature, feedstock type and compaction on water retention of biochar amended soil. *Scientific reports*, 11(1), 7419-7419.
- Lin, J.-C. M. (2006). Development of a high yield and low cycle time biomass char production system. *Fuel Processing Technology*, 87(6), 487-495.
- Mahanta, A. B. P. (2013). DESIGN AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF FURNACE FOR THE PRODUCTION OF BAMBOO CHARCOAL *International Journal of Mechanical and Industrial Engineering (IJMIE)*, 6.
- Sangsuk, S., Suebsiri, S., & Puakhom, P. (2018). The metal kiln with heat distribution pipes for high quality charcoal and wood vinegar production. *Energy for Sustainable Development*, 47, 149-157.
- Singh, A., Singh, A. P., Singh, S. K., Rai, S., & Kumar, D. (2016). Impact of addition of Biochar along with PGPR on rice yield, availability of nutrients and their uptake in alluvial soil. *Journal of pure & applied microbiology : an international research journal of microbiology*, 10(3), 2181.
- Team ACREST Michael Maenpaa, M. M., Andrew Musser, Wesley Wang (2011). ACREST MOBILE CHARCOAL KILN FINAL REPORT
- Tippayawong, N., Saengow, N., Chaiya, E., & Srisang, N. (2010). Production of charcoal from woods and bamboo in a small natural draft carbonizer. *International Journal of Energy and Environment*, 1.
- กรมป่าไม้, ก. ส. (2566). เอกสารเผยแพร่ของงานพัฒนาพลังงานจากไม้.  
[http://forprod.forest.go.th/forprod/woodfuel/document\\_sub01.html](http://forprod.forest.go.th/forprod/woodfuel/document_sub01.html)
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). ข้อมูลการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครนายก.

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและปลั๊กประสาน.
- กำพล, ถ. (2562). การศึกษาสมรรถนะและมลพิษของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรที่ทำงานร่วมกับแก๊สซิฟิเคชัน. ปริญญาานิพนธ์ (วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2562. <http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/568>
- โกศล, ก. (2566). ใบโอบฮาร์ (วัสดุหัตถ์ศจรรย) : การสังเคราะห์ พิสูจน์เอกลักษณ์ และศักยภาพการประยุกต์ใช้งาน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 25(1).
- ธนัญชัย, ส., ปริณ, ค., & อัศวินทร์, อ. . (2016). The Study of Fumeless Charcoal Retort with Rectangular Fin Installation for Thermal Efficiency and Energy Saving Optimization. *12th Conference on Energy Network of Thailand.*
- พิศิษฐ์ มณีโชติ, แ. (2558). การพัฒนาเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคแก๊สซิฟิเคชัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- มหาวิทยาลัยแม่โจ้, ส. (2563). ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ ในทางการเกษตร. [https://rae.mju.ac.th/wtms\\_index.aspx?&lang=th-TH](https://rae.mju.ac.th/wtms_index.aspx?&lang=th-TH)
- รติกร ณ ลำปาง, น. ช., บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ, ศิริกาญจน์ เกิดพร, รติกร ณ ลำปาง, นวลจันทร์ ชะบา, บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ, ศิริกาญจน์ เกิดพร. (2559). การศึกษาสมบัติของถ่านชีวภาพต่อสมบัติของดิน และผลผลิต พืชสมุนไพรขึ้นในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด. กรมพัฒนาที่ดิน.
- ศูนย์งานวิจัยภาคเหนือ. (2562). ไม้สะเดา.
- สถาบันพลาสติก. (2022). เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันเศษไม้.
- สมมาศ, แ. (2556). การทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลขนาด 20 kW. วิศวกรรมศาสตร์ มศว ปีที่ 8, ฉบับที่ 1 (ม.ค.- มิ.ย. 2556), หน้า 24-33.



ภาคผนวก

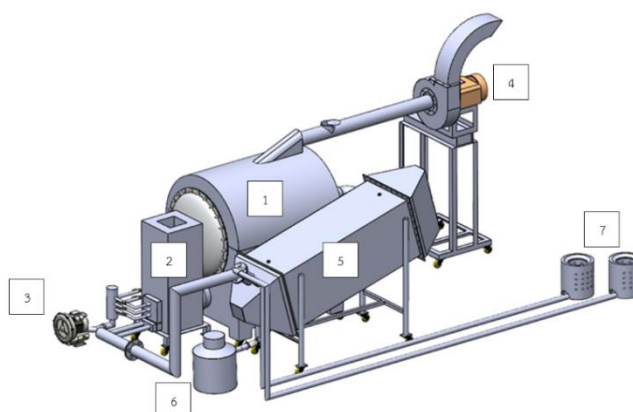


ภาคผนวก ก

คู่มือการทำงานของเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

## คู่มือเตาเผาถ่าน 600 ลิตร

### ส่วนประกอบเตาเผาถ่าน



1. เตาเผาถ่าน
2. ห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์
3. พัดลมบ่อนอากาศ
4. พัดลมดูดไอเสีย
5. ถังควบแน่น
6. ถังเก็บน้ำส้มควันไม้
7. เตาเผาชีวมวล

### ขั้นตอนการเผาถ่าน

1. บรรจุไม้เข้าเตาเผาถ่าน ปิดฝาเตา ประกอบห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ต่อเข้ากับฐานเตาเผาถ่าน



2. ใส่ไม้เชื้อเพลิงลงในห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ประมาณ 6 กิโลกรัม และจุดเตา



3. ช่วงแรกเป็นการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ไม้เชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ แล้วนำแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ไปเผาที่หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ เมื่อไม้เชื้อเพลิงในเตาลดลงให้เติมไม้เชื้อเพลิง (ไม้เชื้อเพลิงไม่ควรต่ำกว่าระดับตะแกรงหน้าเตา)
4. ความร้อนจากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้ความร้อนเตาเผาถ่าน เมื่อเตาเผาถ่านได้รับความร้อน จะเกิดสารระเหย แล้วสารระเหยจะไหลเข้าถังควบแน่น ส่วนที่ควบแน่นได้คือน้ำส้มควันไม้ดิบ และสารระเหยที่ควบแน่นไม่ได้สามารถติดไฟได้ แล้วนำกลับไปเผาพร้อมกับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ กรณีอุณหภูมิห้องเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์สูงเกิน 1,250 องศาเซลเซียส ให้ทำการลดการเติมไม้เชื้อเพลิงและเผาสารระเหยที่ควบแน่นไม่ได้ทิ้งที่เตาเผาชีวมวล
5. กระบวนการเผาถ่านจะเสร็จสิ้น เมื่อไม่มีน้ำส้มควันไม้ออกจากถังควบแน่นและไม่มีแก๊สกลับไปเผาพร้อมกับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์
6. เพื่อให้ถ่านบริสุทธิ์ ควรเติมไม้เชื้อเพลิงเผาต่อประมาณ 30 นาที
7. หลังจากนั้นทำการเก็บน้ำส้มควันไม้ที่ได้ แล้วปล่อยให้ตกตะกอน โดยนำน้ำส้มควันไม้ที่กลั่นได้ มาปล่อยให้ตกตะกอนประมาณ 45 วัน แล้วนำมากรองใช้





8. เมื่อเสร็จกระบวนการเผาถ่านปล่อยเตาเผาถ่านให้เย็น เพื่อเปิดเตาเก็บถ่านและเผาถ่านในครั้งต่อไป



### ข้อควรระวัง

1. ช่วงเริ่มจุดเตาไม่ควรใส่ไม้เชื้อเพลิงมาก เพื่อป้องกันการเกิดควัน และควรเปิดเฉพาะพัดลมดูดไอเสีย
2. ไม้เชื้อเพลิงควรแห้ง ความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์
3. เปิดน้ำในถังควบแน่นตลอดเวลา เพื่อไม่ให้น้ำร้อนเกินไปจะทำให้ควันควบแน่นไม่ได้ และป้องกันความเสียหายของถังควบแน่น
4. อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ไม่ควรเกิน 1,250 องศาเซลเซียส
5. ควรเช็คครอยรั่วต่างๆ ให้เรียบร้อยก่อนจุดเตา



ภาคผนวก ข  
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน



มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

THAI COMMUNITY PRODUCT STANDARD

มผช.๑๘๐/๒๕๖๓

ถ่านดูดกลิ่น

DEODORIZING CHARCOAL

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 97.195

ISBN 978-616-475-539-0

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน  
ถ่านดุดกลิ่น

มผช.๑๘๐/๒๕๖๓

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ ๖ กรุงเทพฯ ๑๐๕๐๐  
โทรศัพท์ ๐-๒๒๐๒-๓๓๓๓๔๕



ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
ฉบับที่ ๒๓๒๐ (พ.ศ. ๒๕๖๓)  
เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน  
ถ่านคุดกลิน

ตามที่ได้มีประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒๑๗๙ (พ.ศ. ๒๕๖๐) ลงวันที่ ๑๕ กันยายน ๒๕๖๐ เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านคุดกลิน และต่อมา คณะอนุกรรมการพิจารณามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คณะที่ ๑ มีมติในการประชุมครั้งที่ ๓๕-๑/๒๕๖๓ เมื่อวันที่ ๒๐ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ให้ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านคุดกลิน มาตรฐานเลขที่ มผช.๑๘๐/๒๕๖๐ และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านคุดกลิน ขึ้นใหม่

อาศัยอำนาจตามมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ ประกอบคำสั่งกระทรวงอุตสาหกรรม ที่ ๕๕/๒๕๕๑ ลงวันที่ ๑๑ เมษายน ๒๕๕๑ เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (กชช.) ของ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขานุการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จึงออกประกาศยกเลิกประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ ๒๑๗๙ (พ.ศ. ๒๕๖๐) ลงวันที่ ๑๕ กันยายน ๒๕๖๐ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านคุดกลิน มาตรฐานเลขที่ มผช.๑๘๐/๒๕๖๓ ขึ้นใหม่ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลบังคับใช้นับแต่วันที่ประกาศ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๙ เมษายน พ.ศ. ๒๕๖๓

วันชัย พนมชัย  
เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มผช.๑๘๐/๒๕๖๓

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านดุดกลิน

### ๑. ขอบข่าย

- ๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมถ่านดุดกลินที่มีถ่านเป็นส่วนประกอบหลัก บรรจุในภาชนะบรรจุ
- ๑.๒ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์สมุนไพรปรับกลิ่นอากาศที่ได้ประกาศเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้ว

### ๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ ถ่านดุดกลิน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำถ่านมาบดให้มีความละเอียดตามต้องการ อาจเติมสมุนไพรหรือส่วนผสมอื่นที่มีสมบัติในการดุดกลิน เช่น ชา สะเดา ตะไคร้หอม เปลือกไข่ อาจบรรจุในวัสดุหุ้มท่อหรืออัดเป็นรูปทรงต่างๆ อาจแต่งสี หรือได้จากการนำผลไม้ หรือส่วนต่างๆ ของพืช มาเผาหรืออบในที่อับอากาศจนกลายเป็นถ่าน โดยยังคงรูปทรงผลไม้หรือส่วนต่างๆ ของพืชไว้เช่นเดิม บรรจุในภาชนะบรรจุ
- ๒.๒ การเผาถ่านหรืออบถ่าน หรือที่เรียกว่า “กระบวนการคาร์บอนเซชัน (carbonization)” หมายถึง กระบวนการให้ความร้อนในสภาพอับอากาศหรือจำกัดอากาศ ทำให้ออกซิเจนมีน้อย ไม่สามารถลุกไหม้ได้จนถึงขั้นตอนสุดท้าย ทำให้ไม้ ผลไม้ หรือส่วนต่างๆ ของพืชเปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่านสีดำ

### ๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป
- ต้องแห้ง อาจเป็นชิ้น ท่อน เม็ด ผง ไม่มีสิ่งแปลกปลอมหรือรา กรณีรูปทรงตามธรรมชาติของวัสดุที่นำมาใช้ทำหรืออัดขึ้นรูป อาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย
- การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- ๓.๒ วัสดุหุ้มท่อที่ใช้ (ถ้ามี)
- ต้องเหมาะสม เรียบร้อย สามารถป้องกันไม่ให้ถ่านดุดกลินร่วงออกมา
- การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- ๓.๓ ความชื้น
- ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า
- ๓.๔ ค่าไอโอดีน
- ต้องไม่น้อยกว่า ๑๕๐
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AWWA B604 หรือวิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์มาตรฐานเลขที่ มอก.๙๐๐ หรือวิธีทดสอบอื่นที่เทียบเท่า

11พ.ช.๑๘๐/๒๕๖๓

#### ๔. การบรรจุ

- ๔.๑ ให้บรรจุถ่านดูดกลิ่นในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิท และสามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากภายนอกได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- ๔.๒ น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้นของถ่านดูดกลิ่นในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก การทดสอบให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสมหรือวิธีอื่น

#### ๕. เครื่องหมายและฉลาก

- ๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านดูดกลิ่นทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
- (๑) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตามชื่อ มผช.) หรือชื่อที่สื่อความหมายตาม มผช. เช่น ถ่านดูดกลิ่น ผลไม้เฝ้าดูดกลิ่น ถ่านผสมสมุนไพรดูดกลิ่น ถ่านไม้ไผ่ดูดกลิ่น
  - (๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ
  - (๓) ขนาดหรือมิติ (ถ้ามี) เป็นเซนติเมตรหรือนิ้ว
  - (๔) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัม หรือจำนวน เป็นชิ้น
  - (๕) เดือน ปี หรือ ปี เดือน ที่ทำ
  - (๖) วิธีใช้
  - (๗) ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น
- หมายเหตุ** (๑) ชื่อผลิตภัณฑ์และชื่อทางการค้าให้ขนาดตัวอักษรใหญ่กว่าข้อความอื่น
- (๒) ส่วนประกอบให้ใช้ภาษาไทย หรือภาษาไทยทับศัพท์ภาษาอังกฤษ หรือภาษาอังกฤษ

#### ๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านดูดกลิ่นที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน
- ๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
- ๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป วัสดุหุ้มห่อที่ใช้ (ถ้ามี) การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๓.๒ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านดูดกลิ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
  - ๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้นและค่าไอโอดีน ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๕ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๓ และข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าถ่านดูดกลิ่นรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

11พ.ย.๑๘๐/๒๕๖๓

๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างถ่านตุคกิ้นต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านตุคกิ้นรุ่นนั้น  
เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

---



มผช.๖๕๗/๒๕๕๗

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม

### ๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านที่ได้จากการเผาไม้ ใช้สำหรับหุงต้มอาหาร

### ๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ ถ่านไม้หุงต้ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไม้มาผ่านกระบวนการเผาจนกลายเป็นถ่าน เพื่อนำมาใช้ในการหุงต้มอาหาร
- ๒.๒ ค่าความร้อน (calorific value) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็น แคลอรี (แคลอรีต่อกรัม)
- ๒.๓ เถ้า (ash) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ ๗๐๐ องศาเซลเซียสถึง ๗๕๐ องศาเซลเซียส
- ๒.๔ สารระเหย (volatile matter) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้จากการเผาถ่านที่อุณหภูมิ ๗๕๐ องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา ๗ นาที

### ๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป  
ต้องมีสีน้ำตาลเข้ม ไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่
- ๓.๒ ความชื้น  
ต้องไม่เกินร้อยละ ๑๐ โดยน้ำหนัก
- ๓.๓ ค่าความร้อน  
ต้องไม่น้อยกว่า ๖ ๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม
- ๓.๔ เถ้า  
ต้องไม่เกินร้อยละ ๔ โดยน้ำหนัก
- ๓.๕ สารระเหย  
ต้องไม่เกินร้อยละ ๒๕ โดยน้ำหนัก

มผช.๖๕๗/๒๕๕๗

- ๓.๖ การใช้งาน  
เมื่อคิดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น มีควันได้เล็กน้อย

#### ๔. การบรรจุ

- ๔.๑ ให้บรรจุถ่านไม้หุงต้มในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านไม้หุงต้มได้  
๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านไม้หุงต้มในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

#### ๕. เครื่องหมายและฉลาก

- ๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านไม้หุงต้มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน  
(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ถ่านไม้หุงต้ม ถ่านไม้สำหรับหุงต้ม  
(๒) น้ำหนักสุทธิ  
(๓) เดือน ปีที่ทำ  
(๔) ชื่อแนะนำในการใช้และการเก็บรักษา  
(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

#### ๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านไม้หุงต้มที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน  
๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้  
๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด  
๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้น ค่าความร้อน เถ้า สารระเหย และการใช้งาน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๑ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๖ จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด  
๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน  
ตัวอย่างถ่านไม้หุงต้มต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านไม้หุงต้มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

มผช.๖๕๗/๒๕๕๗

## ๗. การทดสอบ

- ๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก  
ให้ตรวจพินิจ
  - ๗.๒ การทดสอบความชื้น  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173
  - ๗.๓ การทดสอบค่าความร้อน  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865
  - ๗.๔ การทดสอบเถ้า  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3174
  - ๗.๕ การทดสอบสารระเหย  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3175
  - ๗.๖ การทดสอบการใช้งาน  
ทำให้ตัวอย่างถ่านไม้หุงต้มติดไฟด้วยแก๊สหุงต้ม แล้วตรวจพินิจ
  - ๗.๗ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ  
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม
-

มพช.๖๕๘/๒๕๕๗

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้ปิ้งย่าง

### ๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านที่ได้จากการเผาไม้ ใช้สำหรับปิ้งและย่างอาหาร

### ๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ ถ่านไม้ปิ้งย่าง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไม้มาผ่านกระบวนการเผาจนกลายเป็นถ่าน เพื่อนำมาใช้ในการปิ้งและย่างอาหาร
- ๒.๒ ค่าความร้อน (calorific value) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็น แคลอรี (แคลอรีต่อกรัม)
- ๒.๓ เถ้า (ash) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารที่เหลือจากการเผาถ่านจนมีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ ๗๐๐ องศาเซลเซียสถึง ๗๕๐ องศาเซลเซียส
- ๒.๔ สารระเหย (volatile matter) หมายถึง ร้อยละของปริมาณสารระเหยที่ได้จากการเผาถ่านที่อุณหภูมิ ๗๕๐ องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา ๗ นาที

### ๓. คุณสมบัติที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป  
ต้องมีสีน้ำตาลเข้ม ไม่มีเศษดินและไม้ที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ปนอยู่
- ๓.๒ ความชื้น  
ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก
- ๓.๓ ค่าความร้อน  
ต้องไม่น้อยกว่า ๗ ๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม
- ๓.๔ เถ้า  
ต้องไม่เกินร้อยละ ๓ โดยน้ำหนัก
- ๓.๕ สารระเหย  
ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

มพช.๖๕๘/๒๕๕๗

- ๓.๖ การใช้งาน  
เมื่อคิดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น มีควันได้เล็กน้อย

#### ๕. การบรรจุ

- ๕.๑ ให้บรรจุถ่านไม้บึงอย่างในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านไม้บึงอย่างได้  
๕.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านไม้บึงอย่างในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

#### ๕. เครื่องหมายและฉลาก

- ๕.๑ ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านไม้บึงอย่างทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน  
(๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ถ่านไม้บึงย่าง ถ่านไม้สำหรับบึง/ย่าง  
(๒) น้ำหนักสุทธิ  
(๓) เดือน ปีที่ทำ  
(๔) ชื่อแนะนำในการใช้และการเก็บรักษา  
(๕) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

#### ๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านไม้บึงย่างที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน  
๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้  
๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าถ่านไม้บึงย่างรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด  
๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความชื้น ค่าความร้อน เถ้า สารระเหย และการใช้งาน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า ๑ กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๒ ถึงข้อ ๓.๖ จึงจะถือว่าถ่านไม้บึงย่างรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด  
๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน  
ตัวอย่างถ่านไม้บึงย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านไม้บึงย่างรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

มผช.๖๕๘/๒๕๕๗

## ๗. การทดสอบ

- ๗.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก  
ให้ตรวจพินิจ
  - ๗.๒ การทดสอบความชื้น  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173
  - ๗.๓ การทดสอบค่าความร้อน  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865
  - ๗.๔ การทดสอบเส้า  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3174
  - ๗.๕ การทดสอบสารระเหย  
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3175
  - ๗.๖ การทดสอบการใช้งาน  
ทำให้ตัวอย่างถ่านไม้บึงยัดติดไฟด้วยแก๊สสูงต้ม แล้วตรวจพินิจ
  - ๗.๗ การทดสอบน้ำหนักสุทธิ  
ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม
-



ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม  
ฉบับที่ ๑๕๙๒ (พ.ศ. ๒๕๕๓)  
เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน  
น้ำส้มควันไม้

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ดิบ มาตรฐานเลขที่ มผช.๖๕๙/๒๕๔๗ น้ำส้มควันไม้กลั่น มาตรฐานเลขที่ มผช.๖๖๐/๒๕๔๗ และคณะอนุกรรมการพิจารณา มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คณะที่ ๑ มีมติในการประชุมครั้งที่ ๑๘-๒/๒๕๕๓ เมื่อวันที่ ๑๕ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๓ ให้ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ดิบ มาตรฐานเลขที่ มผช.๖๕๙/๒๕๔๗ และน้ำส้มควันไม้กลั่น มาตรฐานเลขที่ ๖๖๐/๒๕๔๗ และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ ขึ้นใหม่

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจึงออกประกาศยกเลิกประกาศสำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ ๖๗๒ (พ.ศ.๒๕๔๗) ลงวันที่ ๑๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๗ และ ฉบับที่ ๖๗๓ (๒๕๔๗) ลงวันที่ ๑๕ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๗ และออกประกาศกำหนดมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มาตรฐานเลขที่ มผช.๖๕๙/๒๕๕๓ ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลบังคับใช้นับแต่วันที่ประกาศ เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๘ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๓

นางรัตนาภรณ์ จิงสงวนสิทธิ์  
เลขาธิการสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มผช.๖๕๙/๒๕๕๓

## มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้

### ๑. ขอบข่าย

- ๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ทั่วไปทางด้านเกษตรกรรม ที่บรรจุในภาชนะบรรจุ ไม่ครอบคลุมน้ำส้มควันไม้ที่ใช้เป็นสารกำจัดศัตรูพืช ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมยา

### ๒. บทนิยาม

- ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้
- ๒.๑ น้ำส้มควันไม้ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ซึ่งได้จากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาไม้ดิบในช่วงอุณหภูมิเผา ๓๐๐ องศาเซลเซียส ถึง ๕๐๐ องศาเซลเซียส โดยใช้อุปกรณ์ควบแน่นที่ทำจากสแตนเลสหรือไม้ เพื่อป้องกันการละลายของแคลเซียม เหล็ก หรือสังกะสี ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย ๔๕ วัน นำมากรอง อาจนำมากลั่นอีกครั้ง แล้วบรรจุในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม เช่น ปรับสภาพดิน ดับกลิ่นเหม็นในคอกสัตว์

### ๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป
- ต้องเป็นของเหลวใสเนื้อเดียวกัน มีสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ไม่แยกชั้น ไม่มีตะกอนหรือสารแขวนลอย ไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่ใช้ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- ๓.๒ กลิ่น
- ต้องมีกลิ่นเหมือนควันไฟ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเหม็นเปรี้ยว การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- ๓.๓ ความเป็นกรด-ด่าง
- ต้องอยู่ระหว่าง ๒.๐ ถึง ๓.๐
- การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง



มผช.๖๔๙/๒๕๕๓

๓.๔ ความอ่วงจำเพาะ

ต้องอยู่ระหว่าง ๑.๐๑๐ ถึง ๑.๐๒๕ ที่อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส  
การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดความอ่วงจำเพาะ

๔. การบรรจุ

- ๔.๑ ให้บรรจุน้ำส้มควันไม้ในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม สามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ ทึบแสง สะอาด แห่ง  
ปิดได้สนิท ไม้รั่ว ไม้แตก และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกได้  
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- ๔.๒ ปริมาตรสุทธิของน้ำส้มควันไม้ในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก  
การทดสอบให้ใช้เครื่องวัดปริมาตรที่เหมาะสม

๕. เครื่องหมายและฉลาก

- ๕.๑ ที่ภาชนะบรรจุน้ำส้มควันไม้ทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้  
ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
- (๑) ชื่อผลิตภัณฑ์ (ตามชื่อ มผช.) อาจตามด้วยชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำส้มควันไม้ดิบ น้ำส้มควันไม้กลั่น
  - (๒) ปริมาตรสุทธิ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตรหรือมิลลิเมตรหรือลิตร
  - (๓) เดือน ปีที่ทำ
  - (๔) วิธีใช้
  - (๕) วิธีเก็บรักษา เช่น เก็บในที่มืดชิด ห่างจากมือเด็ก อาหาร และสัตว์เลี้ยง
  - (๖) คำเตือน เช่น ห้ามรับประทาน ระวังอย่าให้เข้าตา
  - (๗) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน  
ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

๖. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

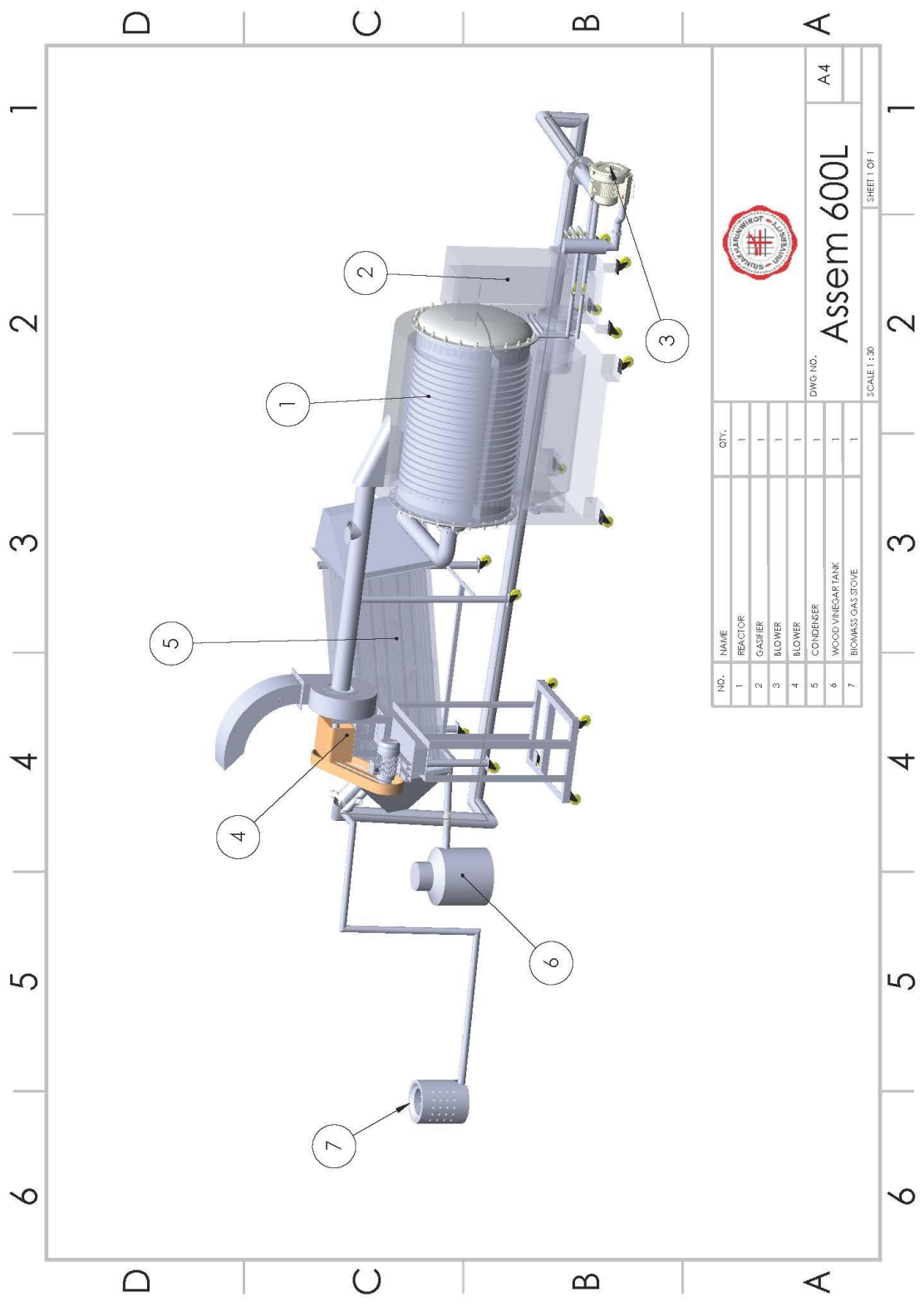
- ๖.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง น้ำส้มควันไม้ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- ๖.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
- ๖.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป กลิ่น การบรรจุ และเครื่องหมาย  
และฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้ว  
ทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ข้อ ๓.๒ ข้อ ๔. และข้อ ๕. จึงจะถือว่าน้ำส้มควันไม้รุ่นนั้น  
เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

มผช.๖๕๙/๒๕๕๓

- ๖.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความเป็นกรด-ด่าง และความถ่วงจำเพาะ ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๖.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๓ และข้อ ๓.๕ จึงจะถือว่าน้ำส้มควันไม้รุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๖.๓ เกณฑ์ตัดสิน  
ตัวอย่างน้ำส้มควันไม้ต้องเป็นไปตามข้อ ๖.๒.๑ และข้อ ๖.๒.๒ ทุกข้อ จึงจะถือว่าน้ำส้มควันไม้รุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้
-



ภาคผนวก ค  
แบบชุดเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร



NO.	NAME	QTY.
1	REACTOR	1
2	GASIFIER	1
3	BLOWER	1
4	BLOWER	1
5	CONDENSER	1
6	WOOD VINEGARTANK	1
7	BIOMASS GAS STOVE	1

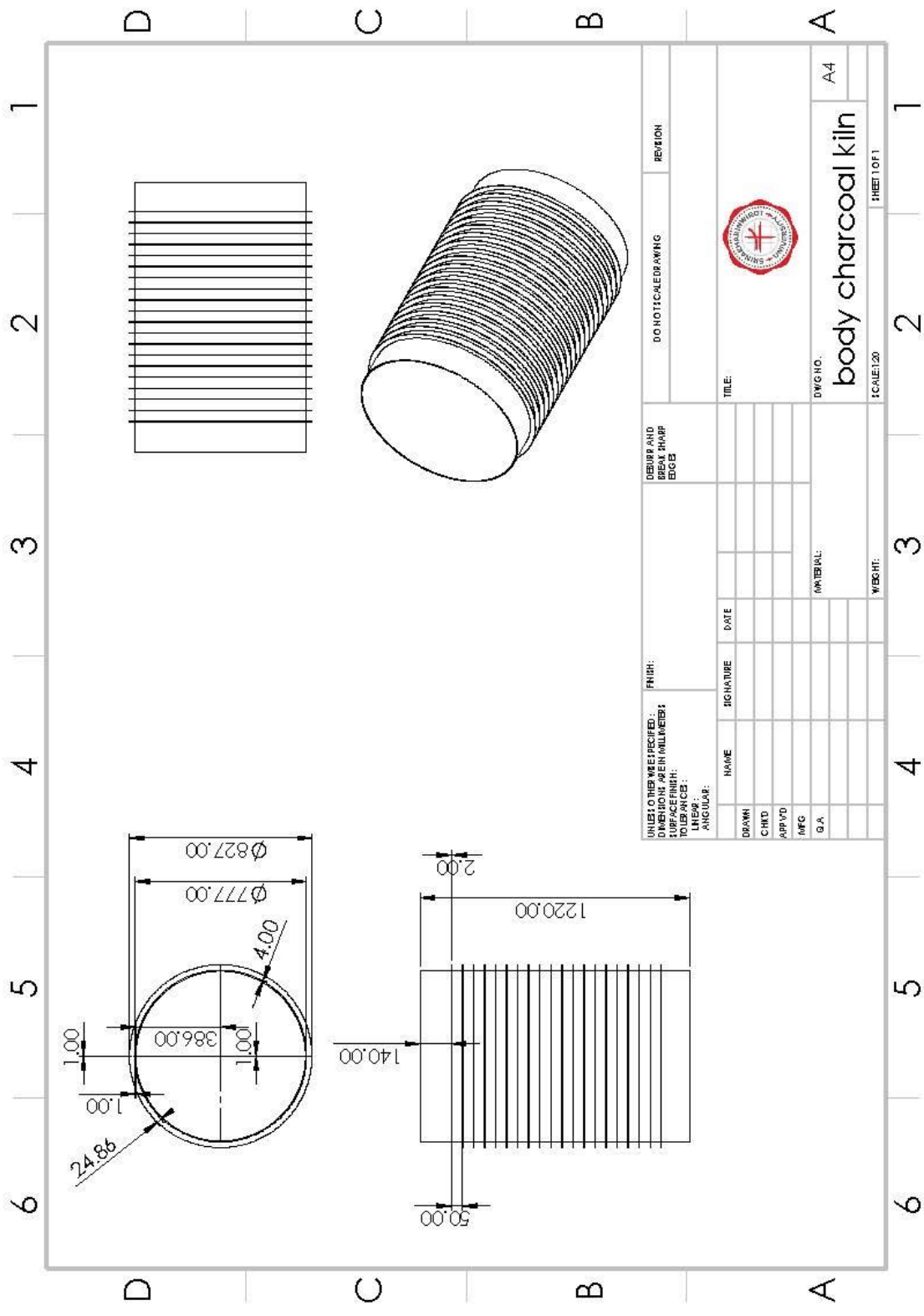


Assem 600L  
A4

DWG. NO.

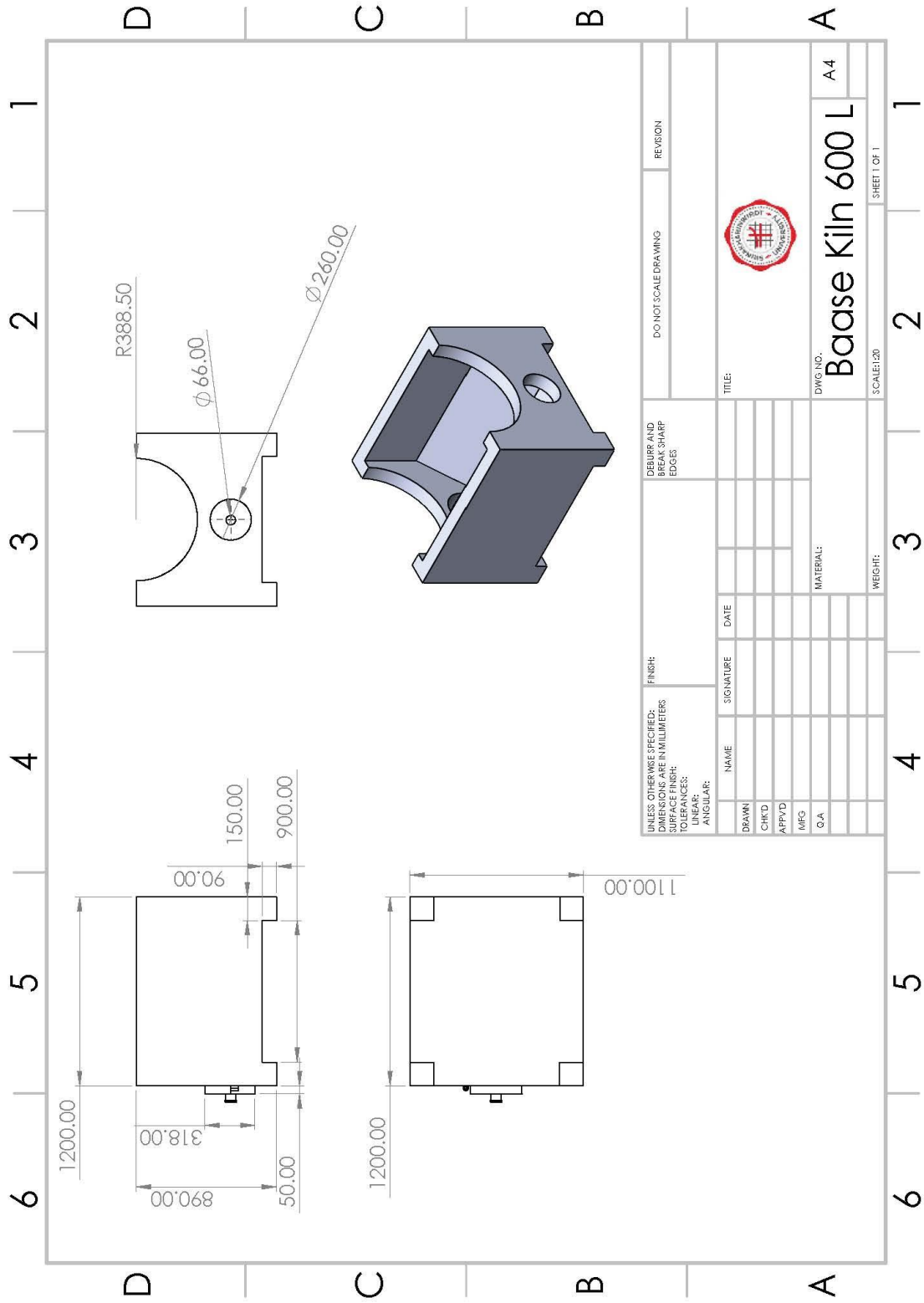
SCALE 1 : 30

SHEET 1 OF 1

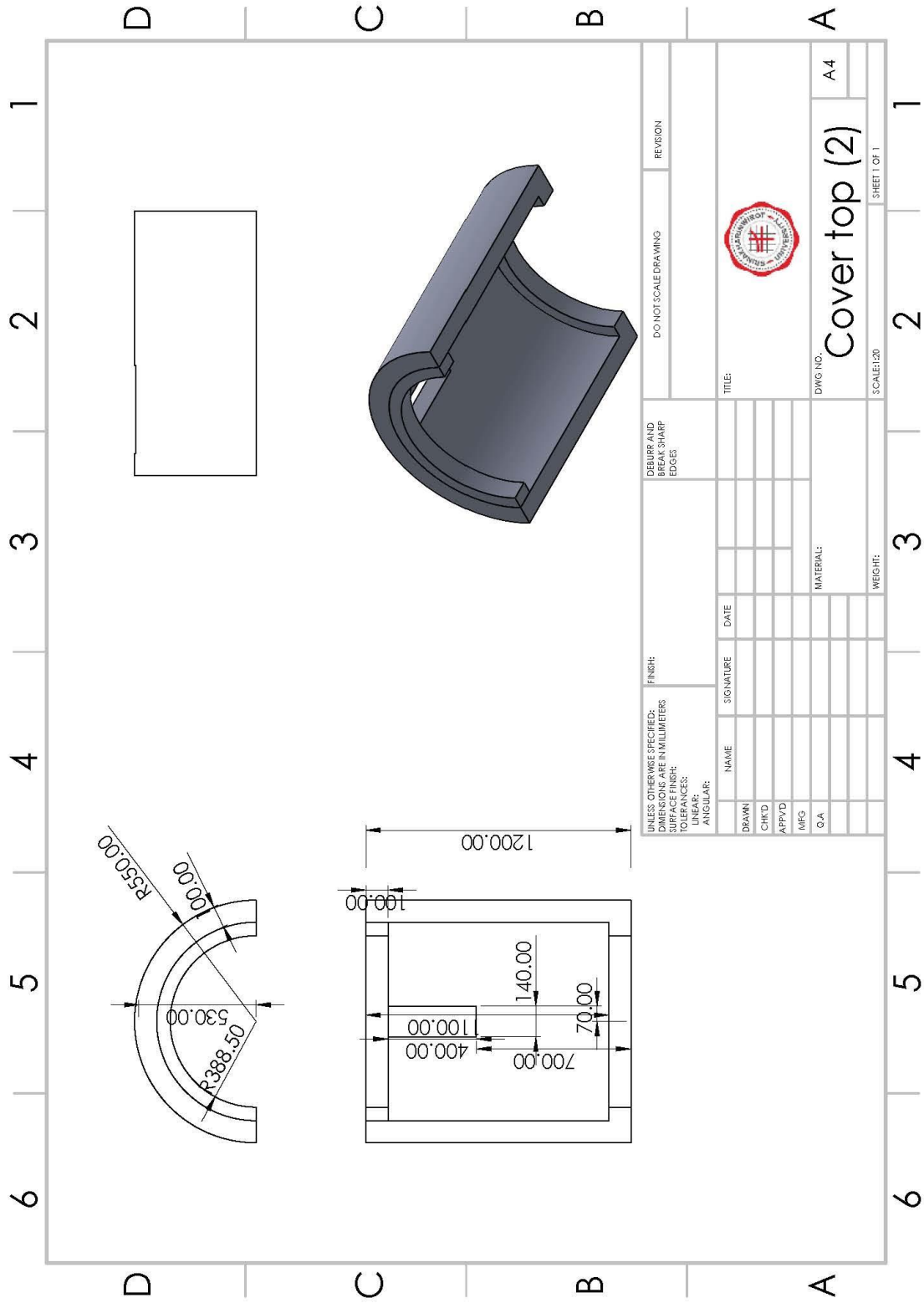



UNITS TO BE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		TITLE:		DWG NO. A4	
TOLERANCES:		NAME		SIGNATURE		DATE	
LINEAR:		DRAWN		CHKD		APPROV	
ANGULAR:		MEG		G.A.		MATERIAL:	
						SCALE: 1:20	
						SHEET 1 OF 1	

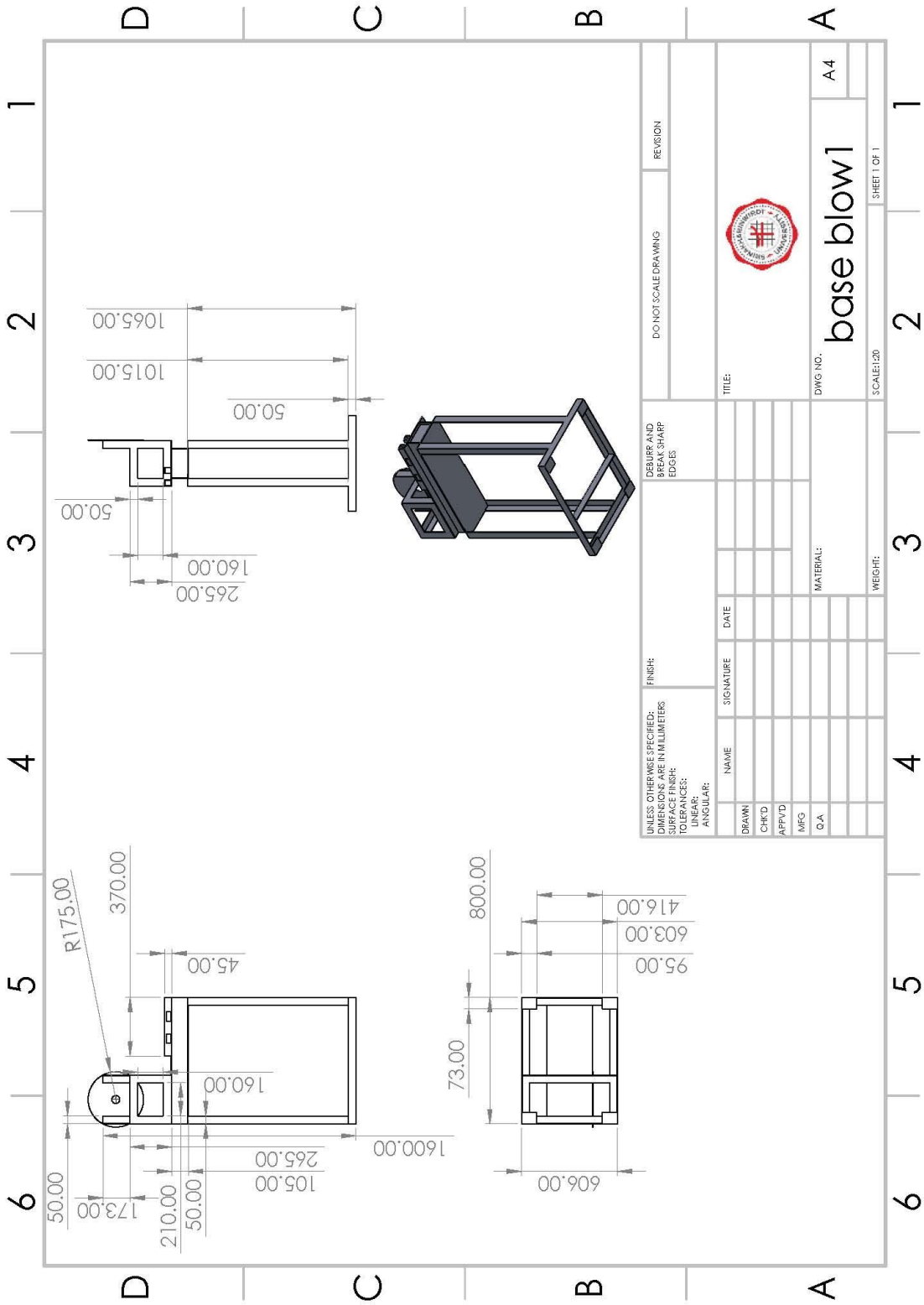
body charcoal kiln



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:		TOLERANCES:		LINEAR:		TITLE:		DWG. NO. A4	
ANGULAR:		NAME		SIGNATURE		DATE		SCALE: 1:20	
DRAWN		MATERIAL:		WEIGHT:		SHEET 1 OF 1		Baase Kiln 600 L	
CHK'D		DRAWING NO. 103		DATE		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1	
APP'VD		MATERIAL:		WEIGHT:		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1	
MFG		DRAWING NO. 103		DATE		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1	
C.A.		DRAWING NO. 103		DATE		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1	

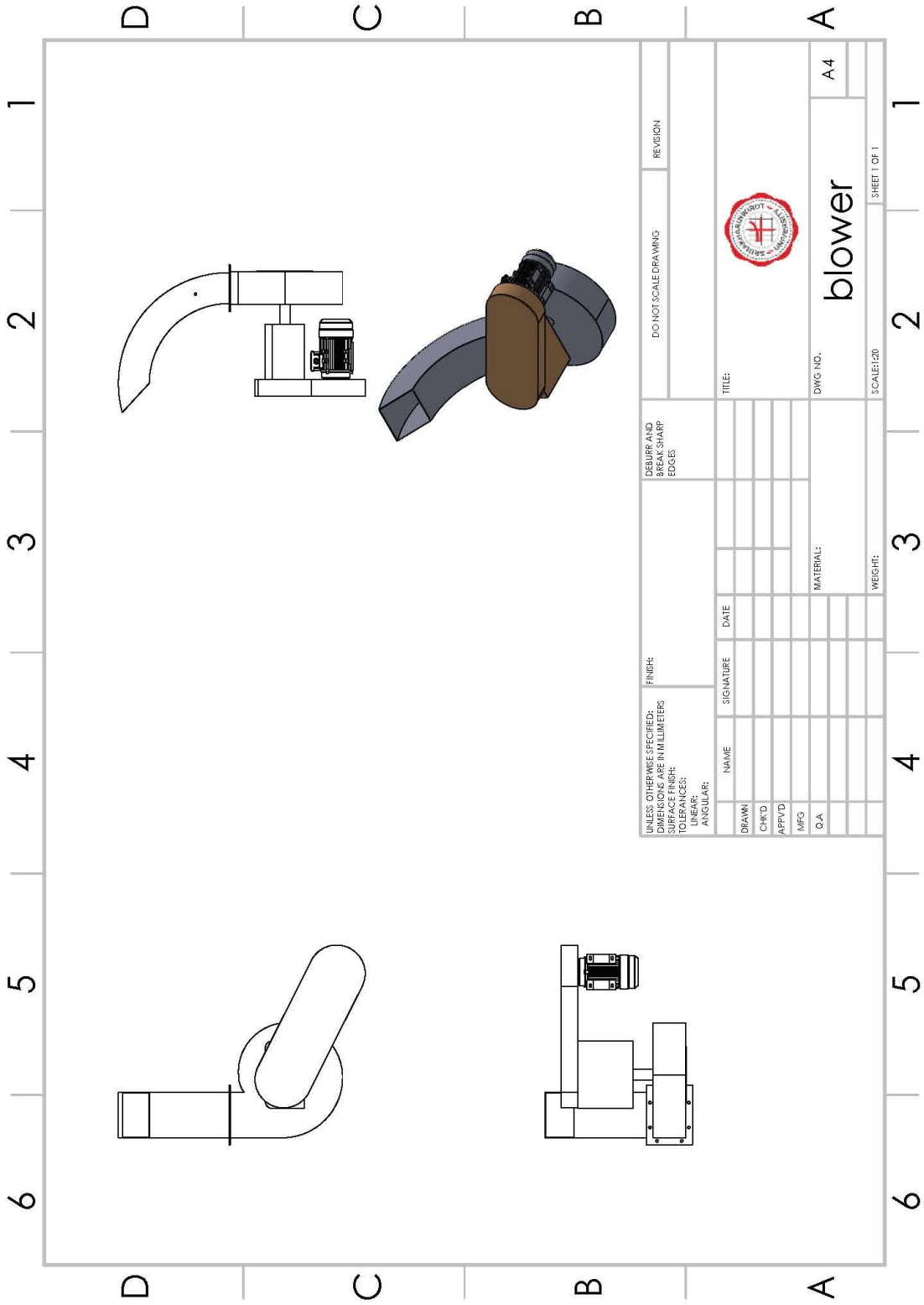


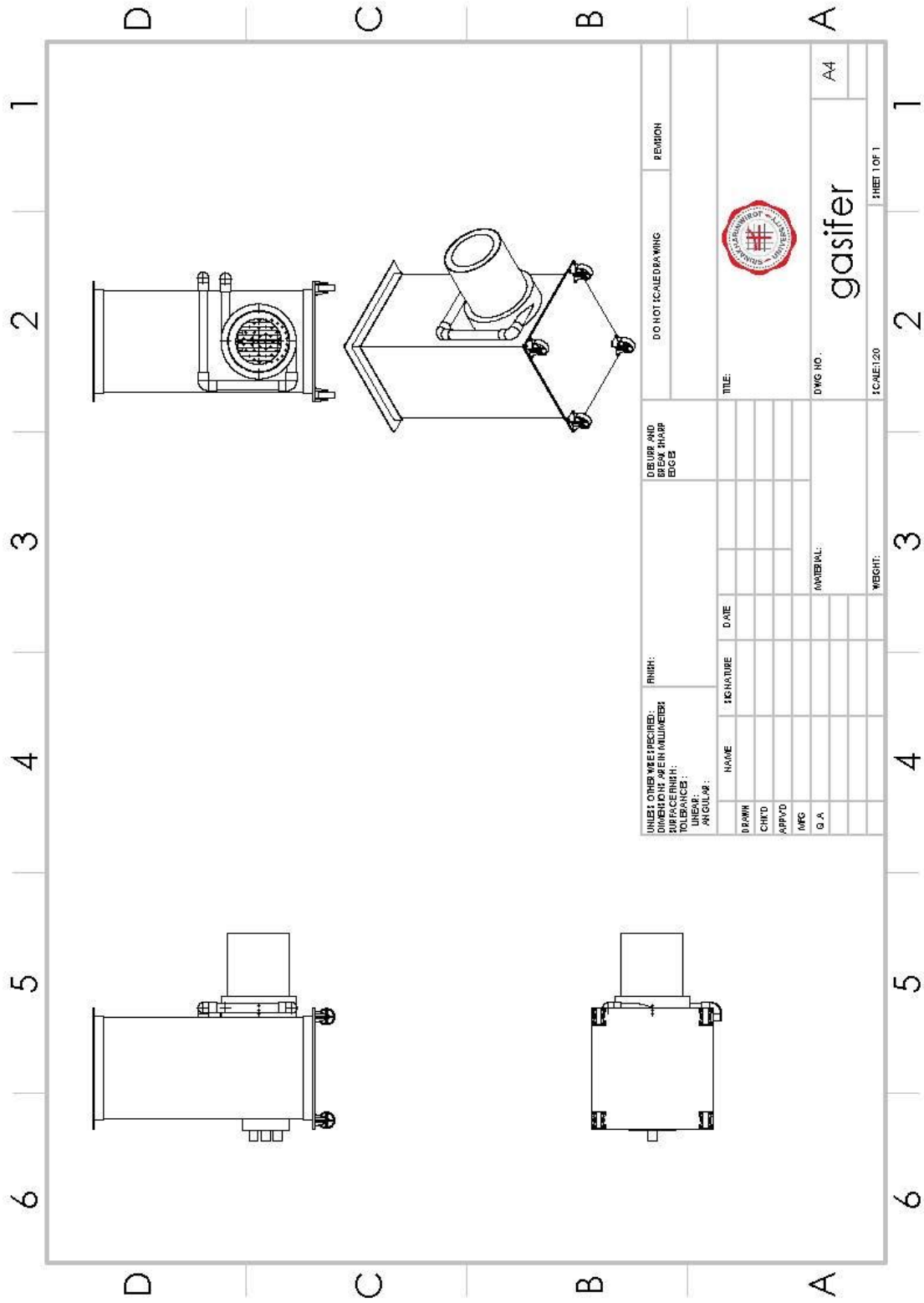
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBLURE AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES:		LINEAR:							
ANGULAR:									
DRWNI	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:					
CHK'D									
APP'VD				DWG. NO. <b>Cover top (2)</b> A4					
MFG				SCALE: 1:20					
C.A.				SHEET 1 OF 1					
				WEIGHT:					



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:					
CHK'D				base blow1					
APP'VD				DWG NO. A4					
MFG				SCALE: 1:20					
Q.A.				SHEET 1 OF 1					







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			
TOLERANCES:				TITLE:		A4	
LINEAR:				DWG NO.:		gasifer	
ANGULAR:				MATERIAL:		SHEET 1 OF 1	
DRWN	NAME	SIGNATURE	DATE	WEIGHT:			
CHKD				SCHEM: 200			
APPVD				1			
INFC				3			
D.A.				4			
				5			
				6			



ภาคผนวก ง  
ตัวอย่างการคำนวณ

พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ (MJ) = ค่าความร้อนของไม้แห้ง (MJ/Kg) x น้ำหนักแห้งของไม้  
ผลิตถ่าน(kg)

$$15.9 \times 195.36 = 3106.22$$

พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์ (MJ) = ค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์ถ่าน (MJ/Kg) x น้ำหนัก  
ผลิตภัณฑ์ถ่าน(kg)

$$28.9 \times 52.03 = 1,503.67$$

ร้อยละของผลผลิตถ่าน (%) = ผลผลิตถ่าน(kg) / มวลที่ไม้ดิบแห้ง(kg)

$$\frac{52.03}{195.36} \times 100 = 26.63$$

ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน (%) = พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์ (MJ) / พลังงานความ  
ร้อนของวัตถุดิบ (MJ)

$$\frac{1503.67}{3106.22} \times 100 = 48.4$$

### ต้นทุนที่ใช้ในการเผาถ่าน

ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำที่ปริมาณไม้เท่ากับ 102.26

พัดลมเป่าและพัดลมดูด  $0.75kW \times 2 \times 2.75hr = 4.125$  หน่วย

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ  $4.4217 \times 4.125 = 18.24$  บาท

น้ำที่ใช้ประมาณ  $3.86m^3 \approx 39.4$  บาท

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น  $18.25 + 39.4 = 57.65$  บาท

ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำที่ปริมาณไม้เท่ากับ 152.95

พัดลมเป่าและพัดลมดูด  $0.75kW \times 2 \times 3.15hr = 4.725$  หน่วย

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ  $4.4217 \times 4.725 = 20.89$  บาท

$$\begin{aligned} \text{น้ำที่ใช้ประมาณ} & 4.423m^3 \approx 45.115 \text{ บาท} \\ \text{รวมเป็นเงินทั้งสิ้น} & 20.89 + 45.115 = 66 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำที่ปริมาณไม้เท่ากับ} & 195.36 \\ \text{พัดลมเป่าและพัดลมดูด} & 0.75kW \times 2 \times 3.58hr = 5.37 \text{ หน่วย} \\ \text{ค่าไฟฟ้าหน่วยละ} & 4.4217 \times 5.37 = 23.745 \text{ บาท} \\ \text{น้ำที่ใช้ประมาณ} & 5.03m^3 \approx 51.31 \text{ บาท} \\ \text{รวมเป็นเงินทั้งสิ้น} & 23.745 + 51.31 = 75.06 \text{ บาท} \end{aligned}$$

### ปริมาณน้ำส้มควันไม้และถ่านที่ได้จากการเผาเทียบกับค่าใช้จ่ายของการเผาแต่ละครั้ง

$$\begin{aligned} \text{กรณีปริมาณไม้เท่ากับ} & 102.26 \\ \text{ได้ถ่าน} & 27.64 \text{ kg. ซึ่งราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 20 บาท เท่ากับ} \\ & 27.64 \times 20 = 552.8 \text{ บาท} \\ \text{ได้น้ำส้มควันไม้} & 43.43 \text{ kg. ซึ่งราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 60 บาท เท่ากับ} \\ & 43.43 \times 60 = 2605.8 \text{ บาท} \\ \text{กำไรสุทธิ} & 3100.95 \text{ บาท} \\ \text{กรณีปริมาณไม้เท่ากับ} & 152.95 \\ \text{ได้ถ่าน} & 39.82 \text{ kg. ซึ่งราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 20 บาท เท่ากับ} \\ & 39.82 \times 20 = 796.4 \text{ บาท} \\ \text{ได้น้ำส้มควันไม้} & 59.668 \text{ kg. ซึ่งราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 60 บาท เท่ากับ} \\ & 59.668 \times 60 = 3580.08 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำไรสุทธิ} & 4310.48 \text{ บาท} \\ \text{กรณีปริมาณไม้เท่ากับ} & 195.36 \\ \text{ได้ถ่าน} & 52.03 \text{ kg. ซึ่งราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 20 บาท เท่ากับ} \\ & 52.03 \times 20 = 1040.6 \text{ บาท} \\ \text{ได้น้ำส้มควันไม้} & 74.327 \text{ kg. ซึ่งราคาขายประมาณ กิโลกรัมละ 60 บาท เท่ากับ} \\ & 74.327 \times 60 = 4459.62 \text{ บาท} \\ \text{กำไรสุทธิ} & 5425.16 \text{ บาท} \end{aligned}$$



ภาคผนวก จ  
ผลการทดลอง

ตาราง จ.1 บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
10:29:09	34.1	33.7	34.2	256.1	91.7	32.9	31.9	1.4
10:29:24	34.3	34.2	34.5	290.1	100.9	33	32	1.4
10:29:39	34.5	34.2	34.3	335.2	109.5	33	31.9	1.4
10:29:54	34.8	34.6	34.5	380.9	117.5	33	32.1	1.4
10:30:09	35.2	34.6	34.2	440.1	126.7	33	32	1.4
10:30:24	35.6	34.8	34.4	474.8	136.4	32.9	32	1.4
10:30:39	36.2	34.6	34.2	481.1	145.7	33	32	1.4
10:30:54	36.9	34.8	34.5	527.5	145.9	32.9	32.1	1.4
10:31:09	37.6	34.6	34.3	569.5	148.2	33	31.9	1.4
10:31:24	38.5	34.8	34.4	565.7	154.1	32.9	32	1.4
10:31:39	39.6	35	34.3	582	163.2	33.1	32	1.4
10:31:54	41	36.4	36.1	611.7	171.1	33.5	32.2	1.4
10:32:09	42.3	36.2	35.9	620	179	33.4	32.1	1.4
10:32:24	43.8	36.4	36.1	622.4	185.3	33.5	32.2	1.4
10:32:39	45.5	36.1	35.8	622.1	191	33.7	32.3	1.4
10:32:54	47.2	36.2	36	616.9	195.3	33.6	32.3	1.4
10:33:09	49.2	36	36.1	629.6	200.5	33.8	32.4	1.4
10:33:24	51.4	36	36.3	682.6	204.2	33.6	32.1	1.4
10:33:39	53.7	36	36.2	701.6	207.3	33.7	32.3	1.4
10:33:54	56.1	35.9	36.1	728.5	210.6	33.9	32.4	1.4
10:34:09	58.7	36	36.3	769.1	214.9	33.6	32.3	1.4
10:34:24	61.5	35.9	36	776.3	219.2	33.8	32.3	1.4
10:34:39	64.5	36	35.1	735.8	221.7	33.8	32.3	1.4
10:34:54	67.4	36	35	714	223.5	33.8	32.3	1.4
10:35:09	70.3	35.7	34.9	724.9	226.6	33.8	32.3	1.4
10:35:24	73.4	35.8	34.9	730.3	228.9	33.8	32.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
10:35:39	76.8	35.7	34.8	756.5	231.4	33.9	32.4	1.4
10:35:54	80.1	35.9	35	770.1	233.7	33.7	32.3	1.4
10:36:09	83.4	35.5	34.8	763.2	236.3	34	32.3	1.4
10:36:24	87.1	35.8	35.3	796.9	238.1	33.9	32.3	1.4
10:36:39	90.7	35.7	34.9	787.5	238.3	33.5	32.2	1.4
10:36:54	94	34.2	33.4	700.6	239	33.5	32.2	1.4
10:37:09	97.7	34.2	33.5	655.1	237.9	33.5	32.2	1.4
10:37:24	101.4	34.1	33.5	633.8	237.5	33.7	32.4	1.4
10:37:39	104.9	34.2	33.5	638.2	237.1	33.6	32.3	1.4
10:37:54	108.4	34.1	33.5	616.9	236.4	33.6	32.3	1.4
10:38:09	111.7	34.2	33.6	613.6	235.8	33.6	32.4	1.4
10:38:24	115.1	34.2	33.5	625	238.3	33.7	32.4	1.4
10:38:39	118.4	34.1	33.6	651.9	240.4	33.8	32.4	1.4
10:38:54	121.6	34.2	33.5	682.6	242.2	33.8	32.4	1.4
10:39:09	124.8	34.2	33.4	693	245.1	33.8	32.4	1.4
10:39:24	127.9	34.2	33.6	690	246.6	33.8	32.4	1.4
10:39:39	131.3	34.3	33.6	665.5	247.9	33.8	32.3	1.4
10:39:54	134.5	34.2	33.6	658.8	248.9	33.9	32.3	1.4
10:40:09	137.6	34.2	33.7	643.2	248.2	33.9	32.3	1.4
10:40:24	140.4	34.2	33.6	656.7	247.8	33.8	32.3	1.4
10:40:39	143.4	34.3	33.6	663.9	247.5	33.9	32.3	1.4
10:40:54	146.3	34.2	33.6	662	247.4	33.9	32.2	1.4
10:41:09	149.2	34.5	33.9	662.6	247.6	34	32.4	1.4
10:41:24	151.8	34.2	33.6	647.6	247.6	34	32.2	1.4
10:41:39	154.4	34.2	33.7	621.9	248.3	34	32.3	1.4



ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
10:41:54	156.8	34.2	33.7	614.4	249.3	34	32.2	1.4
10:42:09	159.3	34.3	33.6	619.7	250.1	34.1	32.3	1.4
10:42:24	161.6	34.2	33.6	648.6	251.5	34.1	32.3	1.4
10:42:39	163.9	34.2	33.7	684.5	253.8	34.1	32.2	1.4
10:42:54	166.1	34.2	33.7	707.8	256.1	34.2	32.3	1.4
10:43:09	168.3	34.3	33.7	732.2	259	34.2	32.2	1.4
10:43:24	170.4	34.2	33.7	806.8	262.2	34.2	32.2	1.4
10:43:39	172.6	34.2	33.6	873.6	266.1	34.3	32.2	1.4
10:43:54	174.8	34.2	33.7	901.2	269	34.3	32.3	1.4
10:44:09	177.1	34.2	33.7	909.5	273.7	34.3	32.2	1.4
10:44:24	179.4	34.2	33.6	920.8	276.1	34.4	32.3	1.4
10:44:39	181.9	34.2	33.6	937.1	279.8	34.5	32.3	1.4
10:44:54	184.4	34.2	33.7	915.8	281.4	34.6	32.2	1.4
10:45:09	186.9	34.2	33.7	872.2	280.5	34.6	32.2	1.4
10:45:24	189.6	34.3	33.6	879.6	281.4	34.6	32.2	1.4
10:45:39	192.3	34.3	33.8	886.9	283.1	34.7	32.2	1.4
10:45:54	194.9	34.3	33.8	898.3	285.7	34.7	32.2	1.4
10:46:09	197.7	34.2	33.6	882.6	287.5	34.8	32.3	1.4
10:46:24	200.4	34.2	33.7	887	289	34.9	32.3	1.4
10:46:39	203.2	34.3	33.8	896.3	290.6	34.9	32.3	1.4
10:46:54	206	34.2	33.7	918.1	291.5	35	32.3	1.4
10:47:09	208.9	34.3	33.6	916	293.3	35.1	32.4	1.4
10:47:24	211.7	34.1	33.7	953.7	295.5	35	32.3	1.4
10:47:39	214.7	34.2	33.8	969.1	297.3	35.1	32.3	1.4
10:47:54	217.5	34.2	33.7	989.8	299	35.2	32.3	1.4
10:48:09	220.4	34.3	33.8	966	300.8	35.2	32.3	1.4
10:48:24	223.4	34.2	33.7	970.3	303	35.3	32.4	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
10:48:39	226.3	34.2	33.8	1010.9	304.6	35.4	32.4	1.4
10:48:54	229.1	34.3	33.8	1006.6	306.5	35.5	32.5	1.4
10:49:09	232.1	34.2	33.7	1016.1	308.6	35.7	32.6	1.4
10:49:24	235.1	34.3	33.8	1002.4	310.7	35.7	32.6	1.4
10:49:39	238.1	34.2	33.8	1003.4	312	35.8	32.6	1.4
10:49:54	241	34.2	33.8	1015.8	313.9	35.9	32.6	1.4
10:50:09	243.9	34.2	33.9	1021.1	315.1	36.1	32.8	1.4
10:50:24	246.7	34.2	33.8	1010.6	317	36.2	32.8	1.4
10:50:39	249.8	34.2	33.8	1000.4	318.5	36.3	32.8	1.4
10:50:54	252.6	34.1	33.9	934.9	319.3	36.4	32.9	1.4
10:51:09	255.4	34.2	33.9	906.5	319.8	36.6	33	1.4
10:51:24	258.2	34.2	33.9	921	320.4	36.7	33	1.4
10:51:39	260.7	34.2	34.1	937	320.9	37.1	33.1	1.4
10:51:54	263.3	34.2	34.2	953.7	322.1	37.1	33.1	1.4
10:52:09	265.7	34.3	34.3	955.7	323.1	37.4	33.3	1.4
10:52:24	268.1	34.3	34.4	933.2	324.6	37.6	33.3	1.4
10:52:39	270.3	34.3	34.4	928.6	325.2	37.6	33.2	1.4
10:52:54	272.5	34.4	34.4	940.6	325.7	37.8	33.3	1.4
10:53:09	274.8	34.4	34.5	920.1	325.8	38	33.4	1.4
10:53:24	276.7	34.4	34.6	899.1	326.5	38.3	33.5	1.4
10:53:39	278.6	34.4	34.7	904.3	326.2	38.4	33.5	1.4
10:53:54	280.4	34.4	34.8	884.2	325.9	38.7	33.6	1.4
10:54:09	282	33.9	34.4	858.6	325.2	39	33.7	1.4
10:54:24	283.6	34.1	34.5	852.2	325.1	39.2	33.6	1.4
10:54:39	285.1	34	34.7	843	325.2	39.4	33.7	1.4
10:54:54	286.3	33.9	34.6	849.8	325.4	39.8	33.8	1.4
10:55:09	287.5	34	34.9	854.2	325.7	40.1	33.8	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
10:55:24	288.7	34	35.1	853.3	326.3	40.3	33.7	1.4
10:55:39	289.8	33.9	35	843.9	327	40.7	33.9	1.4
10:55:54	291	33.9	35.4	871.6	326.7	41.1	34.1	1.4
10:56:09	291.9	34	35.3	934.8	326.2	41.4	34.1	1.4
10:56:24	292.8	33.8	35.4	955.5	326.7	41.7	34.1	1.4
10:56:39	293.8	34	35.6	960.2	327.1	42	34.1	1.4
10:56:54	294.7	34	35.6	949.8	328	42.2	34.2	1.4
10:57:09	295.6	34	35.6	970	329	42.7	34.3	1.4
10:57:24	296.7	34.1	35.8	996.7	328.8	43	34.3	1.4
10:57:39	297.6	34	36	993.2	328.6	43.3	34.3	1.4
10:57:54	298.4	34	36	996.5	327.8	43.6	34.2	1.4
10:58:09	299.4	34.1	36.4	1008.8	327.5	43.8	34.3	1.4
10:58:24	300.1	34	36.5	926	327	44.2	34.4	1.4
10:58:39	300.8	34.1	36.7	890.5	325.3	44.4	34.4	1.4
10:58:54	301.5	34.1	36.8	847.8	324.1	44.8	34.4	1.4
10:59:09	301.9	34.1	36.8	807.2	323.4	45.1	34.5	1.4
10:59:24	302.3	34.1	37.1	805.5	322.4	45.4	34.5	1.4
10:59:39	302.7	34	37.3	802.2	321	45.7	34.5	1.4
10:59:54	303	34.1	37.3	775.4	319.7	46	34.5	1.4
11:00:09	303.2	34	37.7	757.6	319	46.3	34.5	1.4
11:00:24	303	34	37.7	807.8	318.1	46.6	34.5	1.4
11:00:39	303.1	34	37.9	707.3	317.2	47	34.6	1.4
11:00:54	303	34	37.7	673.6	316.3	47.3	34.6	1.4
11:01:09	303.1	34	37.9	681.4	316	47.5	34.5	1.4
11:01:24	302.7	34.1	38.2	693.6	316	47.8	34.5	1.4
11:01:39	302.6	34	37.8	712.1	316.5	48.1	34.5	1.4
11:01:54	302.4	34	38.2	718.2	316.8	48.4	34.5	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:02:09	302.2	33.9	38.1	716.2	317.2	48.6	34.5	1.4
11:02:24	302	34	38.1	720	316.6	48.8	34.4	1.4
11:02:39	301.7	33.9	38.2	713.6	316.3	49.3	34.5	1.4
11:02:54	301.6	34.1	38.5	730.2	316.2	49.4	34.5	1.4
11:03:09	301.6	34.3	38.2	723.4	317	49.8	34.5	1.4
11:03:24	301.6	34.3	38.4	722.2	316.3	50.1	34.5	1.4
11:03:39	301.4	34.3	38.6	747.2	315.6	50.5	34.6	1.4
11:03:54	301.4	34.4	38.5	816.1	315.2	50.7	34.5	1.4
11:04:09	301.2	34.5	38.6	826.7	315.2	50.8	34.4	1.4
11:04:24	301.2	34.3	38.3	826.7	315.2	51.1	34.5	1.4
11:04:39	301	34.3	38.7	811	314.8	51.2	34.5	1.4
11:04:54	300.9	34.2	38.6	792.9	314.7	51.6	34.5	1.4
11:05:09	300.9	34.4	38.8	802.3	314.3	51.7	34.5	1.4
11:05:24	300.7	34.2	38.9	830.8	315	52	34.5	1.4
11:05:39	300.7	34.3	38.6	883.2	316.3	52.2	34.5	1.4
11:05:54	300.9	34.3	38.5	942.3	317.1	52.4	34.5	1.4
11:06:09	301.1	34.4	38.5	883.3	317.4	52.7	34.5	1.4
11:06:24	301.2	34.3	38.5	855.6	317.5	52.9	34.5	1.4
11:06:39	301.6	34.3	38.7	865.1	318.1	53	34.5	1.4
11:06:54	301.8	34.3	39.1	893	320.4	53.2	34.4	1.4
11:07:09	302.6	34.3	39.1	897.1	322.8	53.4	34.4	1.4
11:07:24	303	34.4	39	913.7	325.1	53.5	34.4	1.4
11:07:39	303.9	34.3	38.7	946.6	327.3	53.8	34.5	1.4
11:07:54	304.5	34.5	38.9	984.7	328.4	53.8	34.3	1.4
11:08:09	305.2	34.2	39.1	996.7	329.4	54.1	34.4	1.4
11:08:24	306.2	34.4	39.2	1024.5	329.9	54.2	34.4	1.4
11:08:39	307.1	34.3	39.5	1031.6	330.7	54.4	34.4	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:08:54	308.1	34.2	39.4	1016.4	331.4	54.6	34.4	1.4
11:09:09	309.2	34.5	39.8	1002.8	331.9	54.8	34.4	1.4
11:09:24	310.1	34.4	39.4	993.1	332.3	55	34.4	1.4
11:09:39	311.7	34.4	39.4	1005.5	331.6	55	34.3	1.4
11:09:54	312.9	34.3	40.2	977	331.3	55.2	34.4	1.4
11:10:09	313.7	34.3	40.3	921	332	55.4	34.5	1.4
11:10:24	314.8	34.4	40.2	888	331.5	55.5	34.5	1.4
11:10:39	316.4	34.3	40.5	836.9	330.7	55.7	34.6	1.4
11:10:54	317.4	34.3	40.7	916.9	330.8	55.8	34.6	1.4
11:11:09	318.5	34.3	40.8	920.8	330.1	55.9	34.6	1.4
11:11:24	319	34.2	40.8	920.4	329.5	56.1	34.7	1.4
11:11:39	320.5	34.4	40.8	927.6	329.5	56.2	34.8	1.4
11:11:54	321.2	34.3	41.1	932.6	329.3	56.2	34.8	1.4
11:12:09	322	34.3	41	943.2	329.1	56.4	34.9	1.4
11:12:24	322.8	34.4	41.1	965.3	329.3	56.5	34.9	1.4
11:12:39	323.6	34.3	41.2	977	329.9	56.6	35	1.4
11:12:54	324.6	34.2	41.2	983.7	330.7	56.6	35	1.4
11:13:09	325.6	34.3	41.6	989.6	331.3	56.8	35.1	1.4
11:13:24	326.5	34.1	41.8	998.3	332.2	56.8	35.1	1.4
11:13:39	326.9	34.2	41.8	1024.4	332.8	57	35.2	1.4
11:13:54	327.8	34.3	42.1	1010.4	332.2	57.1	35.3	1.4
11:14:09	328.2	34.1	42	1042.9	332.2	57.2	35.3	1.4
11:14:24	328.5	34.3	41.9	1052.9	331.1	57.2	35.3	1.4
11:14:39	328.4	34.2	42.3	1058.3	331.5	57.3	35.4	1.4
11:14:54	329.7	34.2	42.2	1073.9	331.1	57.4	35.5	1.4
11:15:09	330.9	34.3	42.5	1076.7	331.3	57.4	35.5	1.4
11:15:24	331.4	34.2	42.5	1077.4	331.6	57.4	35.5	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:15:39	332.2	34.2	42.3	1076.9	331.7	57.6	35.6	1.4
11:15:54	332.1	34.4	42.7	1071	332	57.7	35.6	1.4
11:16:09	333.3	34.2	42.4	1066	333	57.7	35.7	1.4
11:16:24	334.3	34.3	42.5	1056.7	333.5	57.8	35.7	1.4
11:16:39	335.1	34.3	42.7	1059.2	334.2	57.8	35.7	1.4
11:16:54	336.4	34.2	42.9	1062.9	335.4	57.9	35.8	1.4
11:17:09	337.7	34.2	42.6	1080	335.4	58	35.9	1.4
11:17:24	339.3	34.4	42.9	1064.9	335.7	57.9	35.9	1.4
11:17:39	342.2	34.3	42.7	1050.2	336.3	58.1	36	1.4
11:17:54	343.8	34.2	42.9	1069.7	336.6	58.1	36	1.4
11:18:09	345	34.3	43.3	1060.7	337.5	58.1	36	1.4
11:18:24	345.5	33.9	42.3	1013.4	283.3	58	35.9	1.4
11:18:39	347.9	34.1	42.8	1007	261.5	58.1	36	1.4
11:18:54	350.5	33.6	42.5	1002.7	249.1	57.9	36	1.4
11:19:09	350.4	34	42.9	1003.8	241.1	58.2	36.1	1.4
11:19:24	351.6	34	42.9	1006.8	236	58	36.2	1.4
11:19:39	353.5	33.8	42.8	999.7	232.1	58.2	36.2	1.4
11:19:54	353.7	34	43.2	1003.2	228.8	58	36.2	1.4
11:20:09	353.4	34	42.9	1011.9	226.8	58.3	36.3	1.4
11:20:24	354.1	34	43.3	1016.6	225.3	58.3	36.3	1.4
11:20:39	355	33.9	43.2	1011.4	223.5	58.4	36.4	1.4
11:20:54	356.2	33.9	43.1	1002.8	222.2	58.3	36.4	1.4
11:21:09	356.3	34.1	43.1	997.5	220.4	58.3	36.3	1.4
11:21:24	357.2	33.9	43.1	1001.2	219.6	58.4	36.3	1.4
11:21:39	358.2	34	43.1	999.5	218.2	58.4	36.4	1.4
11:21:54	358.6	33.9	43.2	993.8	218.1	58.4	36.4	1.4
11:22:09	360	34	43	990.2	218	58.6	36.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:22:24	361.8	33.8	42.8	990.4	217.4	58.5	36.3	1.4
11:22:39	362.1	33.7	42.7	979.7	217.5	58.5	36.2	1.4
11:22:54	363.5	33.7	43	977.3	216.2	58.6	36.2	1.4
11:23:09	363.3	33.7	43	969.9	215.2	58.7	36.3	1.4
11:23:24	364.3	33.7	43	957.2	214.4	58.7	36.2	1.4
11:23:39	364.2	33.6	43.1	942	214	58.8	36.2	1.4
11:23:54	364.7	33.7	43.2	935.4	213.5	59	36.3	1.4
11:24:09	364	33.7	43.1	942.8	212.7	58.9	36.2	1.4
11:24:24	364.4	33.7	43	948.2	212	59	36.3	1.4
11:24:39	363.3	33.7	43.1	958.1	211.2	59	36.3	1.4
11:24:54	363.9	33.7	42.8	953.9	210.7	59.1	36.2	1.4
11:25:09	364.3	33.6	42.9	906.5	210	59.3	36.4	1.4
11:25:24	364.4	33.7	42.9	895.8	232.5	59.4	36.3	1.4
11:25:39	362.9	33.9	42.8	902.9	245.5	59.4	36.3	1.4
11:25:54	362.6	34	42.9	892.3	252.3	59.4	36.4	1.4
11:26:09	362.9	33.9	43	879.8	255.8	59.5	36.3	1.4
11:26:24	363.3	34	42.8	960	259.4	59.5	36.2	1.4
11:26:39	362.7	33.9	42.8	963.2	262.4	59.6	36.2	1.4
11:26:54	363.3	33.9	42.9	930.2	262.8	59.8	36.3	1.4
11:27:09	364.2	34	42.9	903.6	263.9	59.8	36.3	1.4
11:27:24	363.4	33.8	42.7	887.8	264.5	59.9	36.3	1.4
11:27:39	363.5	33.9	42.8	878.3	264.5	60	36.3	1.4
11:27:54	363.3	33.8	42.6	886.7	264.9	60.2	36.3	1.4
11:28:09	364	33.9	42.8	888.7	264.8	60.2	36.2	1.4
11:28:24	364.1	34	42.7	927.6	265.2	60.2	36.2	1.4
11:28:39	364.6	33.9	42.7	1023.3	265.2	60.3	36.2	1.4
11:28:54	365.3	33.8	42.7	1037.4	265.9	60.5	36.2	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:29:09	365.7	33.9	42.7	1029.9	266.5	60.6	36.3	1.4
11:29:24	366.9	33.8	42.6	1011.6	267.9	60.6	36.2	1.4
11:29:39	367.5	33.7	42.4	1039.3	269.1	60.7	36.2	1.4
11:29:54	367.7	33.8	42.6	1064.5	269	60.9	36.1	1.4
11:30:09	367.6	33.8	42.7	1053.6	269.7	60.9	36.1	1.4
11:30:24	368.3	33.9	42.4	1049.2	270.2	61.1	36.2	1.4
11:30:39	369.6	33.8	42.8	1037.6	270.2	61	36.2	1.4
11:30:54	370.7	33.8	42.8	1048.6	271	61.2	36.2	1.4
11:31:09	372.3	33.8	42.6	1048.5	272	61.3	36.4	1.4
11:31:24	372.4	33.8	42.6	1027.9	271.8	61.3	36.3	1.4
11:31:39	373.4	33.8	42.5	1013.4	272.9	61.5	36.4	1.4
11:31:54	374.7	33.9	42.6	1040.4	274	61.5	36.4	1.4
11:32:09	375.9	33.9	42.6	1085.4	274.2	61.5	36.5	1.4
11:32:24	376.2	33.9	42.7	1100.9	274.1	61.7	36.6	1.4
11:32:39	376.7	34	42.6	1096.9	273.9	61.6	36.6	1.4
11:32:54	379	33.9	42.8	1087.3	273.6	61.7	36.8	1.4
11:33:09	379.6	33.8	42.9	1065.7	274.7	61.8	36.9	1.4
11:33:24	380.7	34.2	43.1	1052.2	273.9	61.8	37	1.4
11:33:39	381	33.9	43	1019.9	273.7	61.9	37.1	1.4
11:33:54	382	34	43.1	1019.3	273.8	62	37.3	1.4
11:34:09	382.9	33.9	43.3	1019.1	274.6	62.2	37.5	1.4
11:34:24	382.8	33.9	43.1	1000.5	272.9	62.2	37.7	1.4
11:34:39	382.9	33.9	43.3	987.5	271.9	62.3	37.9	1.4
11:34:54	384	34	42.9	988.9	271.2	62.5	38.2	1.4
11:35:09	383.7	33.8	43.8	999	271	62.4	38.2	1.4
11:35:24	384.4	33.8	43.4	1013.6	270.9	62.6	38.5	1.4
11:35:39	384.8	33.8	43.7	1011.9	271	62.7	38.7	1.4



ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:35:54	386.1	34.1	43.7	1033.5	270.9	63	39	1.4
11:36:09	386.8	34.1	43.4	1024.3	271.1	62.9	39.1	1.4
11:36:24	387.9	33.8	44.1	1018.9	270.9	63	39.3	1.4
11:36:39	388.2	34	44	1026.9	270.7	63.3	39.5	1.4
11:36:54	386.7	33.9	44.1	1040	271	63.4	39.7	1.4
11:37:09	387.5	33.9	44	1041.9	271.2	63.6	39.9	1.4
11:37:24	387.5	33.7	44.4	1042.9	271.5	63.6	40	1.4
11:37:39	385.6	33.8	44.3	1053.5	272	63.8	40.1	1.4
11:37:54	389	33.9	44.8	1060.7	271.9	63.9	40.3	1.4
11:38:09	389.5	33.9	44.8	1065.6	272.6	64.2	40.4	1.4
11:38:24	390.6	33.9	44.5	1055.3	272.3	64.3	40.4	1.4
11:38:39	392.4	34.1	44.9	1063.6	270.9	64.5	40.5	1.4
11:38:54	393.3	33.9	45	1068.8	270.2	64.9	40.7	1.4
11:39:09	394.5	34	44.9	1067.7	269.8	65	40.7	1.4
11:39:24	395.1	34	45.4	1070.5	269.4	65.1	40.7	1.4
11:39:39	396.1	33.8	45.1	1072.2	269.7	65.5	41	1.4
11:39:54	397	33.8	45.3	1081.2	269.8	65.6	40.9	1.4
11:40:09	398.1	34	45.6	1083.3	270.1	65.7	41	1.4
11:40:24	397.5	33.8	45.6	1085.3	270.3	65.9	41	1.4
11:40:39	398.8	33.8	45.5	1085.4	270.2	66.1	41	1.4
11:40:54	399.6	33.9	45.5	1086.2	269.9	66.4	41.2	1.4
11:41:09	400.3	33.8	45.9	1087	269.9	66.6	41.3	1.4
11:41:24	401.5	33.9	45.6	1092.4	269.9	66.9	41.5	1.4
11:41:39	401.7	34	45.9	1086.8	269.8	67	41.5	1.4
11:41:54	401.2	33.8	45.7	1087.6	269.8	67.3	41.6	1.4
11:42:09	402	33.9	45.6	1085.3	269.8	67.6	41.9	1.4
11:42:24	402.4	34	45.8	1096.4	269.7	67.8	41.9	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:42:39	404.1	33.9	46.2	1094.3	269.4	68.1	42.1	1.4
11:42:54	405.1	33.9	45.9	1095.2	269.6	68.3	42.3	1.4
11:43:09	406	33.9	46.3	1097.3	269.5	68.6	42.4	1.4
11:43:24	406.2	33.8	46.2	1101.3	269.7	68.8	42.5	1.4
11:43:39	407.1	33.8	46.2	1102.4	280.8	69.2	42.8	1.4
11:43:54	407.6	34	46.4	1110.4	314.2	69.4	42.8	1.4
11:44:09	407.7	34	46.7	1112.8	330.5	69.6	42.8	1.4
11:44:24	408.6	33.8	46.2	1104	317.4	69.9	42.9	1.4
11:44:39	409.7	33.8	46.2	1101.3	297.1	70.1	42.9	1.4
11:44:54	409.4	33.9	46.6	1097.7	288	70.4	42.9	1.4
11:45:09	410.1	33.8	46.2	1093.8	283.8	70.6	43	1.4
11:45:24	410.6	33.9	46.6	1095.5	281.4	71	43.1	1.4
11:45:39	411	34	46.9	1092.8	279.9	71.2	43.2	1.4
11:45:54	411.6	33.8	46.6	1091.8	279.7	71.4	43.1	1.4
11:46:09	412.3	33.8	46.7	1095.8	279.1	71.7	43	1.4
11:46:24	413	33.7	46.7	1097	278.3	71.9	43.2	1.4
11:46:39	412	33.8	46.8	1097.2	278.1	72.4	43.2	1.4
11:46:54	412	33.7	46.9	1094.1	278.4	72.7	43.3	1.4
11:47:09	412.8	34.1	47	1096.3	277.2	72.7	43.2	1.4
11:47:24	413.3	33.9	47	1098	276.9	73.2	43.4	1.4
11:47:39	413.8	33.9	46.8	1097.1	276.3	73.3	43.3	1.4
11:47:54	413.8	33.8	47	1094.5	275.8	73.7	43.5	1.4
11:48:09	414.7	33.8	46.7	1095	275.4	73.9	43.5	1.4
11:48:24	414.8	34.1	46.8	1092.8	274.5	74.2	43.6	1.4
11:48:39	414.9	33.9	47.1	1084.2	273.9	74.4	43.6	1.4
11:48:54	415.2	34	46.9	1081.7	273.1	74.5	43.3	1.4
11:49:09	414.8	33.8	47.3	1081.6	272.9	74.8	43.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:49:24	415.5	34	47	1080.6	272.3	74.9	43.3	1.4
11:49:39	416	33.9	46.9	1081	272.3	75	43.3	1.4
11:49:54	416.4	34	47.1	1092.8	270.1	75.2	43.1	1.4
11:50:09	416	33.9	47.1	1091.8	270.3	75.4	43.2	1.4
11:50:24	416.5	33.9	46.9	1073.4	272.3	75.6	43.1	1.4
11:50:39	416.5	34	47	1076.3	273.9	75.7	43	1.4
11:50:54	417	34.1	46.9	1067.3	274.9	75.9	42.9	1.4
11:51:09	416.9	33.9	46.5	1062.6	276.3	76.1	42.8	1.4
11:51:24	416.6	33.9	46.4	1059.6	277.6	76.2	42.8	1.4
11:51:39	417.1	33.9	46.7	1072.9	279	76.6	42.8	1.4
11:51:54	417.5	33.9	46.9	1077.7	280.6	76.7	42.6	1.4
11:52:09	418.7	33.9	46.7	1067.9	281.5	76.8	42.7	1.4
11:52:24	420	33.7	46.6	1089.3	282	77.1	42.6	1.4
11:52:39	421.1	33.9	46.7	1089.9	281.9	77.3	42.5	1.4
11:52:54	422	33.8	46.7	1078.7	282	77.6	42.6	1.4
11:53:09	423.3	33.9	46.5	1086.3	282.8	77.7	42.4	1.4
11:53:24	423.1	33.9	46.3	1097.4	283.5	77.9	42.3	1.4
11:53:39	423.8	33.7	46	1102.6	284.8	78.2	42.2	1.4
11:53:54	425.2	33.9	46.1	1100.1	285.7	78.4	42.1	1.4
11:54:09	425.9	33.8	46.3	1095.5	286.1	78.7	42.1	1.4
11:54:24	427	34	46.4	1097.3	286.5	78.9	42	1.4
11:54:39	428	34	45.9	1098.4	287.5	79	41.9	1.4
11:54:54	429.7	33.9	45.8	1101.9	288.7	79.3	41.9	1.4
11:55:09	430.6	33.8	45.9	1087.6	288.4	79.4	41.8	1.4
11:55:24	431.4	33.8	45.7	1071	288.9	79.6	41.8	1.4
11:55:39	432	33.9	45.8	1059.4	289.2	79.8	41.7	1.4
11:55:54	432.5	33.7	45.9	1055	289.9	80.1	41.7	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
11:56:09	432.8	33.9	45.7	1071.6	290.1	80	41.6	1.4
11:56:24	433.7	33.7	45.5	1088.6	289.9	80.4	41.6	1.4
11:56:39	434.2	34	45.5	1098.3	290.1	80.5	41.5	1.4
11:56:54	434	33.8	45.4	1105.8	290.3	80.7	41.6	1.4
11:57:09	434.9	33.8	45.4	1106.6	290.1	80.8	41.5	1.4
11:57:24	435.2	33.8	45.4	1105.4	291	81	41.4	1.4
11:57:39	436.5	33.8	45.2	1098.8	290.8	81.1	41.5	1.4
11:57:54	437.3	33.8	45.3	1096.4	291.1	81.4	41.5	1.4
11:58:09	437.8	33.9	44.7	1104.7	291	81.3	41.3	1.4
11:58:24	437.9	33.8	45	1109.2	290.6	81.5	41.4	1.4
11:58:39	438.7	33.8	45.2	1103.1	290.6	81.6	41.3	1.4
11:58:54	438.6	33.8	44.8	1099.9	290.9	81.8	41.4	1.4
11:59:09	439	33.8	45	1123.1	292.9	81.9	41.3	1.4
11:59:24	438.7	33.8	45.4	1106	292.8	82.1	41.4	1.4
11:59:39	440.1	33.9	44.9	1101.2	293	82.3	41.4	1.4
11:59:54	440.8	34	45	1096.7	293.2	82.4	41.4	1.4
12:00:09	440.8	33.8	44.8	1108.9	293.8	82.4	41.3	1.4
12:00:24	441.8	33.9	44.6	1110.7	294.3	82.5	41.4	1.4
12:00:39	442.3	33.9	44.6	1117.5	295	82.5	41.4	1.4
12:00:54	442.8	34	44.4	1114.1	295.1	82.6	41.4	1.4
12:01:09	444.2	33.9	44.9	1115.9	294.7	82.8	41.3	1.4
12:01:24	444.2	33.9	44.8	1119.6	294.1	82.9	41.4	1.4
12:01:39	445.6	34	44.7	1124.7	294.1	83	41.5	1.4
12:01:54	445.3	33.9	44.6	1130.9	294	82.9	41.5	1.4
12:02:09	446.4	34	45	1139.2	294.6	82.9	41.6	1.4
12:02:24	446.3	33.9	44.7	1141.9	294.7	83	41.6	1.4
12:02:39	447.6	34	44.8	1144	295	82.9	41.7	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:02:54	449	34	44.6	1150.8	295.4	82.9	41.9	1.4
12:03:09	448.8	34.1	44.8	1155.7	295.7	82.8	41.9	1.4
12:03:24	450.2	34.1	44.3	1160	296.7	82.6	41.9	1.4
12:03:39	451.4	34.1	44.7	1165.4	296.6	82.5	42	1.4
12:03:54	452.5	33.9	44.5	1170.4	297.5	82.5	42.2	1.4
12:04:09	453.9	33.9	44.7	1170.7	298.6	82.3	42.2	1.4
12:04:24	455.4	34	44.7	1173.2	299	82.3	42.2	1.4
12:04:39	457.1	33.9	44.6	1172	299.6	82.3	42.3	1.4
12:04:54	458.7	33.9	44.7	1166.6	300	82.1	42.4	1.4
12:05:09	459.9	33.9	44.5	1165.1	301.6	82.1	42.4	1.4
12:05:24	461.4	33.9	44.4	1166.4	302.9	81.9	42.5	1.4
12:05:39	462.9	34	44.6	1171.3	303.7	82	42.7	1.4
12:05:54	463.8	33.9	44.8	1176.4	304.1	82	42.7	1.4
12:06:09	464.5	33.9	44.8	1172.1	305.1	82	42.7	1.4
12:06:24	467.2	33.9	44.8	1173.9	304.9	82.1	42.8	1.4
12:06:39	467.9	33.8	44.6	1168.2	305.4	82.1	43	1.4
12:06:54	468.5	33.9	44.9	1172.8	306.3	82.2	42.9	1.4
12:07:09	472	33.9	45	1174.1	306.9	82.4	43.1	1.4
12:07:24	474.1	34	45.1	1173.2	307.6	82.4	43.2	1.4
12:07:39	474.5	33.8	44.9	1172.6	308.7	82.5	43.2	1.4
12:07:54	476.4	33.9	44.9	1169.7	309.4	82.6	43.4	1.4
12:08:09	478.3	34.1	45.3	1177.1	311.4	82.8	43.6	1.4
12:08:24	480.1	34.2	45.7	1176.4	311.6	83	43.7	1.4
12:08:39	481.1	34.2	45.4	1179.9	312.2	83.2	43.8	1.4
12:08:54	483.3	34.2	45.8	1178.8	312.8	83.1	43.9	1.4
12:09:09	485.5	34	45.6	1179.6	314.2	83.3	44.2	1.4
12:09:24	487.9	34.1	45.8	1175.4	315	83.5	44.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:09:39	489.5	34.4	46.9	1051.3	316.7	83.3	44.1	1.4
12:09:54	491.4	34.2	46.7	1012.8	327	83.5	44.3	1.4
12:10:09	492.3	34.5	47.1	999.6	339.7	83.7	44.5	1.4
12:10:24	494.5	34.2	46.9	994.3	346.8	84	44	1.4
12:10:39	496.6	34.5	47.4	990.5	346.1	84.2	43.7	1.4
12:10:54	499.4	34.2	47.1	981.1	350.7	84.4	43.4	1.4
12:11:09	501.5	35.1	48.1	970.9	350.8	85.1	43.7	1.4
12:11:24	504.5	34.7	47.9	961.2	351.9	85.5	44	1.4
12:11:39	508.2	35	48	957.2	354.9	85.6	44.1	1.4
12:11:54	510.6	34.3	47.2	952.6	363.5	85.9	44.1	1.4
12:12:09	511.8	34.3	47.5	944.4	365.7	86	44.3	1.4
12:12:24	515.6	34.3	46.5	959.3	368.2	86.9	44.8	1.4
12:12:39	518.2	34.2	46.8	968.3	379.8	87.3	45	1.4
12:12:54	520.8	34.3	46.9	996.3	379.5	87.5	45.1	1.4
12:13:09	524.7	34.2	46.9	1008	381.1	88	45.3	1.4
12:13:24	527.8	34.3	47.3	1018.7	379.6	88.3	45.5	1.4
12:13:39	527.9	34.4	47.2	1010	376.4	88.7	45.7	1.4
12:13:54	528.9	34.3	47.3	1025.9	373.8	89.1	45.9	1.4
12:14:09	531	34.4	47.3	1026.7	371.2	89.5	46	1.4
12:14:24	532.1	34.2	47.4	1033	368.5	89.9	46	1.4
12:14:39	534.6	34.3	47.5	1028.3	366.9	90.3	46.1	1.4
12:14:54	534.7	34.4	47.3	1015.3	365.9	90.8	46.1	1.4
12:15:09	536.9	34.4	47.6	1040.9	363.2	91.1	46.2	1.4
12:15:24	537.6	34.4	47.8	1028.8	359.9	91.4	46.2	1.4
12:15:39	539	34.3	47.7	1030.9	357.6	91.9	46.3	1.4
12:15:54	538.8	34.5	48	1024.8	360.5	92.3	46.3	1.4
12:16:09	540.9	34.3	47.9	1018.2	360.9	92.6	46.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:16:24	540.7	34	48	1020	358.9	93	46.3	1.4
12:16:39	544.2	34.3	47.9	1022.2	356.9	93.5	46.4	1.4
12:16:54	543.7	34.4	48	1017.4	355.4	93.8	46.3	1.4
12:17:09	544.6	34.4	48.3	1012	354.6	94.3	46.5	1.4
12:17:24	544.7	34.3	48.3	1033.5	354.3	94.9	46.6	1.4
12:17:39	544.5	34.4	48.5	1040.4	353.7	95.2	46.5	1.4
12:17:54	546.2	34.3	48.3	1044.1	352.7	95.8	46.6	1.4
12:18:09	547	34.3	48.3	1048.4	351.3	96.1	46.2	1.4
12:18:24	547.1	34.3	48.5	1043.8	349.3	96.6	46.2	1.4
12:18:39	548.4	34.3	48.2	1036.3	347.2	97	46.2	1.4
12:18:54	550.3	34.5	48.3	1055.6	348.1	97.5	45.9	1.4
12:19:09	549.7	34.3	48.2	1036.6	348	98.1	45.9	1.4
12:19:24	550	34.4	48.3	1011	347.1	98.4	45.6	1.4
12:19:39	551.4	34.3	48.1	997.9	347.2	98.9	45.5	1.4
12:19:54	553.4	34.3	48.2	995.3	348	99.4	45.5	1.4
12:20:09	553.6	34.4	48.5	998.4	348.7	99.9	45.3	1.4
12:20:24	555.4	34.3	48	997.8	348	100.3	45.3	1.4
12:20:39	555	34.3	48.5	996	348.4	100.8	45.2	1.4
12:20:54	554.7	34.3	48	997.9	348.4	101.3	45.1	1.4
12:21:09	555.6	34.2	48.1	1047.3	348.5	101.6	45.1	1.4
12:21:24	555.4	34.3	48.1	1091.9	344.2	101.8	44.8	1.4
12:21:39	556.5	34.3	48.1	1102	340.5	102.2	44.8	1.4
12:21:54	555.4	34.5	48.2	1103.1	338.3	102.5	44.9	1.4
12:22:09	555.9	34.5	48	1107	335.3	102.9	44.9	1.4
12:22:24	555.8	34.5	48	1111.5	333.1	103.1	44.7	1.4
12:22:39	556	34.5	47.7	1115.4	331	103.1	44.7	1.4
12:22:54	555.5	34.4	47.8	1114.2	329.8	103.3	44.7	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:23:09	554.3	34.5	47.8	1112.6	327.8	103.4	44.5	1.4
12:23:24	555.2	34.5	47.6	1113.1	327	103.4	44.4	1.4
12:23:39	554.4	34.4	47.4	1114.7	325.8	103.8	44.4	1.4
12:23:54	555.1	34.4	47.5	1113	325.3	103.7	44.3	1.4
12:24:09	554.6	34.4	47.3	1114.2	325.5	103.7	44.4	1.4
12:24:24	553.3	34.5	47.3	1117.2	325.4	103.8	44.1	1.4
12:24:39	553.4	34.4	47.1	1117.2	326.2	104	44.1	1.4
12:24:54	553.8	34.3	47.1	1114.9	327.2	103.9	43.8	1.4
12:25:09	554.1	34.3	47.2	1116.1	327.2	103.9	43.7	1.4
12:25:24	553.8	34.4	47.2	1117.3	326.6	104	43.5	1.4
12:25:39	553.9	34.2	47.3	1115.9	326.5	104.1	43.3	1.4
12:25:54	552.7	34.2	46.7	1117.7	325.5	104.2	43.1	1.4
12:26:09	553.1	33.8	46.6	1119.9	324.5	104.2	43.1	1.4
12:26:24	553.9	34.3	46.9	1119.9	324.9	104.7	43.4	1.4
12:26:39	554	34.3	46.5	1120	325.2	104.9	43.4	1.4
12:26:54	553.2	34.3	46.6	1121.7	325.3	104.9	43.3	1.4
12:27:09	553.9	34.3	46.6	1126.5	325	105.2	43.2	1.4
12:27:24	554.4	34.3	46.2	1130.2	323.9	105.4	43.1	1.4
12:27:39	554.6	34.3	46.3	1131	323.3	105.3	43	1.4
12:27:54	554.4	34.3	46.3	1134	322.3	105.6	42.9	1.4
12:28:09	553.6	34.3	46.1	1132.6	321.8	105.7	42.6	1.4
12:28:24	553.4	34.4	46.2	1135.4	321.1	105.9	42.6	1.4
12:28:39	553.1	34.3	45.9	1138.5	320.4	106.1	42.6	1.4
12:28:54	553	34.3	45.8	1141.2	320	106.2	42.5	1.4
12:29:09	553	34.4	45.8	1145.1	318.7	106.4	42.5	1.4
12:29:24	552.2	34.3	45.3	1147.7	318.6	106.5	42.4	1.4
12:29:39	552.1	34.4	45.7	1145.7	318.3	106.7	42.3	1.4



ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:29:54	551.3	34.4	45.3	1149.4	317.6	107	42.3	1.4
12:30:09	551	34.3	45.1	1145.1	316.6	106.9	42.1	1.4
12:30:24	549.8	34.3	45	1140	316.2	107.1	42.2	1.4
12:30:39	550.7	34.3	45.1	1136.9	316.4	107.3	42.1	1.4
12:30:54	551.2	34.5	45	1135.4	316.9	107.4	42.1	1.4
12:31:09	550.1	34.3	44.9	1135.3	317.5	107.6	42	1.4
12:31:24	549.4	34.4	44.5	1135.4	317.9	107.6	41.9	1.4
12:31:39	549.3	34.2	44.8	1132.5	317.5	107.9	41.9	1.4
12:31:54	548.5	34.4	44.7	1132.9	316.8	108	41.8	1.4
12:32:09	549	34.2	44.3	1131.3	317.2	108.1	41.7	1.4
12:32:24	548.4	34.5	44.4	1131.4	316.2	108.2	41.7	1.4
12:32:39	548.6	34.3	44.4	1131.8	316.4	108.5	41.8	1.4
12:32:54	549.3	34.4	44.4	1130	316.9	108.6	41.7	1.4
12:33:09	549.4	34.4	44	1128.8	317.9	108.6	41.5	1.4
12:33:24	549.4	34.4	43.9	1126.9	317.3	108.7	41.5	1.4
12:33:39	550.9	34.3	43.7	1126.4	317	108.9	41.5	1.4
12:33:54	550.5	34.3	43.8	1124.3	317.3	108.9	41.5	1.4
12:34:09	552	34.3	43.8	1123.2	317.7	109	41.5	1.4
12:34:24	552.4	34.2	43.6	1122.9	318.1	108.9	41.4	1.4
12:34:39	553.1	34.3	43.3	1123.2	318.3	109	41.3	1.4
12:34:54	553.7	34.4	43.3	1124.2	317.8	108.9	41.2	1.4
12:35:09	554.9	34.3	43.3	1124.1	317.8	109.1	41.3	1.4
12:35:24	555.3	34.4	43.5	1123.9	318	108.9	41.1	1.4
12:35:39	555.6	34.5	43.2	1124.7	317.6	108.8	41	1.4
12:35:54	556	34.5	43	1125.1	317.1	108.8	40.9	1.4
12:36:09	556	34.5	43.1	1123.6	317.2	108.8	40.8	1.4
12:36:24	556.6	34.6	42.8	1123.2	316.9	108.8	40.8	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:36:39	556.6	34.4	43	1124.6	316.6	108.9	40.8	1.4
12:36:54	556.8	34.5	42.8	1125	315.6	108.6	40.9	1.4
12:37:09	557.3	34.3	42.8	1126	316.1	108.7	40.7	1.4
12:37:24	558.1	34.5	42.9	1125.9	315.9	108.4	40.6	1.4
12:37:39	558.4	34.3	42.4	1124.8	315.8	108.5	40.7	1.4
12:37:54	558.6	34.4	42.7	1122	314.7	108.5	40.6	1.4
12:38:09	559.2	34.2	42.2	1122.6	314.7	108.3	40.6	1.4
12:38:24	559.3	34.4	42.4	1123.4	314.2	108.3	40.7	1.4
12:38:39	560	34.2	42.2	1124	313.9	108.2	40.5	1.4
12:38:54	559.3	34.4	42.1	1125.4	314.4	108.1	40.6	1.4
12:39:09	560.3	34.4	42	1123.4	314.3	107.9	40.4	1.4
12:39:24	559.8	34.3	41.8	1122	314.4	107.8	40.4	1.4
12:39:39	560.2	34.5	42	1122	313.4	107.6	40.2	1.4
12:39:54	560.8	34.3	41.9	1120.8	313.5	107.5	40.2	1.4
12:40:09	560	34.5	41.8	1119.5	312.9	107.3	40.1	1.4
12:40:24	560	34.4	41.6	1115	313.6	107.2	40.1	1.4
12:40:39	560.3	34.3	41.8	1117.5	312.8	107.2	39.8	1.4
12:40:54	560.2	34.3	41.6	1118.6	312.6	107.1	39.8	1.4
12:41:09	560.1	34.4	41.5	1116.6	312.3	106.9	39.7	1.4
12:41:24	559.5	34.2	41.4	1120	312.1	106.8	39.7	1.4
12:41:39	559.7	34.4	41.2	1114.6	311.4	106.8	39.7	1.4
12:41:54	559.7	34.4	41.4	1105.6	310.7	106.8	39.6	1.4
12:42:09	559	34.3	41.2	1104.2	310.5	106.7	39.6	1.4
12:42:24	558.6	34.3	41.1	1106.4	310.1	106.6	39.7	1.4
12:42:39	559.3	34.5	41.5	1109	327.6	106.6	39.6	1.4
12:42:54	559.3	34.4	41.1	1115.2	349.5	106.6	39.6	1.4
12:43:09	558.8	34.4	41.2	1120.7	360	106.5	39.6	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:43:24	558.3	34.5	41	1115.7	346.1	106.4	39.5	1.4
12:43:39	557.9	34.5	41.1	1109.7	340.4	106.2	39.4	1.4
12:43:54	557.5	34.5	40.8	1098.3	337.4	106.2	39.5	1.4
12:44:09	556.8	34.5	41.1	1088.8	335	106.1	39.4	1.4
12:44:24	556	34.4	40.8	1083.7	333.7	106	39.3	1.4
12:44:39	554.7	34.3	40.7	1083.5	333.4	105.8	39.3	1.4
12:44:54	555	34.5	40.7	1082.1	332.3	105.8	39.2	1.4
12:45:09	554.1	34.4	40.6	1085.4	332.1	105.7	39.1	1.4
12:45:24	553.3	34.3	40.5	1081.7	331.5	105.7	39.2	1.4
12:45:39	553.3	34.5	40.5	1078.5	331.4	105.6	39.1	1.4
12:45:54	552.4	34.5	40.8	1075.9	330.6	105.5	39	1.4
12:46:09	551.6	34.5	40.4	1075.9	330.4	105.3	39	1.4
12:46:24	551.2	34.4	40.1	1075.4	330	105.2	39	1.4
12:46:39	550.1	34.4	40.1	1072.6	329.8	105	38.8	1.4
12:46:54	549.6	34.4	40.1	1069.1	329.2	104.9	38.7	1.4
12:47:09	548.7	34.4	39.9	1078.6	328.3	104.8	38.9	1.4
12:47:24	548.1	34.5	40.3	1074.8	326.8	104.6	38.7	1.4
12:47:39	546.9	34.4	40.1	1070.1	326.2	104.5	38.7	1.4
12:47:54	546.2	34.5	39.9	1066.8	325.2	104.5	38.7	1.4
12:48:09	545.6	34.4	39.9	1061.6	323.9	104.3	38.8	1.4
12:48:24	544.2	34.4	39.8	1057.8	323.5	104.2	38.7	1.4
12:48:39	543.6	34.4	39.7	1056.2	322.8	104	38.6	1.4
12:48:54	542.7	34.4	39.8	1053.4	321.9	103.8	38.7	1.4
12:49:09	541.5	34.4	39.4	1049.9	321.3	103.7	38.6	1.4
12:49:24	540.9	34.4	39.6	1045	320.7	103.7	38.7	1.4
12:49:39	539.5	34.5	39.2	1042.6	320.1	103.4	38.6	1.4
12:49:54	538.7	34.3	39.5	1041.1	319.3	103.2	38.6	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:50:09	537.7	34.5	39.3	1037.6	318.3	103	38.6	1.4
12:50:24	536.6	34.4	39.2	1037.4	318.1	102.8	38.4	1.4
12:50:39	535.8	34.5	39.4	1036.6	317.2	102.6	38.3	1.4
12:50:54	534.8	34.3	39.5	1034	316	102.3	38.3	1.4
12:51:09	533.5	34.4	39	1031.5	315.3	102.2	38.3	1.4
12:51:24	532.5	34.4	39.3	1023.9	314.6	101.9	38.3	1.4
12:51:39	531.6	34.5	39.2	1020	313.8	101.7	38.2	1.4
12:51:54	530.8	34.3	39.1	1016.9	312.4	101.5	38.3	1.4
12:52:09	529.9	34.4	39.2	1014.4	312.3	101.2	38.1	1.4
12:52:24	528.8	34.3	39	1010.6	311.6	101	38.1	1.4
12:52:39	528.3	34.4	38.9	1004.1	310.9	100.7	38	1.4
12:52:54	527.3	34.4	38.8	998	310.6	100.5	37.9	1.4
12:53:09	526.1	34.4	39	990.5	310.1	100.4	37.9	1.4
12:53:24	525.2	34.5	38.8	988.8	309.6	100.2	37.9	1.4
12:53:39	524.5	34.4	38.7	987.6	309.4	99.9	37.7	1.4
12:53:54	523.4	34.4	38.7	991.9	308.9	99.8	37.8	1.4
12:54:09	522.3	34.4	38.8	994.6	308.6	99.4	37.7	1.4
12:54:24	522	34.4	38.6	989.1	308.1	99.4	37.7	1.4
12:54:39	521.2	34.4	38.5	992.1	307.8	99.1	37.7	1.4
12:54:54	520	34.4	38.6	988.5	307.8	98.8	37.6	1.4
12:55:09	519.2	34.4	38.5	981	307.7	98.7	37.6	1.4
12:55:24	518.5	34.4	38.4	980.3	307.7	98.5	37.6	1.4
12:55:39	517.9	34.6	38.6	979.2	307.8	98.2	37.6	1.4
12:55:54	517.2	34.4	38.3	980.2	307.8	98.2	37.6	1.4
12:56:09	516.8	34.3	38.2	987.1	307.6	98	37.5	1.4
12:56:24	516.3	34.6	38.6	996	307.2	97.7	37.5	1.4
12:56:39	515.9	34.3	38.6	1005.9	307.7	97.5	37.4	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:56:54	515.1	34.3	38.4	1011.2	307.7	97.3	37.5	1.4
12:57:09	514.9	34.4	38.4	1010.7	307.7	97	37.4	1.4
12:57:24	514.2	34.4	38.4	1008.3	308.5	96.8	37.4	1.4
12:57:39	513.5	34.4	38.3	1016	308.1	96.4	37.3	1.4
12:57:54	513.2	34.3	38.1	1011.9	307.5	96.1	37.4	1.4
12:58:09	513	34.4	37.9	1013.9	307.2	95.9	37.4	1.4
12:58:24	512.5	34.3	37.9	1008.2	306.9	95.7	37.5	1.4
12:58:39	512	34.4	38.2	1027	307	95.3	37.2	1.4
12:58:54	511.4	34.3	37.8	1045.8	307.5	95.2	37.3	1.4
12:59:09	511.4	34.3	37.9	1051	307.3	94.7	37.3	1.4
12:59:24	511.2	34.3	37.7	1037.5	308.1	94.6	37.3	1.4
12:59:39	511.1	34.3	37.9	1035	308	94.3	37.2	1.4
12:59:54	511.1	34.2	37.7	1038.7	308.5	94	37.2	1.4
13:00:09	511.1	34.2	37.6	1041.8	308.3	93.7	37.2	1.4
13:00:24	510.8	34.2	37.6	1039.8	308.8	93.5	37.2	1.4
13:00:39	510.7	34.2	37.6	1044.5	309.1	93.3	37.2	1.4
13:00:54	510.6	34.2	37.6	1041.7	309.6	93	37.2	1.4
13:01:09	510.5	34.3	37.6	1039.4	310.5	92.6	37	1.4
13:01:24	510.3	34.2	37.6	1040.2	311.3	92.5	37.1	1.4
13:01:39	510.6	34.1	37.4	1037.4	311.9	92.2	37.1	1.4
13:01:54	510.4	34.3	37.5	1037.4	311.7	91.9	37	1.4
13:02:09	510.4	34.1	37.4	1040.7	311.6	91.7	37.1	1.4
13:02:24	510.3	34.3	37.7	1049.7	311.2	91.4	37	1.4
13:02:39	510.6	34.2	37.4	1042.4	311.2	91.2	36.9	1.4
13:02:54	510.2	34.3	37.6	1048.1	310.7	90.9	36.9	1.4
13:03:09	510.1	34.3	37.5	1050	309.8	90.7	36.9	1.4
13:03:24	510.3	34.3	37.4	1045.1	310.3	90.4	36.9	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:03:39	510	34.3	37.3	1033.7	309.4	90.2	37	1.4
13:03:54	509.8	34.3	37.5	1030.9	309.4	89.9	36.9	1.4
13:04:09	509.8	34.4	37.3	1040	309.3	89.4	36.6	1.4
13:04:24	509.7	34.4	37.3	1034.8	309.8	89.2	36.8	1.4
13:04:39	509.3	34.3	37.3	1048.3	309.4	88.9	36.7	1.4
13:04:54	509.3	34.5	37.5	1048.2	309.4	88.7	36.8	1.4
13:05:09	509.3	34.3	37.3	1048.7	309.2	88.3	36.8	1.4
13:05:24	509.1	34.5	37.2	1062.1	309.3	88.1	36.8	1.4
13:05:39	508.9	34.4	37.1	1056.6	309.1	87.9	36.8	1.4
13:05:54	508.9	34.3	37.1	1057.6	309.4	87.4	36.9	1.4
13:06:09	508.8	34.6	37.2	1052.6	309.1	86.9	36.7	1.4
13:06:24	508.8	34.4	37.3	1050.3	309	86.6	36.7	1.4
13:06:39	508.3	34.4	37.2	1047.6	308.9	86.2	36.7	1.4
13:06:54	508.1	34.5	37.1	1049.4	309.7	85.9	36.8	1.4
13:07:09	508.1	34.4	37	1057.8	310.2	85.5	36.7	1.4
13:07:24	508.2	34.4	37.1	1057.9	310.1	85	36.7	1.4
13:07:39	508.1	34.4	36.9	1059.2	310.6	84.7	36.8	1.4
13:07:54	508.3	34.4	36.8	1066.7	311.6	84.4	36.8	1.4
13:08:09	508.3	34.5	36.9	1075.2	312.2	83.9	36.7	1.4
13:08:24	508.3	34.5	36.9	1076.2	313.1	83.7	36.8	1.4
13:08:39	508.5	34.3	36.8	1087.1	314.4	83.3	36.8	1.4
13:08:54	509.1	34.5	36.9	1087.3	315.3	82.9	36.8	1.4
13:09:09	509.2	34.4	36.9	1087.7	316	82.5	36.8	1.4
13:09:24	509.7	34.4	36.8	1093.7	317	82.2	36.7	1.4
13:09:39	510.1	34.4	37	1093.9	317.4	81.9	36.7	1.4
13:09:54	510.6	34.4	36.9	1073	317.8	81.5	36.7	1.4
13:10:09	511.3	34.3	36.9	1065.1	318.5	81.3	36.7	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:10:24	511.6	34.3	36.7	1077.6	318.1	81	36.6	1.4
13:10:39	512.2	34.3	37	1085.9	318.4	80.6	36.6	1.4
13:10:54	513	34.3	36.7	1085.5	318.7	80.3	36.6	1.4
13:11:09	513.4	34.3	36.7	1092.5	318.9	80.2	36.6	1.4
13:11:24	513.6	34.4	36.8	1101.5	319.2	79.9	36.6	1.4
13:11:39	514.2	34.4	36.8	1097.5	319.4	79.6	36.5	1.4
13:11:54	514.6	34.4	36.6	1095	320	79.3	36.6	1.4
13:12:09	515.1	34.3	36.9	1102	320.3	79.1	36.6	1.4
13:12:24	515.7	34.3	36.8	1103.2	320.4	78.7	36.5	1.4
13:12:39	516.1	34.3	36.5	1104.7	321	78.6	36.5	1.4
13:12:54	516.6	34.3	36.8	1098	321.5	78.4	36.5	1.4
13:13:09	517	34.4	36.7	1092.5	321.9	78.3	36.5	1.4
13:13:24	517.3	34.3	36.7	1086.8	321.8	77.9	36.4	1.4
13:13:39	517.5	34.3	36.8	1061.8	322.9	77.7	36.4	1.4
13:13:54	517.7	34.3	36.8	1047.1	322.7	77.4	36.4	1.4
13:14:09	518.1	34.5	36.7	1033.4	322.4	77.2	36.3	1.4
13:14:24	518.6	34.3	36.8	1021.3	323.2	77.2	36.3	1.4
13:14:39	518.8	34.4	36.9	1004.5	323.6	77	36.3	1.4
13:14:54	519.1	34.3	36.7	989.3	323.8	76.7	36.3	1.4
13:15:09	519.3	34.3	36.6	982.5	324.3	76.6	36.4	1.4
13:15:24	519.7	34.3	36.7	949.9	324.6	76.4	36.4	1.4
13:15:39	519.9	34.3	36.5	996.6	324	76.3	36.3	1.4
13:15:54	519.9	34.1	36.5	1009.6	323.8	76	36.3	1.4
13:16:09	520.1	34.3	36.6	1012.2	323.8	76	36.3	1.4
13:16:24	520.4	34.3	36.4	999.7	323.5	75.8	36.3	1.4
13:16:39	520.4	34.3	36.4	973.3	323.5	75.7	36.4	1.4
13:16:54	520.3	34.3	36.4	954.2	323.1	75.6	36.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:17:09	520.4	34.5	36.6	945.7	322.9	75.4	36.4	1.4
13:17:24	520.4	34.3	36.5	945	323.1	75.4	36.4	1.4
13:17:39	520.3	34.3	36.6	944.4	322.5	75.2	36.4	1.4
13:17:54	520	34.4	36.6	933.8	322.1	75	36.3	1.4
13:18:09	519.9	34.5	36.5	924.5	322.2	74.9	36.4	1.4
13:18:24	519.7	34.4	36.7	941	321.6	74.7	36.4	1.4
13:18:39	519	34.4	36.6	929.6	320.5	74.6	36.2	1.4
13:18:54	518.8	34.2	36.4	901.8	319.4	74.5	36.3	1.4
13:19:09	518.5	34.4	36.6	882.3	318.6	74.3	36.2	1.4
13:19:24	517.9	34.3	36.5	875.9	318.5	74.2	36.2	1.4
13:19:39	517.6	34.3	36.6	869.5	317.9	74.2	36.3	1.4
13:19:54	516.5	34.5	36.6	864.6	317.1	74.1	36.2	1.4
13:20:09	516.1	34.2	36.4	859.4	317	73.9	36.3	1.4
13:20:24	515.2	34.4	36.7	896.4	314.2	73.8	36.2	1.4
13:20:39	514.3	34.4	36.6	935.4	310.3	73.7	36.1	1.4
13:20:54	513.3	34.3	36.4	933.7	307.8	73.7	36.2	1.4
13:21:09	512.2	34.4	36.5	915.6	306.5	73.5	36.2	1.4
13:21:24	511.2	34.4	36.4	898.3	306.2	73.4	36.2	1.4
13:21:40	509.8	34.3	36.3	867.3	305.3	73.3	36.2	1.4
13:21:55	508.8	34.5	36.6	848.1	305	73.1	36.1	1.4
13:22:10	507.9	34.4	36.6	828	304.8	73	36.1	1.4
13:22:25	506.8	34.2	36.3	803.7	304.6	72.9	36.1	1.4
13:22:40	505.9	34.4	36.5	810.1	304.2	72.8	36.2	1.4
13:22:55	504.9	34.4	36.5	770.4	303.9	72.6	36.1	1.4
13:23:10	504.2	34.3	36.6	770.8	303.9	72.6	36.1	1.4
13:23:25	503.3	34.4	36.4	763.7	304	72.4	36.1	1.4
13:23:40	502.5	34.4	36.4	711.7	304	72.4	36.1	1.4



ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:23:55	501.4	34.4	36.3	732.5	303.6	72.3	36.1	1.4
13:24:10	500.3	34.4	36.3	746.3	302.6	72.2	36.2	1.4
13:24:25	499.3	34.4	36.4	751.3	302.5	72.1	36.2	1.4
13:24:40	498.4	34.4	36.4	717.5	302.4	72.1	36.2	1.4
13:24:55	497.4	34.3	36.4	699.1	302.2	71.9	36.3	1.4
13:25:10	496.4	34.3	36.3	676.4	301.9	71.8	36.3	1.4
13:25:25	495.3	34.5	36.5	668.7	301.4	71.7	36.3	1.4
13:25:40	494.7	34.4	36.3	641.7	300.7	71.7	36.3	1.4
13:25:55	493.5	34.4	36.4	619.7	299.6	71.6	36.3	1.4
13:26:10	492.4	34.4	36.3	602.5	298.2	71.6	36.3	1.4
13:26:25	491.2	34.3	36.2	604.3	297.2	71.6	36.4	1.4
13:26:40	490.2	34.5	36.5	589	296.7	71.4	36.4	1.4
13:26:55	489.2	34.4	36.4	573.7	295.5	71.4	36.5	1.4
13:27:10	487.9	34.4	36.3	543.5	294.3	71.3	36.5	1.4
13:27:25	486.4	34.4	36.3	532	293	71.2	36.7	1.4
13:27:40	485.1	34.3	36.1	518	291.6	71.1	36.7	1.4
13:27:55	483.8	34.4	36.2	503.6	290.7	71.2	36.7	1.4
13:28:10	482.5	34.5	36.3	489.4	288.9	71.1	36.7	1.4
13:28:25	481.2	34.4	36.2	482.1	287	71.1	36.8	1.4
13:28:40	479.8	34.4	36.3	468.7	284.9	70.9	36.8	1.4
13:28:55	478.4	34.5	36.3	458.3	283.1	70.8	36.9	1.4
13:29:10	476.9	34.4	36.2	449.2	281.8	70.7	37.1	1.4
13:29:25	475.4	34.4	36.3	449.1	280.2	70.5	37	1.4
13:29:40	474.1	34.4	36.4	437.4	278.7	70.5	37.1	1.4
13:29:55	472.3	34.2	36.2	427	277.2	70.4	37.3	1.4
13:30:10	470.8	34.5	36.4	423.7	275.2	70.2	37.2	1.4
13:30:25	469.4	34.4	36.2	418.4	273.7	70.1	37.3	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:30:40	468	34.4	36.2	410.4	272.2	70	37.4	1.4
13:30:55	466.3	34.4	36.3	405.9	270.1	69.9	37.4	1.4
13:31:10	464.8	34.5	36.2	405.8	268.9	69.7	37.5	1.4
13:31:25	463.2	34.5	36.1	398.8	267.3	69.6	37.5	1.4
13:31:40	461.4	34.5	36.3	390.8	265.8	69.5	37.5	1.4
13:31:55	459.8	34.4	36.2	386.4	264.2	69.4	37.6	1.4
13:32:10	458.1	34.5	36.1	380.2	262.9	69.3	37.6	1.4
13:32:25	456.4	34.5	36.2	373.8	261.3	69.1	37.7	1.4
13:32:40	454.9	34.4	36.1	371.4	260	69	37.8	1.4
13:32:55	453.2	34.3	36.1	368.3	258.2	68.9	37.8	1.4
13:33:10	451.6	34.4	36.2	358.1	256.4	68.6	37.8	1.4
13:33:25	450	34.5	36.1	351.1	254.9	68.6	37.8	1.4
13:33:40	448.3	34.4	36	346.6	254.1	68.4	37.9	1.4
13:33:55	446.5	34.5	36.3	340	252.4	68.3	38	1.4
13:34:10	444.8	34.5	36	335.6	250.4	68.1	38.2	1.4
13:34:25	443.3	34.4	36	331.7	248.7	68	38.1	1.4
13:34:40	441.7	34.5	36.1	327.4	246.8	67.7	38.2	1.4
13:34:55	440.1	34.5	36	325.2	245.1	67.8	38.2	1.4
13:35:10	438.7	34.5	35.9	321.4	243	67.6	38.3	1.4
13:35:25	437	34.5	36	315.5	241.3	67.2	38.3	1.4
13:35:40	435.4	34.5	36	309.9	238.8	67.2	38.4	1.4
13:35:55	433.7	34.4	36	304.9	236.5	66.9	38.5	1.4
13:36:10	432.2	34.5	35.9	301	235.1	66.7	38.5	1.4
13:36:25	430.4	34.5	36.1	297.5	233.4	66.5	38.7	1.4
13:36:40	428.8	34.4	35.9	293.2	231.8	66.3	38.7	1.4
13:36:55	427.2	34.3	35.9	287	230.6	66.2	38.8	1.4
13:37:10	425.6	34.4	35.9	284.1	229	65.9	38.8	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:37:25	424	34.4	35.8	278.3	227.9	65.6	38.8	1.4
13:37:40	422.4	34.5	36.5	278	228.6	65.4	38.7	1.4
13:37:55	420.8	34.5	36.8	268.2	226.5	65.1	38.6	1.4
13:38:10	419.3	34.6	37	260.4	224.6	64.8	38.7	1.4
13:38:25	417.8	34.8	37	254.7	222.5	64.6	38.8	1.4
13:38:40	416.2	34.7	36.6	248.6	221.5	64.5	38.7	1.4
13:38:55	414.6	34.6	36.6	242.3	219.9	64.3	38.8	1.4
13:39:10	413.1	34.7	36.7	241.2	217.9	64	38.8	1.4
13:39:25	411.7	34.9	36.8	242.5	216.4	63.8	38.9	1.4
13:39:40	410.1	34.7	36.7	236.6	215.5	63.8	38.9	1.4
13:39:55	408.3	33.9	35.8	239.8	198.5	63.4	38.8	1.4
13:40:10	406.7	34	35.7	245.9	180	63	38.8	1.4
13:40:25	405.2	34.1	35.8	250.5	171.1	63	38.8	1.4
13:40:40	404	33.9	35.8	250.6	166.5	62.9	38.9	1.4
13:40:55	402.7	33.7	35.6	252	163.1	62.6	38.8	1.4
13:41:10	401.3	34.2	35.9	253.9	160.4	62.3	38.9	1.4
13:41:25	400.2	34.2	35.8	253.1	158.1	62.1	38.9	1.4
13:41:40	399	33.7	35.3	253	156.4	62.2	39.1	1.4
13:41:55	397.8	34.1	35.6	247.7	155.3	61.8	39	1.4
13:42:10	396.6	34.1	35.9	246.4	153.2	61.7	38.8	1.4
13:42:25	395.6	34.1	35.6	246.2	151.9	61.4	38.9	1.4
13:42:40	394.4	34	35.5	244.7	151.6	61.4	39.1	1.4
13:42:55	393.1	34	35.6	243.3	150.2	61.1	39	1.4
13:43:10	392.1	34	36	241.6	149.2	60.9	38.9	1.4
13:43:25	391.1	34.2	35.7	239.3	148.4	60.8	39.1	1.4
13:43:40	389.9	34	35.5	238.7	147.5	60.9	39	1.4
13:43:55	388.7	33.8	35.4	237.5	147.7	60.5	39	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:44:10	387.6	34	35.5	233.3	146.6	60.2	39.1	1.4
13:44:25	386.7	34	35.6	233	145.3	60.1	39.2	1.4
13:44:40	385.7	34.1	35.7	232.6	144.4	60	39.3	1.4
13:44:55	384.7	34	35.3	232.2	144.8	59.8	39.1	1.4
13:45:10	383.7	34	35.5	229.5	144.3	59.5	39.1	1.4
13:45:25	382.6	34	35.4	228	143.3	59.3	39.2	1.4
13:45:40	381.6	33.9	35.3	228.2	143.4	59.4	39.2	1.4
13:45:55	380.4	33.7	35.3	224.1	143	59.2	39.3	1.4
13:46:10	379.3	34	35.7	222.1	142	58.9	39.2	1.4
13:46:25	378.5	33.9	35.4	218.3	141.6	58.9	39.4	1.4
13:46:40	377.3	33.8	35.1	215.6	141.7	58.9	39.3	1.4
13:46:55	376.3	33.9	35.5	213.6	140.5	58.5	39.2	1.4
13:47:10	375.3	34.1	35.2	212.1	140.5	58.5	39.4	1.4
13:47:25	374.2	33.8	35.1	210.8	140.2	58.5	39.4	1.4
13:47:40	373.3	34	35.6	208	139.6	58.2	39.5	1.4
13:47:55	372.3	34	35.3	207.1	138.7	58.2	39.7	1.4
13:48:10	371.2	33.8	35.1	205.8	138.4	57.9	39.6	1.4
13:48:25	370.3	34.1	35.4	205.1	137.4	57.7	39.6	1.4
13:48:40	369.3	33.8	34.9	204.2	137	57.8	39.7	1.4
13:48:55	368.3	33.9	35.3	203.4	136.3	57.6	39.4	1.4
13:49:10	367.4	34.1	35.3	202.1	135.8	57.3	39.6	1.4
13:49:25	366.4	33.6	35.2	203.8	136	57.4	39.5	1.4
13:49:40	365.4	34	35.3	202.2	135.1	57.1	39.4	1.4
13:49:55	364.4	34	35.3	201.7	134.6	57.1	39.6	1.4
13:50:10	363.5	33.6	35.1	201.3	134.6	57.1	39.6	1.4
13:50:25	362.5	34	35.3	200.4	134	56.6	39.6	1.4
13:50:40	361.6	34	35.1	197.4	133.6	56.8	39.7	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:50:55	360.6	33.8	35.2	195.7	132.9	56.6	39.5	1.4
13:51:10	359.8	34.1	35.4	193.3	131.9	56.4	39.6	1.4
13:51:25	358.9	33.9	35	193.6	131.9	56.5	39.5	1.4
13:51:40	357.9	33.7	35.2	190.6	132	56.3	39.7	1.4
13:51:55	357.2	34.4	35.7	189.5	132.6	56.4	39.8	1.4
13:52:10	356.1	34.2	35.4	189.4	132.9	56.3	39.8	1.4
13:52:25	355.3	34.3	36	190.7	131.9	55.7	39.6	1.4
13:52:40	354.5	34.3	35.8	192.5	132.5	55.8	39.5	1.4
13:52:55	353.5	34.2	35.2	193.2	133.3	55.9	39.7	1.4
13:53:10	352.7	33.9	35.4	189.7	133.4	55.6	39.8	1.4
13:53:25	351.9	34.3	35.8	187.9	132.2	55.4	39.8	1.4
13:53:40	351.2	34.1	35.7	184.7	132.4	55.7	40.1	1.4
13:53:55	350.3	33.9	35.4	182.2	131.6	55.6	39.9	1.4
13:54:10	349.4	34.1	35.7	180.3	130.7	55.2	39.8	1.4
13:54:25	348.6	34.1	35.4	180	129.5	55.5	39.9	1.4
13:54:40	347.8	34	35.5	178.8	128.8	55.3	39.9	1.4
13:54:55	347	34.2	35.7	177.6	128.4	54.9	39.7	1.4
13:55:10	346.3	34.4	35.8	178.7	128	55	40	1.4
13:55:25	345.3	34	35.7	175.3	128.3	54.9	39.8	1.4
13:55:40	344.6	34.5	35.9	175	127.8	54.5	39.7	1.4
13:55:55	343.9	34.2	35.6	174.4	127.1	54.7	40	1.4
13:56:10	342.9	34.1	35.6	172.6	126.7	54.7	40	1.4
13:56:25	341.9	34	35.6	171.4	127.3	54.4	39.8	1.4
13:56:40	341.2	34.4	35.8	171.3	126.6	54.3	39.8	1.4
13:56:55	340.4	34.3	35.6	171.2	126	54.4	40.1	1.4
13:57:10	339.5	33.9	35.7	170.4	126.1	54.3	39.9	1.4
13:57:25	338.9	34.3	35.8	169.4	125.3	54.1	40	1.4

ตาราง จ.1 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 50% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:57:40	338.1	34.2	35.6	169.3	124.7	54.2	40.2	1.4
13:57:55	337.2	34	35.5	168.2	124.7	54.4	40.2	1.4
13:58:10	336.3	34.3	35.7	167.4	124.2	54	39.9	1.4
13:58:25	335.7	34.4	35.9	166.5	124.1	53.8	40.1	1.4
13:58:40	334.8	34.1	35.4	165.2	123.9	54.2	40.2	1.4
13:58:55	333.9	34.2	35.5	163.1	123.6	53.8	40	1.4
13:59:10	333.1	34.4	35.9	163.5	122.4	53.7	40.2	1.4
13:59:25	332.3	34.3	35.4	163.7	122.4	53.7	40.2	1.4
13:59:40	331.5	33.9	35.4	162.7	122.4	53.8	40.2	1.4
13:59:55	330.8	34	35.5	161.8	122.2	53.6	40.1	1.4
14:00:10	330	34.3	35.7	160.4	121.8	53.5	40.2	1.4

ตาราง จ.2 บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:39:18	35.3	34	41.7	39.4	37.6	35.6	35.6	1.4
12:39:33	35.4	34	40.1	39.4	38.5	35.3	35.1	1.4
12:39:48	35.2	34.1	39.9	39.6	36.8	35.4	35.2	1.4
12:40:03	35.1	34.2	39.3	39.4	37.3	35.2	35.2	1.4
12:40:18	35.6	34.3	40.3	39.5	40.1	35.1	35.5	1.4
12:40:33	35.5	34.6	39.2	39.5	40.2	35.3	35.3	1.4
12:40:48	35.2	33.8	38.7	39.5	39	35	35.1	1.4
12:41:03	35.4	33.5	36.6	39.6	38.7	35.1	35.1	1.4
12:41:18	35.3	33.5	36.2	39.8	39.6	35.1	35.4	1.4
12:41:33	35.4	33.5	36.8	39	37.1	35.2	35.1	1.4
12:41:48	35.4	34.2	37	40.7	40.6	35.3	35.5	1.4
12:42:03	35.8	33.8	36.6	40.6	39.2	35.5	35.6	1.4
12:42:18	36.7	34	35.7	40.5	40.1	35.4	35.5	1.4
12:42:33	35.8	34.4	36.2	40.4	40.4	35.4	35.5	1.4
12:42:48	35.9	34.4	35.9	40.5	39.7	35.5	35.7	1.4
12:43:03	35.9	34.6	35.6	40.3	42.1	35.4	35.7	1.4
12:43:18	36	34.4	35.2	40.2	39.4	35.5	35.7	1.4
12:43:33	35.9	34.7	35.5	40.6	41.7	35.5	35.9	1.4
12:43:48	36.2	34.4	35	40.3	41.7	35.6	35.9	1.4
12:44:03	36.1	34.8	35.2	40.3	41.1	35.6	35.9	1.4
12:44:18	35.9	34.5	35	40.5	42.7	35.4	35.8	1.4
12:44:33	36	35.1	35.2	40.8	39.1	35.6	35.6	1.4
12:44:48	35.8	34.3	34.6	38.8	40.1	35.3	35.5	1.4
12:45:03	36	34.4	34.6	39.4	39.6	35.5	35.7	1.4
12:45:18	36.3	34.6	34.5	39.5	39	35.4	35.6	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:46:03	36.4	34.3	34.4	39.5	41.7	35.4	35.8	1.4
12:46:18	36	34.3	34.2	38.8	40.4	35.3	35.6	1.4
12:46:33	36.5	34	34.1	38.6	40.6	35.4	35.9	1.4
12:46:48	35.8	34.5	34	38.9	41.8	35.4	35.9	1.4
12:47:03	35.8	34.5	34.2	39.3	39.3	35.4	35.7	1.4
12:47:18	35.5	34.4	34.3	39.7	40.2	35.6	35.9	1.4
12:47:33	35.6	34.4	34.3	39.4	41	35.3	35.8	1.4
12:47:48	36.1	34.5	34.3	38.8	41.1	35.4	35.8	1.4
12:48:03	36.4	34.6	34.2	38.6	39.3	35.5	35.8	1.4
12:48:18	35.9	34.2	34	38.7	40.7	35.6	36	1.4
12:48:33	35.9	33.8	33.9	39.1	38.7	35.6	35.8	1.4
12:48:48	35.4	34.3	34.3	39.1	41.2	35.4	35.9	1.4
12:49:03	35.5	33.8	33.7	37.8	39.8	35.2	35.6	1.4
12:49:18	35.4	33.8	33.7	38	40.8	35.2	35.6	1.4
12:49:33	35.4	34	34.1	38.3	41.3	35.2	35.4	1.4
12:49:48	35.4	34	34	38.1	40.9	35.2	35.5	1.4
12:50:03	35.1	33.5	33.3	38.2	41.4	35.2	35.5	1.4
12:50:18	35.1	33.6	33.4	38.1	41.1	35.1	35.5	1.4
12:50:33	35.2	33.6	33.4	38.1	41	35.2	35.6	1.4
12:50:48	35.2	33.5	33.4	38.2	40.7	35.1	35.5	1.4
12:51:03	35.1	33.5	33.4	38.1	40.9	35.2	35.6	1.4
12:51:18	35.2	33.5	33.5	38.3	40.9	35.2	35.7	1.4
12:51:33	35.2	33.6	33.4	38.3	41.2	35.2	35.6	1.4
12:51:48	35.3	33.5	33.4	38.3	41.3	35.2	35.7	1.4
12:52:03	35.3	33.6	33.4	38.4	41.1	35.2	35.7	1.4
12:52:18	35.1	33.6	33.4	38.3	41.2	35.2	35.7	1.4



ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:52:33	35.1	33.6	33.3	38.2	41.2	35.2	35.7	1.4
12:52:48	35.1	33.6	33.4	39	41.4	35.2	35.7	1.4
12:53:03	35	33.6	33.4	43	42	35.3	35.8	1.4
12:53:18	35.1	33.6	33.4	62.2	44	35.2	35.7	1.4
12:53:33	35.1	33.6	33.4	110	48.2	35.2	35.8	1.4
12:53:48	35.1	33.6	33.5	163.7	52.9	35.3	35.8	1.4
12:54:03	35.1	33.6	33.5	244.2	60.6	35.2	35.8	1.4
12:54:18	35.1	33.6	33.5	361.4	70.1	35.2	35.7	1.4
12:54:33	35.1	33.7	33.5	488.5	79	35.3	35.7	1.4
12:54:48	35	33.7	33.5	596.8	87.3	35.3	35.7	1.4
12:55:03	35.1	33.7	33.6	662.9	95.5	35.2	35.7	1.4
12:55:18	35.1	33.7	33.6	710	102.2	35.3	35.8	1.4
12:55:33	35.1	33.7	33.5	732.1	108.6	35.4	35.8	1.4
12:55:48	35.1	33.7	33.6	738.5	115.1	35.3	35.8	1.4
12:56:03	35.1	33.7	33.6	745.3	119.8	35.2	35.6	1.4
12:56:18	35.1	33.8	33.6	750.3	125.1	35.3	35.8	1.4
12:56:33	35.1	33.8	33.6	756	131.2	35.2	35.7	1.4
12:56:48	35.2	33.8	33.6	761.5	135	35.2	35.7	1.4
12:57:03	35.2	33.7	33.6	769	139	35.3	35.7	1.4
12:57:18	35.2	33.8	33.6	774.5	142.8	35.3	35.6	1.4
12:57:33	35.2	33.9	33.7	778.9	145.7	35.3	35.7	1.4
12:57:48	35.3	33.8	33.7	779	148.9	35.4	35.7	1.4
12:58:03	35.3	33.9	33.7	781.7	151.6	35.3	35.6	1.4
12:58:18	35.5	34	33.8	797.2	174.5	35.4	35.7	1.4
12:58:33	35.5	34	33.9	809.6	190.8	35.5	35.8	1.4
12:58:48	35.6	34.1	34	815.6	201.2	35.5	35.8	1.4
12:59:03	35.8	34.4	34.2	794.3	207	35.6	35.7	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:59:18	35.8	34.1	34	762.7	213.4	35.5	35.7	1.4
12:59:33	36	34.1	34	755.7	213.7	35.5	35.9	1.4
12:59:48	36	34.5	34.3	747.4	217.2	35.7	35.9	1.4
13:00:03	36.1	34.4	34.2	730.5	221	35.8	36	1.4
13:00:18	36.3	34.4	34.2	721.1	224.3	35.8	35.9	1.4
13:00:33	36.3	34.4	34.1	715	227.3	35.8	35.9	1.4
13:00:48	36.5	34.4	34.2	720.3	230.3	35.9	35.9	1.4
13:01:03	36.6	34.4	34.1	730.2	233.8	35.8	35.9	1.4
13:01:18	36.8	34.4	34.2	748.3	236.5	35.9	35.9	1.4
13:01:33	37.1	34.4	34.2	753.4	239.5	36	36	1.4
13:01:48	37.4	34.5	34.3	746.2	242	36	36.1	1.4
13:02:03	37.6	34.4	34.2	754	244.2	36	36	1.4
13:02:18	38	34.5	34.3	742.1	247	36	36	1.4
13:02:33	38.2	34.3	34.2	748.5	248.7	36.1	36	1.4
13:02:48	38.5	34.7	34.3	790.8	251.2	36.1	36	1.4
13:03:03	38.9	34.7	34.3	813.5	254.2	36.2	36	1.4
13:03:18	39.5	34.7	34.3	805	257.4	36.1	35.9	1.4
13:03:33	39.9	34.3	34.1	800	261	36.3	36	1.4
13:03:48	40.5	34.2	34	789.5	262.2	36.2	35.9	1.4
13:04:03	41	34.2	34.1	804.5	264.6	36.3	35.9	1.4
13:04:18	41.6	34.2	34.1	814.4	267.6	36.4	35.9	1.4
13:04:33	42.1	34.1	34	825.2	269.4	36.5	36	1.4
13:04:48	42.8	34.1	33.9	835.9	271.1	36.5	35.9	1.4
13:05:03	43.4	34.2	34	865.1	272.6	36.6	35.9	1.4
13:05:18	43.9	33.7	33.7	870.7	273.7	36.5	35.8	1.4
13:05:33	44.8	33.8	33.6	848.2	275.8	36.6	35.8	1.4
13:05:48	45.6	33.8	33.7	829.6	279	36.8	35.8	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:06:03	46.3	33.9	33.8	853.5	281.3	36.9	35.8	1.4
13:06:18	47.3	33.8	33.7	836.2	281.8	37	35.8	1.4
13:06:33	48.1	33.9	33.7	825.4	284.5	37.1	35.7	1.4
13:06:48	49.1	33.6	33.6	832.2	289.8	37.2	35.8	1.4
13:07:03	50.1	33.8	33.7	844.4	288.4	37.4	35.6	1.4
13:07:18	51.1	34	33.8	844.8	291.6	37.6	35.7	1.4
13:07:33	52.1	33.8	33.7	865.9	292.7	37.6	35.6	1.4
13:07:48	53.1	33.9	33.8	846.1	294.5	38	35.7	1.4
13:08:03	54.1	34	33.8	831	299.5	38.1	35.6	1.4
13:08:18	55.1	33.9	33.8	856.2	304.6	38.4	35.6	1.4
13:08:33	56.3	33.9	33.8	881.2	311.4	38.7	35.5	1.4
13:08:48	57.4	33.7	33.7	890.4	318.5	39	35.3	1.4
13:09:03	58.3	33.7	33.7	905	321.4	39.5	35.2	1.4
13:09:18	59.5	33.8	33.7	907.1	317.8	40.2	35.1	1.4
13:09:33	60.6	33.8	33.8	956.4	320	40.8	34.9	1.4
13:09:48	61.9	33.8	33.7	986.5	323.5	41.7	34.9	1.4
13:10:03	63	33.7	33.8	1020.9	325	42.6	34.8	1.4
13:10:18	64.4	33.7	33.7	1046.4	327.4	43.9	34.8	1.4
13:10:33	65.7	33.8	33.8	1063.6	327.9	45.1	34.5	1.4
13:10:48	67.2	33.7	33.7	1075.5	328.1	46.5	34.5	1.4
13:11:03	68.6	33.8	33.8	1086.5	328.5	48.2	34.5	1.4
13:11:18	70.2	34	33.9	1033.8	329.5	49.8	34.4	1.4
13:11:33	71.7	33.9	33.8	1041.6	329.7	51.6	34.4	1.4
13:11:48	73.1	33.9	33.8	1012.1	330.4	53.5	34.3	1.4
13:12:03	74.3	33.7	33.8	1000.4	331.8	55.5	34.4	1.4
13:12:18	75.7	33.8	33.8	1047.4	333.8	57.6	34.4	1.4
13:12:33	76.8	33.8	33.8	1063.4	335.5	59.8	34.4	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:12:48	78.1	33.9	34	1057.7	336.5	61.8	34.4	1.4
13:13:03	79.1	33.8	33.8	1009.7	336.9	63.9	34.5	1.4
13:13:18	80.1	33.9	34	956.1	337.8	65.8	34.6	1.4
13:13:33	81.1	33.9	34	934	338.4	67.6	34.8	1.4
13:13:48	82	33.8	33.9	986.4	336.3	69.3	34.8	1.4
13:14:03	82.8	33.9	34.1	977.7	333.6	70.7	34.9	1.4
13:14:18	83.5	33.6	33.8	998.7	332.1	72	35	1.4
13:14:33	84.2	33.8	34	1005.2	333.9	73.4	35.1	1.4
13:14:48	85	33.9	34.1	987.6	334	74.5	35.1	1.4
13:15:03	85.6	33.9	34.2	985.9	333.7	75.7	35.1	1.4
13:15:18	86.2	33.8	34.1	978.8	334.1	76.8	35.2	1.4
13:15:33	86.7	33.8	34.1	1008.1	334.2	77.8	35.2	1.4
13:15:48	87.3	33.9	34.3	992.3	335.1	78.7	35.2	1.4
13:16:03	87.8	33.8	34.3	968.7	335	79.8	35.4	1.4
13:16:18	88.2	33.8	34.4	959.3	334.8	80.5	35.3	1.4
13:16:33	88.7	33.7	34.3	984	335.2	81.3	35.3	1.4
13:16:48	89.3	33.8	34.5	914.2	333.8	82.2	35.4	1.4
13:17:03	89.7	33.8	34.6	875	332.4	82.8	35.4	1.4
13:17:18	90.3	34	34.9	861	331.3	83.6	35.6	1.4
13:17:33	90.7	34	34.9	865.9	331.3	84.3	35.6	1.4
13:17:48	91.1	33.9	35	907.1	331.4	85	35.7	1.4
13:18:03	91.5	33.9	35	942.3	331.8	85.5	35.7	1.4
13:18:18	91.9	33.9	35.2	961	332.6	86.1	35.8	1.4
13:18:33	92.3	33.9	35.3	951	332.3	86.7	35.8	1.4
13:18:48	92.9	34	35.4	930	332.4	87.1	35.8	1.4
13:19:03	93.4	34.2	35.7	937.9	333.2	87.8	35.9	1.4
13:19:18	93.9	34.2	35.9	985.8	334.3	88.3	36	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:19:33	94.4	34.2	36	973.6	334.7	88.8	36	1.4
13:19:48	94.7	34.2	36.3	981.1	335.2	89.3	36	1.4
13:20:03	95.2	34.3	36.6	1009.2	335.9	89.8	36.1	1.4
13:20:18	95.4	34.1	36.5	1032	337.1	90.2	36.1	1.4
13:20:33	96	34.2	36.7	1032.5	338.7	90.8	36.3	1.4
13:20:48	96.4	34.1	37.2	1039	341	91.2	36.2	1.4
13:21:03	97	34.1	37.3	1033	344	91.6	36.4	1.4
13:21:18	97.6	34.1	37.7	1033.1	346	92.1	36.5	1.4
13:21:33	98.2	34.3	38	1026.4	347.7	92.4	36.7	1.4
13:21:48	98.8	34.2	38.3	1003.4	349	92.7	36.9	1.4
13:22:03	99.6	34.2	38.9	1033.2	348.7	93.2	37.1	1.4
13:22:18	100.2	34.1	39.1	1047.1	348.3	93.4	37.1	1.4
13:22:33	101	34.2	39.5	1009.1	348.5	93.7	37.3	1.4
13:22:48	101.7	34.1	40.1	1005.2	347.8	93.9	37.5	1.4
13:23:03	102.4	34.3	40.4	979	347.4	94.3	37.7	1.4
13:23:18	103.3	34.2	40.9	929.9	344.1	94.5	37.9	1.4
13:23:33	104.1	34.3	41.2	936.2	341.9	94.6	37.9	1.4
13:23:48	105.1	34.3	41.7	946	339.9	95	38.1	1.4
13:24:03	105.8	34.1	41.8	977.2	339.7	95.2	38.2	1.4
13:24:18	106.6	34.1	42.1	981.4	337.6	95.3	38.1	1.4
13:24:33	107.5	34.2	42.4	976.3	337.9	95.6	38.3	1.4
13:24:48	108.4	34.2	42.7	988	339	95.8	38.3	1.4
13:25:03	109.4	34.3	42.8	979	339.3	96.3	38.4	1.4
13:25:18	110.3	34.3	43.2	983	339.9	96.6	38.3	1.4
13:25:33	111.4	34.2	43.6	986.6	341.9	97.1	38.3	1.4
13:25:48	112.2	34.2	43.8	999.1	343.4	97.8	38.4	1.4
13:26:03	113.1	34.3	43.8	1008.2	344	98.6	38.4	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:26:18	114	34.2	44.2	985.6	343.5	99.4	38.4	1.4
13:26:33	115	34.2	44.2	983	343.5	100.7	38.5	1.4
13:26:48	115.8	34	44.2	982.2	342.8	101.8	38.4	1.4
13:27:03	116.7	34.1	44.2	992.6	344.1	103.2	38.4	1.4
13:27:18	117.7	34.1	44.8	901.2	343.6	104.5	38.5	1.4
13:27:33	118.6	33.9	44.4	834.8	342.3	105.7	38.5	1.4
13:27:48	119.4	33.9	44.7	840.1	340.8	106.6	38.5	1.4
13:28:03	120.3	34	44.9	863.9	338.6	107.4	38.5	1.4
13:28:18	121.1	33.9	45	850.6	337.8	108.1	38.3	1.4
13:28:33	122.1	33.9	44.9	867.8	335.8	108.8	38.3	1.4
13:28:48	123.2	33.9	45.1	836.6	334.7	109.5	38.5	1.4
13:29:03	124.1	33.9	45	890.9	333.1	110	38.4	1.4
13:29:18	125.2	33.9	45	868.4	330.4	110.6	38.4	1.4
13:29:33	126.2	34	45.1	860	330.1	111.3	38.5	1.4
13:29:48	128.5	35	47.3	881.5	333.2	112.1	38.4	1.4
13:30:03	129	35.2	47.4	948	334.7	112.7	38.7	1.4
13:30:18	130.9	35.4	47.2	1009.1	336.8	113.4	38.6	1.4
13:30:33	131	35.2	47.4	1024.8	339.8	113.9	38.6	1.4
13:30:48	132.6	35.5	47.7	1020.8	343.4	114.6	38.6	1.4
13:31:03	133.2	35	47.6	1021.7	342.9	115.4	38.4	1.4
13:31:18	134	35.2	47.6	1032.5	345.2	115.9	38.4	1.4
13:31:33	135.3	35.2	47.7	1035.5	345.7	116.8	38.4	1.4
13:31:48	135.7	35.2	48.1	1023.4	345.6	117.4	38.4	1.4
13:32:03	136.9	35.5	47.9	1022.9	347.7	118.2	38.4	1.4
13:32:18	137.9	35	47.3	1027.4	350.7	119.4	38.5	1.4
13:32:33	138.5	35	47.5	1024.7	353.2	120	38.5	1.4
13:32:48	139.9	35.4	48	1041.9	355.7	121	38.7	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:33:03	140.5	35.1	48.1	1048.9	356.3	121.9	39	1.4
13:33:18	141.3	35.2	48.4	1052.2	358.1	123	39.3	1.4
13:33:33	142.4	34.9	48.1	1064.1	359	124.3	39.5	1.4
13:33:48	143.4	35.3	48.4	1068.7	362.1	125.3	39.8	1.4
13:34:03	144.8	35.3	48.6	1086.4	364.7	126.9	39.9	1.4
13:34:18	145.9	35.1	48.9	1092.4	367.5	128.4	40.2	1.4
13:34:33	146.7	35.2	49.4	1094.8	370.4	129.7	40.6	1.4
13:34:48	148.2	35.4	49.8	1096	373.2	131.7	41.3	1.4
13:35:03	148.6	35.1	49.9	1100.7	376.8	133.4	41.8	1.4
13:35:18	149.9	35.6	50.5	1083.6	380.9	135.3	42.9	1.4
13:35:33	150.6	35	50.4	1100	383.6	137.2	43.6	1.4
13:35:48	152.1	35.8	51.8	1117.2	387.1	139	44.6	1.4
13:36:03	152.9	35.3	51.1	1119.9	390.7	140.8	45.1	1.4
13:36:18	154	35.5	51.8	1132	392.4	142.8	46.1	1.4
13:36:33	155.3	35.6	51.8	1134.5	394.5	144.9	46.8	1.4
13:36:49	156.2	35.7	52.2	1114.5	398.5	147	47.4	1.4
13:37:04	156.5	34.3	51	1058.6	353.4	148.4	47.6	1.4
13:37:19	157.3	34.7	51.4	1038.5	339.4	150.2	48.2	1.4
13:37:34	158.8	34.6	51.6	1046.9	332.5	152	48.6	1.4
13:37:49	159.5	34.7	52	1047.3	331	153.6	49	1.4
13:38:04	160.7	34.7	52.1	1054.2	331.3	155	49	1.4
13:38:19	161.8	34.5	52.1	1055.5	329.8	156.5	48.9	1.4
13:38:34	162.9	34.7	52.8	1061.9	328.9	157.9	48.8	1.4
13:38:49	164.4	35.1	53.2	1068.4	328.6	159.3	48.8	1.4
13:39:04	164.7	33.8	51.7	1076.7	327.4	160.2	48.6	1.4
13:39:19	166.1	33.9	52.3	1086.8	324.7	161.5	48.6	1.4
13:39:34	167.6	33.8	52.1	1083.6	323.7	162.7	48.3	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:39:49	169.2	33.9	52.5	1087.5	321.8	163.8	48.2	1.4
13:40:04	170.7	33.8	52.6	1082.7	320.5	165	48	1.4
13:40:19	172.3	33.9	53.1	1090	318.1	166	48	1.4
13:40:34	174	33.8	53.1	1087.5	316.8	167.1	48	1.4
13:40:49	175.5	33.8	53.2	1092.2	318	168	47.8	1.4
13:41:04	177.1	33.8	53.6	1095.2	316.7	168.9	47.9	1.4
13:41:19	178.7	33.8	53.5	1094.2	315.7	170	47.8	1.4
13:41:34	180.3	33.8	53.7	1103.9	318.5	170.9	47.8	1.4
13:41:49	181.8	33.8	53.9	1100.8	319.9	171.7	47.7	1.4
13:42:04	183.4	33.9	53.9	1087.3	321.6	172.7	47.7	1.4
13:42:19	184.9	33.9	54.1	1089.8	324.8	173.6	47.9	1.4
13:42:34	186.3	33.8	54.1	1076.2	326.1	174.7	47.9	1.4
13:42:49	187.9	34.1	54.5	1077.8	328.6	175.6	48	1.4
13:43:04	189.2	33.9	54.5	1095.5	335.5	176.5	48	1.4
13:43:19	190.6	33.8	54.5	1098.9	339.3	177.5	48	1.4
13:43:35	191.4	33.9	54.6	1088.7	338.1	178	48	1.4
13:43:51	193.5	33.9	54.8	1071.7	339.5	179.6	48.2	1.4
13:44:06	195	33.8	54.8	1067.5	339.3	180.3	48	1.4
13:44:21	196.6	33.8	54.8	1065	339.7	181.3	48.3	1.4
13:44:36	198.2	33.8	54.9	1061	340.7	182.1	48.6	1.4
13:44:51	200.1	33.9	55.3	1066.5	343	182.9	48.5	1.4
13:45:06	202.2	34	55.5	1063.9	345.5	183.5	48.6	1.4
13:45:21	204.3	33.9	55.4	1041.4	346.6	184.3	48.4	1.4
13:45:36	206.5	33.9	55.4	1024.7	348.4	185	48.5	1.4
13:45:51	208.8	34	55.7	1023.1	351	185.9	48.6	1.4
13:46:06	210.9	33.9	55.6	1029.3	352.5	186.7	48.8	1.4
13:46:21	213.1	33.9	55.7	1013.3	353.7	187.4	48.8	1.4



ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:46:36	215.4	33.9	55.6	1011.8	356.1	188.2	49.1	1.4
13:46:51	217.9	34	55.6	1011.2	360.4	189	49	1.4
13:47:06	220.2	33.9	55.6	1023.2	359.7	189.9	48.9	1.4
13:47:21	222.6	33.9	55.4	1028.4	353.1	190.8	49.1	1.4
13:47:36	225.2	34	55.7	1027.4	349.2	191.4	49.3	1.4
13:47:51	227.8	33.9	55.6	1032.6	346.6	192.4	49.6	1.4
13:48:06	230.4	33.9	55.5	1058.3	341.9	193.1	49.3	1.4
13:48:21	233	34	55.6	1080.7	339.7	193.8	49.3	1.4
13:48:36	235.6	34.1	55.6	1069.9	337.8	194.6	49.5	1.4
13:48:51	237.9	34	55.6	1068.8	337.7	195.4	49.5	1.4
13:49:06	240.3	34.3	55.7	1067.5	336.8	196.1	49.5	1.4
13:49:21	242.7	34.3	55.9	1066.8	335.2	196.8	49.7	1.4
13:49:36	245	34.2	55.7	1066	333.7	197.5	49.6	1.4
13:49:51	247.2	34.2	55.6	1062.7	334.6	198.2	49.8	1.4
13:50:06	249.5	34.2	55.7	1058.7	334.1	198.8	49.6	1.4
13:50:21	251.6	34.1	55.7	1071.2	332.3	199.1	49.4	1.4
13:50:36	253.6	34	55.5	1081.6	331.7	199.6	49.4	1.4
13:50:51	255.7	34	55.5	1084.1	332.5	200.3	49.5	1.4
13:51:06	257.7	34	55.5	1090.6	330.9	200.8	49.6	1.4
13:51:21	259.8	33.9	55.6	1092.2	329.4	201.4	49.7	1.4
13:51:36	262	34	55.5	1100.3	329.9	202.4	49.5	1.4
13:51:51	264.1	34	55.5	1096.4	327.3	203.3	49.6	1.4
13:52:06	266.3	34.2	55.7	1093.9	326	204.4	49.8	1.4
13:52:21	268.1	33.9	55.4	1098	326.8	205	49.6	1.4
13:52:36	270	34	55.4	1097.1	326.8	206.1	49.8	1.4
13:52:51	271.7	34	55.5	1092.7	328	206.8	49.7	1.4
13:53:06	273.5	34.1	55.5	1092.2	330	207.6	49.9	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:53:21	275.3	34.1	55.2	1094.7	333.4	208.3	49.8	1.4
13:53:36	277.1	34	55.3	1080.6	338.3	208.9	50	1.4
13:53:51	278.8	34.1	55.4	1070.2	343.9	209.8	49.8	1.4
13:54:06	280.7	34	55.3	1062	349.2	210.7	49.9	1.4
13:54:21	282.6	34	55.2	1064.4	354.6	211.5	49.8	1.4
13:54:36	284.5	34	55.5	1044.8	366.8	212.2	49.9	1.4
13:54:51	286.5	34.1	55.6	1041.4	374.6	213.2	50	1.4
13:55:06	288.6	34.3	55.8	1057.5	376.5	213.9	49.9	1.4
13:55:21	290.6	34.4	55.8	1074.9	370.1	215.1	50.1	1.4
13:55:38	292.8	34.2	55.8	1091.3	365.1	215.7	49.9	1.4
13:55:53	294.8	34.1	55.8	1098.2	359.3	216.5	49.7	1.4
13:56:08	296.8	34.2	55.9	1100.2	345.5	217.3	50.2	1.4
13:56:23	299	34.4	55.9	1111.8	336.7	217.9	50.2	1.4
13:56:38	301.2	34.6	55.9	1122	331.9	218.6	50.1	1.4
13:56:53	303.2	34.4	56.2	1119	328.6	219.4	50.2	1.4
13:57:08	305.1	34	56.3	1123.2	326.5	219.9	50.1	1.4
13:57:23	307.1	34	56.1	1089.4	329.6	220.7	50.1	1.4
13:57:38	309	34	56.2	1070.2	333.8	221.2	50.2	1.4
13:57:53	311.2	33.9	56.2	1066.3	335.6	222	50.1	1.4
13:58:08	313.1	34	56.2	1062.1	338.2	222.7	50	1.4
13:58:23	315	34.2	56.2	1072.1	340.8	223.4	50	1.4
13:58:38	317.1	34.3	56.4	1072.1	342.1	224.1	50	1.4
13:58:53	319.2	34.4	56.5	1078.8	344.1	224.7	50	1.4
13:59:08	320.8	34.2	56.2	1080.8	345.4	225.4	49.8	1.4
13:59:23	322.5	33.9	56	1084.4	345.9	226	49.9	1.4
13:59:38	324.5	33.9	55.9	1082.6	347.2	226.8	50	1.4
13:59:53	326.5	33.9	56.1	1088.7	346.1	227.5	49.9	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:00:08	328.4	33.9	55.9	1094.7	344	228.6	50	1.4
14:00:23	330.2	34	56	1100	344.4	229.4	50.1	1.4
14:00:38	332.2	33.9	55.7	1099	345.3	230.1	49.7	1.4
14:00:53	334.1	33.9	55.6	1095.3	348.1	230.9	49.9	1.4
14:01:08	335.8	33.9	55.8	1096.7	348.1	231.4	49.8	1.4
14:01:23	337.9	33.9	55.7	1104.5	350.4	232.2	50	1.4
14:01:38	339.9	33.9	55.6	1111.6	350.8	232.8	50	1.4
14:01:53	342	34.1	55.8	1110.2	349.9	233.6	50	1.4
14:02:08	344.1	34.3	55.9	1115.2	349.5	233.8	49.8	1.4
14:02:23	346.2	34.1	55.7	1120.5	347.9	234.2	49.5	1.4
14:02:38	352.3	34	55.4	1125.2	350.4	234.9	49.4	1.4
14:02:53	350.2	34.1	55.5	1147	343.8	235.1	49.5	1.4
14:03:08	352.2	34.1	55.3	1141.2	341.5	235.8	49.6	1.4
14:03:23	354	34.1	55.4	1130.6	335.3	236.2	49.5	1.4
14:03:38	356	34	55.3	1147	335.4	236.6	49.4	1.4
14:03:53	358	34.4	55.5	1156.7	333.3	237.2	49.2	1.4
14:04:08	360	34.1	55.3	1141.3	333.7	237.7	49.4	1.4
14:04:23	361.7	34	55.2	1140.7	337.8	238.4	49.4	1.4
14:04:38	363.6	34	55.2	1141.5	338.8	239.1	49.6	1.4
14:04:53	365.2	33.9	55	1119.4	338.8	239.9	49.7	1.4
14:05:08	367.1	33.9	55.1	1109	338.5	240.5	49.6	1.4
14:05:23	369.1	33.8	55.1	1138.8	344.4	241.4	49.4	1.4
14:05:38	370.8	33.9	54.8	1164.7	341.5	242.2	49.5	1.4
14:05:53	372.7	33.8	54.7	1161.9	343	242.8	49.8	1.4
14:06:08	374.5	34	55	1154.6	343.2	243.6	49.7	1.4
14:06:23	376.2	33.9	55	1125.7	343	244.5	49.6	1.4
14:06:38	378	33.8	54.8	1154.8	345.5	245.4	49.5	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:06:53	379.8	33.9	54.6	1159.4	345.4	246.4	49.7	1.4
14:07:08	381.5	33.9	54.8	1154.4	344.7	247.3	49.7	1.4
14:07:23	383.9	34.5	55.3	1158.5	343.3	248.7	49.9	1.4
14:07:38	385.6	34.5	55.3	1164.6	346.7	249.6	50.1	1.4
14:07:53	387.3	34.5	55.4	1161.3	348.2	250.6	50.1	1.4
14:08:08	389	34.4	55.1	1165.7	349.5	251.6	50.2	1.4
14:08:23	390.3	34	54.8	1175.6	350.8	252.6	50.2	1.4
14:08:38	392	34	54.9	1179	353.3	253.8	50	1.4
14:08:53	393.5	34	54.8	1179.7	355.7	254.9	50.2	1.4
14:09:08	395	34	54.8	1173.6	358.4	256	50.5	1.4
14:09:23	396.6	33.8	54.5	1168.7	365.4	257	50.4	1.4
14:09:38	398.2	33.9	54.6	1164.8	364.5	258.2	50.3	1.4
14:09:53	399.7	33.8	54.4	1153	351.4	259.5	50.4	1.4
14:10:08	401.3	33.8	54.6	1153.6	342.4	260.7	50.1	1.4
14:10:23	403	33.8	54.4	1163.7	334.1	262.1	49.3	1.4
14:10:38	404.7	33.8	54.4	1171.9	343.3	263.1	48.7	1.4
14:10:53	406.4	33.8	54.1	1169.6	344.5	264.3	48.6	1.4
14:11:08	408.2	33.8	54.2	1168.5	342	265.6	48.9	1.4
14:11:23	409.9	33.8	54.2	1166.7	340.3	266.8	48.7	1.4
14:11:38	411.6	33.8	54.1	1149.4	339.4	267.8	48.3	1.4
14:11:53	413.3	33.8	54.2	1131	342.8	268.6	48.2	1.4
14:12:08	414.9	33.8	54.1	1127.9	343.9	269.4	48.4	1.4
14:12:23	416.6	33.8	54.2	1111.5	344.8	270.3	48.3	1.4
14:12:38	418.3	33.7	54.1	1096.7	348.2	271.1	48.4	1.4
14:12:53	420.2	33.8	54.1	1087	349.7	271.7	48.3	1.4
14:13:08	422.1	33.8	54.2	1088	350.4	272.5	48.3	1.4
14:13:23	424	33.8	54.2	1084.3	349	273.4	48.1	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:13:38	425.7	33.8	54	1089.3	348.6	274.2	48	1.4
14:13:53	427.6	34.1	54.2	1092.8	348.5	275	48.4	1.4
14:14:08	429.3	33.8	53.9	1087	361.4	275.3	49.1	1.4
14:14:23	431.2	34.2	54.2	1090.6	324.6	276	49.5	1.4
14:14:38	433.2	34	53.8	1091.5	310	276.8	49.2	1.4
14:14:53	435	33.8	53.7	1084.5	333.7	277.5	48.7	1.4
14:15:08	437	33.9	53.6	1086.9	340.4	278.1	48.7	1.4
14:15:23	439	34	53.7	1097.7	342.5	278.9	48.5	1.4
14:15:38	441.1	34	53.9	1104.7	340.7	279.4	48.6	1.4
14:15:53	442.9	33.8	53.7	1100	340.7	279.8	48.2	1.4
14:16:08	444.9	33.8	53.5	1093.3	340.6	280.4	48.2	1.4
14:16:23	447	34	53.5	1091.2	339.2	280.9	48.2	1.4
14:16:38	449.1	34.1	53.7	1096.7	337.8	281.4	48.1	1.4
14:16:53	451	33.9	53.7	1098.4	336.2	281.9	47.8	1.4
14:17:08	453.2	34.1	53.5	1096.9	333.6	282.3	47.8	1.4
14:17:23	455.2	33.9	53.3	1099.3	332.8	282.5	47.6	1.4
14:17:38	457.1	33.9	53.3	1104.4	330	282.8	47.4	1.4
14:17:53	459.1	34	53.2	1113.6	327.4	283.2	47.6	1.4
14:18:08	461	34	53.2	1119.9	326.8	283.4	47.2	1.4
14:18:23	462.9	34	53.2	1125.5	323.5	283.9	47.3	1.4
14:18:38	464.5	34.2	53.3	1131.1	320	284.1	47.2	1.4
14:18:53	466	34.1	53.3	1130.3	317.4	284.4	47	1.4
14:19:08	467.4	33.9	52.8	1128.4	312.8	284.6	46.9	1.4
14:19:23	468.2	33.8	52.7	1128.5	309.1	285	46.7	1.4
14:19:38	469.1	34.1	53	1126.1	305.5	285.4	46.6	1.4
14:19:53	469.7	34.1	52.8	1121.1	301.9	285.6	46.5	1.4
14:20:08	470.2	34	52.9	1119.3	299.1	286	46.5	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:20:23	470.7	34	52.9	1116.7	296.5	286.1	46.3	1.4
14:20:38	471	34.1	52.6	1116.4	294.3	286.4	46.3	1.4
14:20:53	471.4	34.1	52.3	1113.9	291.1	286.6	46.1	1.4
14:21:08	471.7	34.1	52.4	1112.2	288.9	287.1	46	1.4
14:21:23	472	34.1	52.2	1114.3	287.4	287.6	46	1.4
14:21:38	472.1	34.4	52.3	1111.9	286.8	288.2	45.8	1.4
14:21:53	472.4	34.4	52.3	1120.8	346.8	288.7	45.8	1.4
14:22:08	472.4	34.1	52.1	1098.6	331.5	288.8	45.5	1.4
14:22:23	472.6	34.2	52.1	1092	324.2	289.1	45.5	1.4
14:22:38	472.8	34.1	51.8	1095.2	322.6	289.4	45.4	1.4
14:22:53	473	34.1	51.8	1099.7	321.8	289.5	45.3	1.4
14:23:08	473.1	34.1	51.6	1101.4	321.4	290	45.1	1.4
14:23:23	473.5	34.2	51.6	1114.4	320.6	290.2	45.3	1.4
14:23:38	473.8	34	51.5	1124.4	320.1	290.4	45.2	1.4
14:23:53	474.3	34.1	51.4	1121.1	319.8	290.6	45.1	1.4
14:24:08	474.7	34	51.1	1112	319.5	290.9	45.1	1.4
14:24:23	475.1	34.1	50.9	1110	318.8	291.3	45	1.4
14:24:38	475.3	34.1	51	1105.6	318	291.5	44.8	1.4
14:24:53	475.7	34.1	50.7	1093.3	317.7	291.8	44.9	1.4
14:25:08	476	34.2	51.1	1089.3	317.1	292.2	45	1.4
14:25:23	476	34.1	50.8	1088.1	317.4	292.7	45	1.4
14:25:38	476.1	34	50.7	1097	317.6	293.1	45	1.4
14:25:53	476.1	34.1	50.3	1104	319.1	293.5	45	1.4
14:26:08	476.1	34.1	50.3	1109	319.1	293.8	44.9	1.4
14:26:23	476	34	50.2	1100.9	318.9	294.1	44.7	1.4
14:26:38	476	34	50	1097	319	294.5	44.7	1.4
14:26:53	476.1	34	49.8	1095.7	319.8	294.9	44.8	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:27:08	476.2	34.1	50.1	1105.4	321.4	295.2	44.8	1.4
14:27:23	476.4	34.1	49.9	1114.4	322.7	295.6	44.8	1.4
14:27:38	476.6	34.1	49.6	1111.6	324.3	296.2	44.8	1.4
14:27:53	476.7	34.1	49.6	1114.8	324.7	296.7	44.8	1.4
14:28:08	476.9	34.2	49.6	1114.1	325.1	297.4	44.8	1.4
14:28:23	476.9	33.9	49.2	1114.9	325.6	297.8	44.7	1.4
14:28:38	477.1	33.9	49.2	1111	325.2	298.5	44.5	1.4
14:28:53	477.1	33.8	49.1	1111.5	326.1	299.2	44.6	1.4
14:29:08	477.4	33.9	48.9	1117.9	325.8	300.2	44.5	1.4
14:29:23	477.6	33.8	49	1122.1	325.8	301.1	44.7	1.4
14:29:38	477.9	33.9	48.7	1120.1	326.4	302.1	44.6	1.4
14:29:53	478.1	33.8	48.9	1121.9	326.5	303	44.5	1.4
14:30:08	478.5	33.8	48.7	1127.2	329.1	303.6	44.5	1.4
14:30:23	478.9	33.9	48.8	1112.2	330.2	304.4	44.7	1.4
14:30:38	479.3	33.9	48.7	1106.1	332.4	305.2	44.6	1.4
14:30:53	479.9	33.9	48.6	1120.6	334.9	306	44.8	1.4
14:31:08	480.5	33.8	48.7	1114.1	336.1	306.8	44.7	1.4
14:31:23	481	33.9	48.6	1116.6	336.2	307.6	44.8	1.4
14:31:38	481.7	33.8	48.4	1120.7	337.9	308.4	44.9	1.4
14:31:53	482.4	33.8	48.5	1120.1	338.2	309.6	44.9	1.4
14:32:08	483.1	33.8	48.2	1126.1	337.6	310.5	45	1.4
14:32:23	484	33.9	48.5	1125.8	337.9	311.4	45.2	1.4
14:32:38	484.7	33.8	48.3	1127.2	340.9	312.5	45.2	1.4
14:32:53	485.6	33.8	48.5	1133.1	342.3	313.7	45.1	1.4
14:33:08	486.5	34	48.5	1133.8	342.5	314.9	45.2	1.4
14:33:23	487.5	34	48.6	1111.7	347.4	316	45.3	1.4
14:33:38	488.5	34	48.5	1109.1	351.3	317	45.3	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:33:53	489.5	34.1	48.4	1108.5	352.3	318	45.4	1.4
14:34:08	490.5	33.9	48.2	1112.2	355.8	319.1	45.6	1.4
14:34:23	491.6	34	48.5	1115.2	357.9	319.9	45.8	1.4
14:34:38	492.6	34	48.4	1110	358.5	320.8	45.8	1.4
14:34:53	493.7	33.9	48.2	1107	358.4	321.8	45.9	1.4
14:35:08	494.7	33.9	48.4	1102.3	361.3	322.9	46	1.4
14:35:23	495.8	33.9	48.4	1099.4	362.9	324.2	46.1	1.4
14:35:38	497	33.9	48.4	1102.3	363.6	325.4	46.2	1.4
14:35:53	498.1	33.9	48.3	1104.7	364.2	326.5	46.3	1.4
14:36:08	499.4	33.8	48.2	1088	371	327.5	46.2	1.4
14:36:23	500.9	33.9	48.4	1071.3	377	328.6	46.2	1.4
14:36:38	502.5	33.9	48.4	1067.4	376.5	329.9	46.4	1.4
14:36:53	504.1	33.9	48.2	1071.9	354.9	330.8	46.4	1.4
14:37:08	505.8	34	48.2	1074.2	346.1	332.1	46.1	1.4
14:37:23	507.7	34	48.3	1061.8	340.9	333	45.9	1.4
14:37:38	509.6	33.9	48.3	1061.2	334.6	334.3	45.9	1.4
14:37:53	511.7	33.9	48.2	1064.7	330.6	335.5	45.8	1.4
14:38:08	513.9	33.9	48.4	1066	328.3	337	45.8	1.4
14:38:23	515.9	33.9	48.4	1064.9	327.6	338.3	45.8	1.4
14:38:38	518	33.9	48.4	1065.2	328.7	339.7	45.8	1.4
14:38:53	520.2	34	48.4	1066.3	329.9	341.1	45.9	1.4
14:39:08	522	33.9	48.2	1065.5	330.2	342.6	45.8	1.4
14:39:23	523.8	33.9	48.2	1076.6	331.1	344.2	45.9	1.4
14:39:38	525.4	33.9	48.4	1077.5	332.8	345.5	45.9	1.4
14:39:53	526.8	33.9	48.3	1077.6	334.5	346.7	45.9	1.4
14:40:08	528.2	33.9	48.2	1081	334.3	347.9	45.9	1.4
14:40:23	529.5	33.9	48.2	1084.4	333.6	349.1	45.9	1.4



ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:40:38	531.1	34	48.4	1083.8	333.9	350.6	45.9	1.4
14:40:53	532.4	34	48.3	1082.7	334.5	351.9	45.9	1.4
14:41:08	533.8	34	48.3	1085.1	334.5	353.3	45.9	1.4
14:41:23	535.1	33.9	48.3	1073.6	335	354.8	45.8	1.4
14:41:38	536.6	34	48.4	1066.2	339	356.1	45.8	1.4
14:41:53	538.1	33.9	48.4	1070.9	339.3	357.5	45.7	1.4
14:42:08	539.5	34	48.5	1071.2	341.6	358.8	45.8	1.4
14:42:23	540.9	34	48.6	1077.7	342.4	360.3	45.8	1.4
14:42:38	542.1	33.9	48.2	1083.7	343.4	361.9	45.5	1.4
14:42:53	543.5	34	48.4	1094.4	342.9	363.3	45.7	1.4
14:43:08	544.8	33.9	48.3	1096.6	341.3	364.6	45.6	1.4
14:43:23	546.1	33.9	48.3	1096.7	341.2	366	45.8	1.4
14:43:38	547.5	33.9	48.3	1097	341.7	367.1	45.6	1.4
14:43:53	549	34	48.4	1096.4	343.4	368.4	45.7	1.4
14:44:08	550.3	33.9	48.2	1098.6	342.9	369.8	45.7	1.4
14:44:23	551.8	33.9	48.5	1098.4	343.8	371	45.6	1.4
14:44:38	553.2	34	48.2	1096.7	343.5	372.4	45.7	1.4
14:44:53	554.6	34	48.3	1096.4	344.2	373.7	45.6	1.4
14:45:08	555.9	33.9	48.3	1095.5	344.3	374.9	45.5	1.4
14:45:23	557.2	33.9	48.2	1091.8	345.3	376.1	45.6	1.4
14:45:38	558.5	33.9	48.2	1090.1	346.3	377.2	45.6	1.4
14:45:53	559.8	33.8	48.1	1088.4	346.8	378.4	45.6	1.4
14:46:08	560.9	33.9	48.1	1086.8	349.1	379.3	45.6	1.4
14:46:23	562	33.9	48.2	1084.9	350.8	380.2	45.5	1.4
14:46:38	563.3	33.9	48	1082.4	352.7	380.9	45.6	1.4
14:46:53	564.3	33.9	48.1	1083.8	352.1	381.9	45.4	1.4
14:47:08	565.5	33.9	48.1	1083.5	350.8	382.7	45.4	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:47:23	566.7	33.9	48.1	1081.1	351	383.3	45.2	1.4
14:47:38	568	33.9	47.9	1080.8	350.1	383.9	45.4	1.4
14:47:53	569	33.8	48	1082.5	350.1	384.5	45.2	1.4
14:48:08	570.2	33.8	47.8	1079	350.5	385.2	45.3	1.4
14:48:23	571.6	33.8	48	1079.9	348.8	386	45	1.4
14:48:38	572.8	33.8	47.8	1077.9	349	386.6	45.1	1.4
14:48:53	574.3	33.8	47.7	1083.1	344.1	387.4	44.9	1.4
14:49:08	575.6	33.8	47.7	1093.4	341.7	387.9	44.9	1.4
14:49:23	576.6	33.8	47.6	1095.9	339.9	388.3	44.8	1.4
14:49:38	577.8	33.8	47.5	1099	339.1	388.5	44.8	1.4
14:49:53	578.7	33.8	47.5	1102.4	335.4	389	44.7	1.4
14:50:08	579.5	33.8	47.5	1106.1	331.6	389.5	44.5	1.4
14:50:23	580.5	33.9	47.4	1108.8	328	389.8	44.4	1.4
14:50:38	581.2	33.8	47.4	1107.6	325.4	390.3	44.2	1.4
14:50:53	582	33.8	47.3	1116.2	322.8	390.4	44	1.4
14:51:08	582.7	33.8	47.2	1118.6	317.3	390.7	44.1	1.4
14:51:23	583.4	33.9	47.2	1118.9	315.2	391	44	1.4
14:51:38	584	33.9	46.9	1114.5	312.8	391.5	43.9	1.4
14:51:53	584.4	33.8	46.9	1118	310.4	391.7	43.9	1.4
14:52:08	584.9	33.8	47	1124.9	305.4	392.1	43.9	1.4
14:52:23	585.3	33.8	46.8	1125.5	303.4	392.4	43.8	1.4
14:52:38	585.7	33.8	46.8	1129.1	301.4	392.6	43.7	1.4
14:52:53	586	33.9	46.8	1126	299.7	392.7	43.6	1.4
14:53:08	586.1	33.8	46.4	1131.3	297.1	392.6	43.5	1.4
14:53:23	586.1	33.8	46.6	1142.5	296	392.4	43.4	1.4
14:53:38	586.4	33.8	46.5	1149.2	293.7	392.3	43.4	1.4
14:53:53	586.3	33.8	46.3	1152.8	290.4	392.1	43.4	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:54:08	586.4	33.8	46.4	1153.7	287.8	391.8	43.4	1.4
14:54:23	586.4	33.8	46.3	1152.1	285	391.3	43.2	1.4
14:54:38	586.2	33.8	45.9	1164.6	281.8	390.9	43.1	1.4
14:54:53	586	33.8	45.9	1170.3	279.2	390.4	43.1	1.4
14:55:08	585.8	33.8	45.9	1164.5	277.1	390.1	43.1	1.4
14:55:23	585.5	33.9	45.9	1160.4	275.5	389.8	43	1.4
14:55:38	585.2	33.8	45.7	1161.9	273.2	389.3	42.7	1.4
14:55:53	584.7	33.9	45.6	1162	273	389	42.7	1.4
14:56:08	584.1	33.8	45.5	1160.8	270.3	388.6	42.7	1.4
14:56:23	583.4	33.8	45.5	1159.2	268	388.3	42.6	1.4
14:56:38	582.8	33.9	45.4	1135.2	268.5	388	42.5	1.4
14:56:53	582	33.8	45.2	1138.3	266.9	387.6	42.4	1.4
14:57:08	581.1	33.8	45	1143.2	266.2	387.2	42.3	1.4
14:57:23	580.2	33.7	45.1	1151	263.6	386.9	42.3	1.4
14:57:38	579.5	33.8	44.8	1154.5	262.8	386.6	42.3	1.4
14:57:53	578.5	33.9	44.8	1156.7	260.4	386.4	42.3	1.4
14:58:08	577.5	33.8	44.7	1154.5	259.5	386.2	42	1.4
14:58:23	576.6	33.8	44.6	1157.3	259.1	386.1	42.2	1.4
14:58:38	575.6	33.8	44.6	1153.7	257.6	386.1	42.2	1.4
14:58:53	574.5	33.7	44.4	1157.2	257.5	386.2	42.1	1.4
14:59:08	573.6	33.8	44.7	1155.3	279.1	386.4	42.1	1.4
14:59:23	572.9	33.8	44.4	1162	311.6	386.3	42	1.4
14:59:38	572	33.8	44.3	1159.5	326.1	386.4	42	1.4
14:59:53	571.1	33.8	44.3	1174.1	334.3	386.4	41.9	1.4
15:00:08	570.4	33.9	44.2	1178.4	338.8	386.6	41.8	1.4
15:00:23	569.5	33.8	43.9	1163.4	340.6	386.6	41.7	1.4
15:00:38	568.6	33.8	43.7	1144.6	343.4	386.7	41.8	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:00:53	567.8	33.9	43.8	1130.7	348.4	386.7	41.7	1.4
15:01:08	567	33.7	43.8	1134.1	351.3	386.6	41.7	1.4
15:01:23	566	33.8	43.5	1141.4	354.3	386.5	41.5	1.4
15:01:38	565.1	33.8	43.6	1150.3	355.2	386.3	41.6	1.4
15:01:53	564.3	33.8	43.4	1150.7	355.6	386.1	41.6	1.4
15:02:08	563.4	33.8	43.3	1154.2	357.1	385.8	41.3	1.4
15:02:23	562.7	33.8	43.1	1159.3	358.4	385.6	41.3	1.4
15:02:38	562	33.8	43.2	1163.3	358.8	385.5	41.3	1.4
15:02:53	561.1	33.8	43	1163.6	359.5	385.3	41.2	1.4
15:03:08	560.6	34.1	43	1166.4	361.1	385.2	41.2	1.4
15:03:23	559.8	33.9	42.8	1167.4	345.2	385	41.3	1.4
15:03:38	559	33.8	42.7	1165.3	340.1	384.7	41	1.4
15:03:53	558.5	33.9	42.8	1166.4	337.1	384.6	41	1.4
15:04:08	557.9	33.8	42.8	1168.6	335.2	384.3	40.7	1.4
15:04:23	557.4	33.8	42.6	1170.3	334.5	384	40.8	1.4
15:04:38	556.9	33.9	42.5	1167.7	334.3	383.6	40.7	1.4
15:04:53	556.3	33.8	42.4	1168.6	334.6	383.3	40.6	1.4
15:05:08	556	33.8	42.2	1169.2	333.1	382.8	40.5	1.4
15:05:23	555.6	33.7	42.3	1170.5	333	382.7	40.5	1.4
15:05:38	555.2	33.8	42.1	1169.1	333.1	382.4	40.5	1.4
15:05:53	555	33.8	42.3	1167.4	331.9	382	40.4	1.4
15:06:08	554.6	33.7	42	1174.7	331.7	381.7	40.2	1.4
15:06:23	554.5	33.7	41.9	1166.5	331.2	381.1	40.1	1.4
15:06:38	554.2	33.8	41.6	1171	329.9	380.9	40.1	1.4
15:06:53	554.1	33.8	41.8	1168.5	330.6	380.4	40.1	1.4
15:07:08	553.8	33.7	41.4	1162.9	330.2	380	39.9	1.4
15:07:23	553.7	33.8	41.6	1168	329.9	379.6	39.9	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:07:38	553.4	33.9	41.4	1167.8	328.6	379.2	39.9	1.4
15:07:53	553.2	33.8	41.4	1172.8	326.9	378.6	39.8	1.4
15:08:08	553	33.8	41.1	1168.4	323.8	378	40.1	1.4
15:08:23	552.7	33.8	41.1	1166.4	324.5	377.4	39.8	1.4
15:08:38	552.7	33.8	41	1172	324	376.7	39.8	1.4
15:08:53	552.5	33.8	41.1	1173.5	322.3	376.3	39.9	1.4
15:09:08	552.3	34	40.9	1173	319.4	375.9	39.9	1.4
15:09:23	552.2	33.9	40.8	1174.5	321.5	375.7	40	1.4
15:09:38	552.1	33.7	40.7	1161.3	319.6	375.1	39.7	1.4
15:09:53	552.1	33.9	41	1155	316.6	374.5	39.8	1.4
15:10:08	551.9	34	40.7	1163.5	315	373.9	39.8	1.4
15:10:23	551.6	33.9	40.6	1156	314	373.6	39.7	1.4
15:10:38	551.6	34.1	40.5	1162.5	313.7	373	39.9	1.4
15:10:53	551.5	34	40.6	1173.8	313.4	372.3	39.8	1.4
15:11:08	551.2	34	40.4	1177.6	311.9	371.6	39.8	1.4
15:11:23	550.9	34	40.3	1178.2	311.2	370.7	39.6	1.4
15:11:38	550.8	34.1	40.4	1167.1	310.1	370.1	39.5	1.4
15:11:53	550.2	33.9	39.9	1150.2	310.5	369.4	39.4	1.4
15:12:08	549.9	34	39.9	1145.5	311.6	368.6	39.3	1.4
15:12:23	549.6	33.8	39.7	1140.6	315.9	367.9	39.1	1.4
15:12:38	549.8	34	39.9	1133.9	334.8	367.4	39.2	1.4
15:12:53	549.2	34	39.7	1142.7	348.8	366.7	39.2	1.4
15:13:08	549	34.1	39.8	1145.3	358	365.9	39.1	1.4
15:13:23	548.9	34.1	39.8	1139.1	362.9	365.2	38.9	1.4
15:13:38	548.5	34.1	39.6	1143.5	366.8	364.4	39.2	1.4
15:13:53	548.4	34.3	39.7	1145.9	369.1	363.5	39	1.4
15:14:08	548.2	34.1	39.3	1148.9	369.8	362.8	38.9	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:14:23	547.9	34.1	39.3	1156.8	370.4	362.1	38.8	1.4
15:14:38	547.7	33.9	39.1	1151.8	339.5	361.3	38.6	1.4
15:14:53	547.6	33.9	39.1	1156.6	322.2	360.8	38.4	1.4
15:15:08	547.5	33.8	38.8	1152.8	313.4	360	38.4	1.4
15:15:23	547.5	33.9	38.9	1168.9	319.9	359.3	38.3	1.4
15:15:38	547.5	33.8	38.7	1171.1	321.3	358.7	38.3	1.4
15:15:53	547.5	33.9	38.7	1169.3	321.7	358.4	38.3	1.4
15:16:08	547.7	33.9	38.6	1164.6	320.3	357.7	38.2	1.4
15:16:23	547.7	33.8	38.5	1161.3	319.5	357	38.1	1.4
15:16:38	547.8	33.9	38.6	1156	320	356.4	38	1.4
15:16:53	547.8	33.8	38.4	1158.5	320.8	355.7	38	1.4
15:17:08	547.9	33.9	38.5	1145	321.8	355	38	1.4
15:17:23	548.1	33.9	38.3	1144.4	321.7	354.4	37.8	1.4
15:17:38	548.2	33.8	38.3	1145	320.6	353.6	37.7	1.4
15:17:53	548.6	33.8	38.3	1147.1	319.7	352.9	37.6	1.4
15:18:08	548.9	33.8	38.1	1151.5	321.4	352.2	37.7	1.4
15:18:23	549.1	33.7	38	1162.6	321.2	351.2	37.6	1.4
15:18:38	549.5	33.8	38.1	1158.9	320.9	350.5	37.5	1.4
15:18:53	549.9	33.8	38.1	1157.6	318.9	349.7	37.4	1.4
15:19:08	550.3	33.8	37.9	1160.2	320.3	349	37.5	1.4
15:19:23	550.7	33.8	37.8	1170.3	320.2	348.2	37.3	1.4
15:19:38	551.1	33.8	37.9	1183.7	318.5	347.8	37.4	1.4
15:19:55	551.6	33.8	37.8	1175.2	318.1	346.9	37.3	1.4
15:20:10	552.1	33.8	37.7	1166	318.2	346.2	37.2	1.4
15:20:25	552.6	33.8	37.8	1180.1	319.3	345.5	37.1	1.4
15:20:40	552.9	33.8	37.6	1164.6	327.6	345	37.1	1.4
15:20:55	553.3	33.7	37.6	1180.1	335.5	344.4	37	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:21:10	553.7	33.8	37.6	1198.7	340	343.7	36.9	1.4
15:21:25	554.1	33.8	37.6	1195.7	342.3	343.1	36.9	1.4
15:21:40	554.5	33.8	37.5	1197.4	344.1	342.8	37	1.4
15:21:55	554.9	33.8	37.5	1178.7	345.7	342.4	36.9	1.4
15:22:10	555.2	33.7	37.4	1167.6	346.5	342.2	36.9	1.4
15:22:25	555.8	33.8	37.5	1169.6	347.8	341.8	36.9	1.4
15:22:40	556.2	33.8	37.3	1175.1	348.3	341.4	36.9	1.4
15:22:55	556.6	33.7	37.3	1172.8	351.3	341	36.9	1.4
15:23:10	557	33.8	37.2	1166.6	352.8	340.3	36.8	1.4
15:23:25	557.4	33.7	37.3	1165.2	353.1	339.6	36.7	1.4
15:23:40	557.9	33.8	37.2	1166.1	353.4	339.1	36.7	1.4
15:23:55	558.3	33.8	37.2	1162.8	355.5	338.3	36.6	1.4
15:24:10	558.7	33.8	37.2	1172.8	355.7	337.7	36.8	1.4
15:24:25	559.1	33.8	37.1	1168.7	356.9	337.2	36.7	1.4
15:24:40	559.5	33.8	37.2	1168.3	356.5	336.6	36.6	1.4
15:24:55	559.9	33.8	37	1164.7	357.1	335.7	36.5	1.4
15:25:10	560.4	33.9	37.1	1166.1	357.5	334.8	36.5	1.4
15:25:25	560.8	33.8	37.1	1159.2	339.9	334	36.5	1.4
15:25:40	561	33.8	36.9	1157.2	328.3	333	36.5	1.4
15:25:55	561.3	33.8	36.9	1165	322.7	331.9	36.4	1.4
15:26:10	561.7	33.8	36.9	1139.7	318.7	331.2	36.3	1.4
15:26:25	562.2	33.8	36.9	1141.3	315.9	330.2	36.3	1.4
15:26:40	562.5	33.8	36.8	1155.3	313.2	329.3	36.3	1.4
15:26:55	562.8	33.8	36.8	1150.6	311.5	328.4	36.2	1.4
15:27:10	563.1	33.8	36.7	1149.4	310.3	327.6	36.2	1.4
15:27:25	563.3	33.8	36.8	1154.6	310.4	326.6	36.1	1.4
15:27:40	563.5	33.8	36.7	1156.8	308.5	325.9	36	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:27:55	563.6	33.8	36.6	1154.8	306.6	325	35.9	1.4
15:28:10	563.8	33.8	36.6	1148	306.8	324.3	35.9	1.4
15:28:25	563.9	33.7	36.5	1146.4	307.2	323.5	35.8	1.4
15:28:40	564	33.7	36.5	1142.6	306.5	322.7	35.8	1.4
15:28:55	564.1	33.8	36.6	1145.7	304.8	322.1	35.8	1.4
15:29:10	564.2	33.8	36.5	1148.3	305.1	321.5	35.8	1.4
15:29:25	564.2	33.9	36.5	1150.5	304.5	320.8	35.8	1.4
15:29:40	564.4	34.1	36.7	1142.8	304.7	320	35.9	1.4
15:29:55	564.4	33.9	36.6	1134.3	302.4	319.4	35.7	1.4
15:30:10	564.5	33.9	36.5	1150.1	301.7	318.8	35.6	1.4
15:30:25	564.3	33.9	36.5	1147.2	301.6	318	35.8	1.4
15:30:40	564.4	33.9	36.3	1142.7	300.5	316.9	35.7	1.4
15:30:55	564.4	33.9	36.4	1135.9	300	316.2	35.7	1.4
15:31:10	564.4	33.9	36.5	1135.5	299.4	315.5	35.8	1.4
15:31:25	564.5	34.2	36.4	1136	297.4	314.9	35.6	1.4
15:31:40	564.4	33.9	36.4	1133.2	297.8	313.9	35.6	1.4
15:31:55	564.3	33.9	36.3	1127.5	297.9	313.1	35.7	1.4
15:32:10	565.2	34.9	37.2	1133	332.2	312.6	36	1.4
15:32:25	565.2	34.8	36.9	1153.2	348.6	311.8	36	1.4
15:32:40	565.1	35.1	37.1	1133.8	357.1	310.9	36	1.4
15:32:57	564.3	34.3	36.6	1131.6	340.9	309.5	35.8	1.4
15:33:12	564.2	34.2	36.3	1137.3	328.3	308.7	35.8	1.4
15:33:27	564.1	34.4	36.5	1144.1	323.9	307.7	35.7	1.4
15:33:42	563.8	34.3	36.5	1140.7	320.6	306.9	35.7	1.4
15:33:57	563.5	34.3	36.3	1136.9	318.7	306.1	35.6	1.4
15:34:12	563.1	34.1	36.2	1140.3	318.4	305.1	35.6	1.4
15:34:27	562.8	34.1	36.2	1141.4	317.9	304.4	35.5	1.4



ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:34:42	562.5	34.1	36.1	1146.2	316.5	303.5	35.4	1.4
15:34:57	562.2	34.1	36.1	1148.4	317.2	303	35.5	1.4
15:35:12	562	34.1	36.1	1148.3	316.4	302.4	35.5	1.4
15:35:27	561.7	34	36	1141.6	316.2	301.6	35.5	1.4
15:35:42	561.6	34.1	36.1	1136	316.7	300.9	35.4	1.4
15:35:57	561.1	34.1	36.1	1138.5	316.8	300.5	35.4	1.4
15:36:12	560.8	34	36	1131.7	315.4	300.1	35.3	1.4
15:36:27	560.6	34	36	1119.1	314.6	299.5	35.3	1.4
15:36:42	560.5	34	35.9	1117.8	314.9	299	35.3	1.4
15:36:57	560.3	34	35.9	1121.1	314.9	298.5	35.4	1.4
15:37:12	560	34	35.9	1119.2	314.8	298	35.4	1.4
15:37:27	559.8	34	35.9	1122.5	315.2	297.5	35.3	1.4
15:37:42	559.7	34	35.9	1124.3	315.3	296.8	35.2	1.4
15:37:57	559.4	34	35.9	1138	316	296.2	35.3	1.4
15:38:12	559.3	34	35.8	1143.9	315	295.8	35.3	1.4
15:38:27	559.2	34.1	36.2	1140.4	330.1	295.2	35.3	1.4
15:38:42	559	34	35.9	1140.3	338.2	294.8	35.4	1.4
15:38:57	558.9	34	35.8	1147.8	344.4	294.3	35.2	1.4
15:39:12	558.6	34	35.9	1154.2	346.8	293.7	35.2	1.4
15:39:27	558.5	33.9	35.7	1150.7	350.1	293.3	35.2	1.4
15:39:42	558.4	34	35.9	1143.7	351.2	292.9	35.3	1.4
15:39:57	558.2	34	35.8	1135.1	352.5	292.5	35.2	1.4
15:40:12	558	34	35.7	1129.2	353.8	291.9	35.1	1.4
15:40:27	558	34	35.8	1133.2	354.7	291.2	35.1	1.4
15:40:42	557.9	34	36	1132.4	355.1	290.6	35.1	1.4
15:40:57	557.8	34.2	35.8	1135.2	355.4	289.6	35.1	1.4
15:41:12	558.1	34.4	36.2	1134.1	354.7	288.6	35.1	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:41:27	557.8	34.3	35.8	1128.5	356.5	287.4	35.1	1.4
15:41:42	557.9	34	36	1132.4	357.7	286.2	35.1	1.4
15:41:57	557.9	34.1	35.9	1127	358.7	285.2	35	1.4
15:42:12	557.6	33.9	35.6	1125.1	359.3	284.2	34.9	1.4
15:42:27	557.6	34	35.6	1133.6	348.5	283	34.9	1.4
15:42:42	557.6	34	35.6	1133.2	328.3	282	35	1.4
15:42:57	557.6	33.9	35.6	1131.6	319.3	280.9	34.9	1.4
15:43:12	557.6	33.9	35.6	1124.1	315.8	279.9	34.9	1.4
15:43:27	557.8	33.9	35.4	1114.6	313.8	278.8	34.9	1.4
15:43:42	557.9	33.9	35.4	1123.3	311	277.9	34.9	1.4
15:43:57	558.1	34	35.5	1130.4	310.8	277	34.9	1.4
15:44:12	558.2	33.9	35.5	1119.1	309.2	276	34.8	1.4
15:44:27	558.4	33.9	35.4	1116.4	307.6	275	34.9	1.4
15:44:42	559.2	34.8	36.2	1096.5	342.3	274.5	35	1.4
15:44:57	559.3	34.8	36.1	1093.7	357.1	274	35.1	1.4
15:45:12	559.5	35	36.3	1098.9	364.4	273.5	35	1.4
15:45:27	559.6	34.9	36.2	1101.4	369.6	272.9	35.2	1.4
15:45:42	559.1	34	35.3	1092.9	374.7	272.3	35	1.4
15:45:57	559.3	34.5	35.6	1081.7	377.8	271.4	35	1.4
15:46:12	559.6	34.8	36	1100.3	375.7	271.2	35.1	1.4
15:46:27	558.8	33.8	35.2	1085.7	369	270	34.9	1.4
15:46:42	558.7	33.8	35.2	1079	356.2	269.1	34.8	1.4
15:46:57	558.8	33.9	35.2	1107.7	351.6	268.4	34.9	1.4
15:47:12	558.7	33.8	35.3	1102.5	347.6	267.5	34.9	1.4
15:47:27	558.7	33.9	35.3	1088.7	346.1	266.4	34.7	1.4
15:47:42	558.5	33.8	35.2	1095.5	344.3	265.3	34.9	1.4
15:47:57	558.4	33.9	35.3	1099.8	344.5	264.2	34.9	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:48:12	558.4	33.8	35.2	1093.4	343.7	263	34.9	1.4
15:48:27	558.3	33.8	35.2	1089.6	343.2	261.9	34.7	1.4
15:48:42	558.4	33.9	35.2	1083.2	342.6	260.9	34.8	1.4
15:48:57	558.4	33.8	35.1	1066.2	342.9	259.9	34.8	1.4
15:49:12	558.4	33.8	35	1049.5	342.6	258.6	34.8	1.4
15:49:27	558.5	33.8	35	1032.6	342	257.3	34.8	1.4
15:49:42	558.5	33.8	35.1	1000.3	342.1	255.8	34.8	1.4
15:49:57	558.5	33.9	35.1	980.6	342.6	254.5	34.8	1.4
15:50:12	558.5	33.8	34.9	963.8	343.1	252.8	34.8	1.4
15:50:27	558.4	33.8	34.9	1023.4	340.7	251.3	34.7	1.4
15:50:42	558.4	33.7	34.9	1019.5	338.9	249.9	34.7	1.4
15:50:57	558.3	33.8	35	1013.8	337.7	248.4	34.8	1.4
15:51:12	558.4	33.7	34.9	1007.8	336.3	246.7	34.7	1.4
15:51:27	558.4	33.7	34.9	999.3	336	245.3	34.7	1.4
15:51:42	558.1	33.7	34.8	990.3	334.5	243.6	34.7	1.4
15:51:57	558.1	33.8	34.9	990.6	334.2	242.2	34.7	1.4
15:52:12	557.9	34	35.1	981.1	335.2	240.7	34.7	1.4
15:52:27	557.7	33.7	34.9	982.3	335.3	239.2	34.7	1.4
15:52:42	557.5	33.7	34.8	984.6	333.4	237.9	34.7	1.4
15:52:57	557.3	33.8	34.8	984.1	332.9	236.4	34.7	1.4
15:53:12	557	33.7	34.8	979.9	331.7	234.8	34.7	1.4
15:53:27	556.8	33.8	34.8	976.3	330.7	233.3	34.7	1.4
15:53:42	556.4	33.7	34.7	979.3	329.6	231.8	34.7	1.4
15:53:57	556.2	33.8	34.8	993.1	328	230.5	34.8	1.4
15:54:12	555.8	33.8	34.8	1016.9	327.3	228.8	34.8	1.4
15:54:27	555.4	33.9	34.9	1031.3	326.7	226.9	34.7	1.4
15:54:42	555	33.9	34.9	1051.9	326.2	225	34.8	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:54:57	554.6	33.8	34.8	1058.4	326.4	223	34.7	1.4
15:55:12	554.1	33.8	34.7	1073.1	326.6	221.3	34.7	1.4
15:55:27	553.7	33.9	34.7	1081.3	327.7	219.6	34.7	1.4
15:55:42	553.4	33.7	34.8	1087.6	328.1	218	34.7	1.4
15:55:57	553	33.8	34.8	1089.6	327.8	216.4	34.6	1.4
15:56:12	552.6	33.8	34.8	1082.6	328.7	215	34.7	1.4
15:56:27	552.2	33.7	34.7	1079	330.1	213.5	34.6	1.4
15:56:42	551.9	33.8	34.8	1077.1	330.2	212.2	34.5	1.4
15:56:57	551.7	34	34.9	1071.2	331.4	211	34.5	1.4
15:57:12	551.3	34	34.8	1066	332.7	209.7	34.7	1.4
15:57:27	551.3	34	34.9	1059.6	334.3	208.6	34.6	1.4
15:57:42	551	33.9	34.8	1045.7	335.4	207.3	34.5	1.4
15:57:57	550.8	33.9	34.8	1070	334.9	206.3	34.5	1.4
15:58:12	550.7	33.9	34.7	1085.4	337	205.1	34.7	1.4
15:58:27	550.6	33.9	34.8	1073.9	338.2	204.1	34.6	1.4
15:58:42	550.5	33.8	34.7	1086.3	339.4	203.1	34.6	1.4
15:58:57	550.5	33.9	34.8	1077	340.9	201.8	34.6	1.4
15:59:12	550.6	33.8	34.7	1053	341.6	200.8	34.5	1.4
15:59:27	550.8	33.9	34.8	1040	343.1	199.6	34.6	1.4
15:59:42	551	33.9	34.7	1057.3	344.2	198.5	34.6	1.4
15:59:57	551.2	33.8	34.7	1066.1	344.9	197.4	34.6	1.4
16:00:12	551.4	33.9	34.7	1055.2	344.4	196.4	34.4	1.4
16:00:27	551.7	33.8	34.6	1065.1	346.3	195.4	34.5	1.4
16:00:42	551.9	34	34.8	1055.9	347.4	194.4	34.5	1.4
16:00:57	552.4	33.9	34.7	1078.3	347.8	193.5	34.5	1.4
16:01:12	552.8	33.9	34.7	1087.9	349.9	192.6	34.5	1.4
16:01:27	553.3	34	34.8	1086.3	349.5	191.5	34.5	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:01:42	553.7	34	34.8	1068	349.7	190.5	34.5	1.4
16:01:57	554.3	33.9	34.7	1058.7	347.3	189.6	34.5	1.4
16:02:12	554.7	34	34.8	1068.8	350.2	188.5	34.6	1.4
16:02:27	555.1	33.9	34.7	1066.8	349.8	187.4	34.6	1.4
16:02:42	555.4	33.9	34.7	1070.2	350.1	186.6	34.4	1.4
16:02:57	555.9	34	34.8	1007.9	351.7	185.7	34.4	1.4
16:03:12	556.2	34	34.6	973.9	351.6	184.4	34.4	1.4
16:03:27	556.6	33.9	34.7	999.6	350.4	183.3	34.4	1.4
16:03:42	557.1	34	34.7	998.1	349.6	182	34.6	1.4
16:03:57	557.6	34.1	34.7	999.1	348	181.3	34.5	1.4
16:04:12	558	34.1	34.7	998.5	348.4	179.7	34.6	1.4
16:04:27	558.2	34.1	34.7	1001.9	349.7	178.4	34.7	1.4
16:04:42	558.6	34	34.8	1006.2	348.7	177.3	34.5	1.4
16:04:57	558.7	34	34.7	989.9	346.7	176.1	34.5	1.4
16:05:12	558.9	34.1	34.6	1030.4	348.1	174.6	34.5	1.4
16:05:27	559	33.7	34.4	1054.6	343.7	173.3	34.5	1.4
16:05:42	559.2	34	34.6	1061.9	342.7	172.1	34.4	1.4
16:05:57	559.4	34	34.6	1061.6	341.9	171.1	34.4	1.4
16:06:12	559.3	33.9	34.5	1063.8	339.6	169.9	34.3	1.4
16:06:27	559.3	34	34.6	1062.2	339.4	168.7	34.5	1.4
16:06:42	559.3	33.9	34.6	1059.9	339.3	167.4	34.4	1.4
16:06:57	559.2	33.9	34.5	1051.3	338.5	166.4	34.4	1.4
16:07:12	559	33.8	34.5	1038.4	339	165.5	34.3	1.4
16:07:27	559.1	33.8	34.5	1012	337.9	164.5	34.4	1.4
16:07:42	559	33.9	34.5	1015.1	338	163.6	34.5	1.4
16:07:57	558.9	33.8	34.3	1030.9	338.1	162.8	34.4	1.4
16:08:12	558.6	33.9	34.5	1029.5	339.3	162.1	34.3	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:08:27	558.5	33.9	34.5	1039.9	339.7	161.4	34.4	1.4
16:08:42	558.3	33.8	34.2	1024.3	340.9	160.6	34.5	1.4
16:08:57	558.1	33.7	34.2	1013.4	341.3	159.8	34.3	1.4
16:09:12	558.1	33.9	34.5	984.4	338.4	159.1	34.4	1.4
16:09:27	558	33.9	34.4	947.5	339.2	158.5	34.4	1.4
16:09:42	558	34.1	34.6	930.8	340.1	157.9	34.4	1.4
16:09:57	557.9	33.9	34.6	1006.8	339.7	157.2	34.5	1.4
16:10:12	557.8	33.9	34.4	1004.1	341.5	156.4	34.3	1.4
16:10:27	557.8	33.9	34.5	1003.4	341.8	155.7	34.3	1.4
16:10:42	557.6	33.9	34.4	1002.2	343	155.1	34.3	1.4
16:10:57	557.7	33.9	34.5	971.2	340.9	154.5	34.3	1.4
16:11:12	557.6	33.9	34.4	942.7	341.2	154.2	34.3	1.4
16:11:27	557.6	33.9	34.5	935.7	339.8	154	34.3	1.4
16:11:42	557.6	34	34.5	954.9	338.9	153.4	34.3	1.4
16:11:57	557.6	34.1	34.4	954	337.3	152.8	34.3	1.4
16:12:12	557.5	34	34.4	948.4	336.4	152.1	34.2	1.4
16:12:27	557.6	34.1	34.5	936.8	335.1	151.3	34.2	1.4
16:12:42	557.4	33.9	34.4	911.2	335	150.7	34.3	1.4
16:12:57	557.2	33.8	34.3	846.2	333.3	149.7	34.2	1.4
16:13:12	557.1	33.9	34.3	791.9	333.3	148.7	34.5	1.4
16:13:27	557	34.2	34.4	767.2	330.2	147.8	34.5	1.4
16:13:42	556.7	34.2	34.5	757.5	329.6	146.5	34.4	1.4
16:13:57	556.6	34	34.3	747.7	329.8	145.7	34.4	1.4
16:14:12	556.1	34.1	34.5	728.1	329.8	144	34.3	1.4
16:14:27	555.6	33.9	34.4	719.3	326	142.3	34.3	1.4
16:14:42	555.2	34	34.4	712.9	325.1	140.9	34.4	1.4
16:14:57	554.7	34	34.5	703.9	323.1	139.3	34.4	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:15:12	554.2	33.9	34.5	696.9	321.3	137.6	34.3	1.4
16:15:27	553.5	33.8	34.4	686.1	319	136.1	34.4	1.4
16:15:42	553	33.9	34.4	694.2	317.6	134.3	34.4	1.4
16:15:57	552.4	33.9	34.4	677.8	315.6	132.8	34.5	1.4
16:16:12	551.6	33.9	34.3	682.4	316.2	131.2	34.5	1.4
16:16:27	551	33.9	34.3	694.4	311.3	129.6	34.5	1.4
16:16:42	550.1	33.9	34.4	695.4	311.3	128.1	34.6	1.4
16:16:57	549.4	33.8	34.3	695.3	308.3	126.6	34.5	1.4
16:17:12	548.5	33.8	34.2	699.7	306	125.1	34.5	1.4
16:17:27	547.7	33.9	34.3	699.6	305.8	123.6	34.6	1.4
16:17:42	546.7	33.8	34.2	658.9	303	122.1	34.5	1.4
16:17:57	545.8	33.8	34.1	679.2	300.2	120.7	34.6	1.4
16:18:12	544.7	33.8	34.1	635.1	300.1	119.4	34.5	1.4
16:18:27	544.4	34.9	34.9	611	307.2	118.5	34.9	1.4
16:18:42	543.5	35.1	35.1	582.7	315.8	117	34.9	1.4
16:18:57	542.5	35.1	35	574.1	318.6	115.5	34.9	1.4
16:19:12	541.4	35.1	35.1	564.5	319.7	114.3	35.1	1.4
16:19:27	540.6	34.7	35	552.8	340.1	113	35	1.4
16:19:42	539.6	35.1	35.1	554.6	350.2	111.6	35.1	1.4
16:19:57	538.6	35	34.9	529.9	330	110.4	35.1	1.4
16:20:12	537.5	35	34.9	505.4	317.7	109	35.3	1.4
16:20:27	536.2	34.9	34.9	507.7	312.5	107.7	35.1	1.4
16:20:42	535.1	34.9	34.9	504.8	308.2	106.6	35.2	1.4
16:20:57	534	35	34.9	481.2	304.8	105.4	35.4	1.4
16:21:12	532.6	34.9	34.9	459.4	302.6	104.4	35.5	1.4
16:21:27	531.4	34.9	34.9	446.3	300.4	103.4	35.6	1.4
16:21:42	530.3	35.2	35.1	433.6	297.9	102.3	35.6	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:21:57	528.7	35	34.9	424.4	296.6	101.2	35.6	1.4
16:22:12	527.4	35	34.9	407.5	293	100.2	35.7	1.4
16:22:27	526	34.9	34.9	395.5	291.5	99.2	35.7	1.4
16:22:42	524.6	35	34.9	397.5	288.7	98.1	35.7	1.4
16:22:57	523.4	35.1	35	387.9	287	97.2	35.8	1.4
16:23:12	521.9	35.1	35	371.4	284.5	96.4	36	1.4
16:23:27	520.6	35.2	35.1	368.2	282.5	95.4	35.9	1.4
16:23:42	519.1	35.2	35.1	363.1	281.4	94.5	36	1.4
16:23:57	517.7	35.2	35.1	359.9	280.1	93.7	36.1	1.4
16:24:12	516	35	34.8	354.2	278.6	92.9	36.1	1.4
16:24:27	514.6	35.1	34.9	348	277	92.2	36.2	1.4
16:24:42	513.2	35.2	35	343	275.9	91.4	36.2	1.4
16:24:57	511.7	35.2	35.1	341.2	273.6	90.7	36.3	1.4
16:25:12	510	35	34.9	345.4	271	89.8	36.1	1.4
16:25:27	508.4	35	34.9	342.6	269.5	89.3	36.2	1.4
16:25:42	507.1	34.9	35	337.5	267.9	88.5	36.2	1.4
16:25:57	505.6	35.2	35.1	331.3	266.4	87.9	36.3	1.4
16:26:12	504	35.1	35	335.6	263.9	87.2	36.3	1.4
16:26:27	502.4	35.1	34.9	323.6	262.5	86.5	36.4	1.4
16:26:42	500.9	35.2	35	321.7	260.8	85.9	36.3	1.4
16:26:57	499.5	35.2	35.1	321	259.9	85.3	36.5	1.4
16:27:12	497.8	35.1	34.9	320.1	257.7	84.6	36.4	1.4
16:27:27	496.4	35.1	35	315.9	256	84.2	36.5	1.4
16:27:42	494.5	34.9	34.8	312.2	253.8	83.6	36.4	1.4
16:27:57	493.1	35	34.8	306.5	252.5	83	36.4	1.4
16:28:12	491.4	34.9	34.8	302.5	251.2	82.5	36.4	1.4
16:28:27	490	35	34.9	302.4	250	82.1	36.5	1.4



ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:28:42	488.3	34.9	34.8	297.4	248.4	81.6	36.5	1.4
16:28:57	486.9	35	34.8	294.8	246.8	81.1	36.5	1.4
16:29:12	485.7	35.1	34.9	289.2	246	80.7	36.5	1.4
16:29:27	483.7	34.2	34.2	284.7	245	80.1	36.3	1.4
16:29:42	482	34.1	34.2	280.4	245.5	79.5	36.1	1.4
16:29:57	480.7	34.3	34.4	277.3	242.2	79.3	36.6	1.4
16:30:12	479	34.1	34.3	271	241.8	78.7	36.2	1.4
16:30:27	477.7	34.4	34.2	269.3	239.5	78.5	36.6	1.4
16:30:42	476.1	34.1	34.2	266.7	239.3	77.9	36.1	1.4
16:30:57	474.9	34.2	34.3	260.4	236.4	77.9	36.5	1.4
16:31:12	473	34	34.1	259.5	237.6	77.2	36.2	1.4
16:31:27	471.9	34.1	34.1	259.9	236.4	77.2	36.4	1.4
16:31:42	470.3	34.2	34.2	257.8	232.6	76.5	36.4	1.4
16:31:57	468.8	34.2	34.2	258.8	232.1	76.1	36.4	1.4
16:32:12	467.6	33.9	34.1	257	231.9	76	36.3	1.4
16:32:27	466.1	34.2	34.2	251.2	229	75.7	36.6	1.4
16:32:42	464.7	34	34.1	249	230.9	75	36.2	1.4
16:32:57	463.1	33.7	34	246.5	229.5	74.8	36.3	1.4
16:33:12	462.1	34.1	34.1	243.3	228.7	74.9	36.4	1.4
16:33:27	460.4	34.1	34	239.6	227.5	74.5	36.5	1.4
16:33:42	459.1	33.9	34	239.2	226	74.3	36.4	1.4
16:33:57	457.6	33.9	34	238.4	224.9	74	36.3	1.4
16:34:12	456.3	33.9	34	237.3	223.9	73.9	36.4	1.4
16:34:27	454.9	33.8	33.9	235.8	221.6	73.6	36.3	1.4
16:34:42	453.6	33.8	33.9	231.7	220.7	73.4	36.2	1.4
16:34:57	452.3	34	34.1	234	219.1	73.3	36.2	1.4
16:35:12	451	33.9	33.9	232.3	217.4	73.6	36.2	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:35:27	449.7	34	34	230.2	215	73.5	36.4	1.4
16:35:42	448.2	34.1	33.9	228.4	217	73.5	36.4	1.4
16:35:57	447.1	34	34	227.4	213	73.2	36.3	1.4
16:36:12	445.7	34.2	34.1	225.1	211.5	73.1	36.4	1.4
16:36:27	444.3	34.1	34.1	224	211.1	72.8	36.4	1.4
16:36:42	442.9	34.2	34.1	225.2	209.3	72.6	36.4	1.4
16:36:57	441.5	34	33.9	222.1	209.6	72.2	36.4	1.4
16:37:12	440.6	33.9	34	218.8	209.8	72	36.4	1.4
16:37:27	439.1	34.1	34.1	217.8	209.2	71.8	36.5	1.4
16:37:42	438	34.3	34.2	217.4	207.4	71.4	36.5	1.4
16:37:57	436.8	34.2	34.2	216.1	206.5	70.9	36.5	1.4
16:38:12	435.7	34.1	34.2	215.2	205.3	70.8	36.6	1.4
16:38:27	434.5	34.1	34	213.5	203.2	70.5	36.6	1.4
16:38:42	433.2	33.6	33.8	212	204.6	70	36.4	1.4
16:38:57	432.3	33.8	33.9	210	202.9	69.9	36.4	1.4
16:39:12	431.2	33.9	33.8	209.9	202.2	69.5	36.4	1.4
16:39:27	429.9	34.1	34.1	208.5	200.8	69	36.5	1.4
16:39:42	428.5	34.2	34.2	208	201.1	68.5	36.5	1.4
16:39:57	427.6	34.1	34.1	206.4	199.6	68.5	36.6	1.4
16:40:12	426.6	34	33.9	207.3	198.2	68.1	36.4	1.4
16:40:27	425.3	33.8	33.8	206.3	197.7	67.7	36.4	1.4
16:40:42	424	34.1	34.3	205.1	196.1	67.1	36.4	1.4
16:40:57	423.1	34.2	34.1	204.3	197.2	67	36.6	1.4
16:41:12	422.2	34	33.9	203.3	194.1	66.9	36.5	1.4
16:41:27	421.1	33.8	33.9	201.6	193.8	66.5	36.4	1.4
16:41:42	419.8	33.9	33.8	200.9	191.5	66	36.5	1.4
16:41:57	418.9	33.9	33.8	201.5	192	66.1	36.4	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:42:12	417.9	33.8	33.7	200.3	192.9	65.8	36.4	1.4
16:42:27	416.8	34	34	199.9	190.1	65.5	36.6	1.4
16:42:42	415.8	33.8	33.8	196.6	190.2	65.5	36.4	1.4
16:42:57	414.5	34.1	34.1	197.8	188.2	65	36.5	1.4
16:43:12	413.8	34	33.9	195.9	188.9	65.2	36.5	1.4
16:43:27	412.5	34	34	198.1	187.5	64.6	36.4	1.4
16:43:42	411.6	34.1	34	196.3	185.8	64.7	36.5	1.4
16:43:57	410.7	33.8	33.8	195.5	186.3	64.3	36.3	1.4
16:44:12	409.6	34	33.9	195.5	185.3	63.9	36.3	1.4
16:44:27	408.8	33.7	33.8	194.8	185.9	63.7	36.2	1.4
16:44:42	407.7	34.1	33.9	195.3	185.7	63.7	36.6	1.4
16:44:57	406.7	33.9	33.8	194	185.8	63.3	36.1	1.4
16:45:12	405.9	34	33.9	194.5	184.3	63.4	36.4	1.4
16:45:27	404.8	34	34	194.5	183.1	62.9	36.2	1.4
16:45:42	404	33.9	33.8	192.8	181.6	63.1	36.2	1.4
16:45:57	402.7	34	34	191.8	181.2	62.7	36.4	1.4
16:46:12	402	33.9	33.8	192.1	181.7	62.7	36.2	1.4
16:46:27	401.3	34.1	34	190.3	179.4	62.7	36.4	1.4
16:46:42	400	34.1	34.2	188.5	177.6	62.2	36.1	1.4
16:46:57	399.3	33.8	33.9	187.7	180.5	62.4	36.2	1.4
16:47:12	398.4	34.3	34.1	186.8	179.1	62.4	36.5	1.4
16:47:27	397.3	34.1	34	185.8	178.7	62.2	36.5	1.4
16:47:42	396.4	33.9	33.8	184.6	177.4	61.8	36.1	1.4
16:47:57	395.6	33.9	34.1	186.1	176.8	62	36.3	1.4
16:48:12	394.5	33.6	34	183.9	176.2	61.8	36.1	1.4
16:48:27	393.8	33.6	33.7	179.6	177.5	62.1	35.9	1.4
16:48:42	392.8	33.6	33.6	174.6	176.3	62	36.1	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:48:57	391.8	33.6	33.6	174.2	176.7	62	36.1	1.4
16:49:12	391	33.5	33.6	173.3	174.8	62	36.2	1.4
16:49:27	390.2	33.6	33.6	171.4	174.2	62	36.3	1.4
16:49:42	389.3	34	33.7	172	174.2	62.1	36.4	1.4
16:49:57	388.6	33.9	33.7	170.6	172.5	61.7	36.5	1.4
16:50:12	387.7	33.6	33.7	167.4	171.5	61.7	36.3	1.4
16:50:27	386.8	33.6	33.6	166.1	170.8	61.4	36.2	1.4
16:50:42	386	33.7	33.7	168.1	170.5	61.2	36.2	1.4
16:50:57	385.1	33.6	33.7	167.2	169	60.9	36.2	1.4
16:51:12	384.4	33.6	33.7	165.2	169.7	60.6	36.2	1.4
16:51:27	383.6	33.6	33.6	163.2	167.7	60.1	36	1.4
16:51:42	382.7	33.6	33.6	161.4	167.3	59.8	35.9	1.4
16:51:57	381.9	33.6	33.6	158.9	166.8	59.5	36.1	1.4
16:52:12	381.1	33.5	33.6	158.4	166.2	59.2	36.1	1.4
16:52:27	380.3	33.5	33.6	157.6	165.9	58.9	36.2	1.4
16:52:42	379.5	33.6	33.6	158.8	165.1	58.7	36.2	1.4
16:52:57	378.7	33.7	33.7	155.5	164.8	58.4	36.3	1.4
16:53:12	377.8	33.5	33.6	155.2	164.4	58.2	36.3	1.4
16:53:27	377.1	33.6	33.6	154.1	164	57.9	36.2	1.4
16:53:42	376.2	33.5	33.6	154	162.6	57.6	36.2	1.4
16:53:57	375.5	33.5	33.6	150.9	162.6	57.5	36.3	1.4
16:54:12	374.7	33.5	33.5	153.7	161.6	57.2	36.2	1.4
16:54:27	374	33.5	33.6	154.8	160.9	57	36.1	1.4
16:54:42	373.2	33.6	33.6	152.2	160	56.7	36.2	1.4
16:54:57	372.4	33.6	33.6	151.3	159.7	56.6	36.2	1.4
16:55:12	371.6	33.5	33.6	149.3	158.3	56.4	36.1	1.4
16:55:27	370.8	33.5	33.5	153.9	158.5	56.2	36	1.4

ตาราง จ.2 (ต่อ) บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 75% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:55:42	370.1	33.5	33.5	148.7	157.2	56	36	1.4
16:55:57	369.4	33.5	33.5	149.1	156.7	55.8	36	1.4
16:56:12	368.6	33.5	33.5	148.5	156.7	55.6	36	1.4
16:56:27	367.8	33.5	33.5	149.5	156.4	55.4	35.8	1.4
16:56:42	367.2	33.5	33.6	151.9	156.5	55.3	35.8	1.4
16:56:57	366.5	33.6	33.6	151.6	155.6	55.1	35.7	1.4
16:57:12	365.7	33.6	33.6	149.4	154.9	54.9	35.6	1.4
16:57:27	365	33.5	33.6	156.2	155.2	54.6	35.5	1.4
16:57:42	364.3	33.5	33.6	186.9	160.4	54.4	35.4	1.4
16:57:57	363.6	33.5	33.6	220.2	164.9	54.3	35.5	1.4
16:58:12	364.4	35.4	35.8	226.9	175.3	54.9	36	1.4
16:58:27	363.2	35	35.4	222.6	178.8	54.6	35.7	1.4
16:58:42	362.5	35	35.3	219.2	180.6	54.4	35.8	1.4
16:58:57	362.9	35.5	36	222.6	182.8	54.5	35.8	1.4
16:59:12	362.2	35.4	36	218.7	184.1	54.2	36	1.4
16:59:27	361.1	35.9	35.3	215.6	185.2	54.4	36	1.4
16:59:42	361	34.6	35.5	213.7	185.8	54.1	35.9	1.4
16:59:57	359.8	35.2	35.3	212.1	185.7	54.1	35.5	1.4
17:00:12	359.1	35	36.1	212.1	185.8	53.4	35.9	1.4

ตาราง จ.3 บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:36:14	35.2	33.9	33.8	35.7	37.5	35.6	35.7	1.4
12:36:29	35.2	33.8	33.8	35.7	37.5	35.6	35.6	1.4
12:36:44	35.1	33.8	33.7	35.7	37.6	35.6	35.7	1.4
12:36:59	35.2	33.8	33.7	35.7	37.6	35.6	35.7	1.4
12:37:14	35.1	33.8	33.7	35.7	37.5	35.6	35.7	1.4
12:37:29	35.1	33.8	33.7	35.7	37.4	35.4	35.5	1.4
12:37:44	35.2	33.8	33.8	35.6	37.3	35.5	35.6	1.4
12:37:59	35.2	33.9	33.8	35.7	37.3	35.4	35.4	1.4
12:38:14	38.2	33.4	34.9	41.6	39.3	35.4	35.9	1.4
12:38:29	36.8	36.1	35.9	39.7	41.4	36.1	36	1.4
12:38:44	35.8	35.1	34.9	49.3	46	35.9	35.6	1.4
12:38:59	35.5	34.5	34.1	94.4	59	35.9	35.6	1.4
12:39:14	35.5	34.5	34.1	277.2	84	35.7	35.3	1.4
12:39:29	35.5	34.5	34.1	508.5	111.3	35.8	35.4	1.4
12:39:44	35.6	34.6	34.3	595.3	132	35.8	35.3	1.4
12:39:59	35.7	34.6	34.3	616.6	149.1	36	35.4	1.4
12:40:14	35.7	34.5	34.2	626.1	153.7	35.9	35.4	1.4
12:40:29	35.6	34.5	34.1	647.1	162.4	35.8	35.4	1.4
12:40:44	35.6	34.5	34.1	663.7	163.4	35.8	35.3	1.4
12:40:59	35.5	34.4	34.2	664.8	171.1	35.8	35.3	1.4
12:41:14	35	34.9	34.5	677	175.6	38.8	35.4	1.4
12:41:29	35	34.9	34.5	684.1	179.6	38.8	35.3	1.4
12:41:44	35.1	34.9	34.6	690.5	183.4	38.9	35.2	1.4
12:41:59	35.1	34.9	34.5	698.2	185.9	38.7	35.1	1.4
12:42:14	35	34.8	34.5	707.8	187.9	38.8	35.1	1.4
12:42:29	35	34.8	34.5	718.6	196	38.7	35	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:43:14	35.3	34.9	34.7	739	218.7	38.8	35	1.4
12:43:29	35.4	34.9	34.6	750.5	225.6	39	35.2	1.4
12:43:44	35.6	35.1	34.8	768.8	231.7	38.9	35.1	1.4
12:43:59	35.5	34.9	34.7	790.2	238	39	35.1	1.4
12:44:14	35.7	35	34.8	794	245.2	39.1	35.2	1.4
12:44:29	35.8	35.2	34.8	779.8	252.1	39.1	35.2	1.4
12:44:44	35.9	35.2	34.9	773.6	257.9	39.2	35.3	1.4
12:44:59	35.9	35.2	34.9	794.3	262.9	39.1	35.1	1.4
12:45:14	35.9	35.1	34.8	820.7	267.7	39.3	35.3	1.4
12:45:29	36.1	35.1	34.9	827.1	272	39.3	35.2	1.4
12:45:44	36.2	35	34.9	810.3	277.6	39.3	35.3	1.4
12:45:59	36.4	35.1	34.8	848.6	290.8	39.3	35.3	1.4
12:46:14	36.5	35.1	34.8	903.5	302.6	39.2	35.4	1.4
12:46:29	36.7	35.1	35	943.1	313.9	39.3	35.5	1.4
12:46:44	36.9	35.2	34.8	939.3	323	39.3	35.5	1.4
12:46:59	37.2	35.4	34.9	941.6	325.8	39.2	35.5	1.4
12:47:14	37.5	35	34.8	938.4	329	39.2	35.5	1.4
12:47:29	37.9	35.2	34.9	954.4	332.7	39.2	35.6	1.4
12:47:44	38.3	35	34.8	954.8	336.5	39.2	35.6	1.4
12:47:59	38.8	35	34.7	974.2	339.7	39.2	35.6	1.4
12:48:14	39.5	35.1	34.9	990.1	343.5	39.2	35.5	1.4
12:48:29	40.2	35	34.8	998.6	347.3	39.1	35.5	1.4
12:48:44	41.1	35	34.8	998.2	354.1	39.2	35.6	1.4
12:48:59	42.3	35	34.7	977.4	344.3	39.1	35.5	1.4
12:49:14	43.5	35.1	34.9	988.6	333.4	39.2	35.6	1.4
12:49:29	45	35.1	34.8	996.6	332.1	39.3	35.6	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:49:44	46.6	35.1	34.8	994	332.2	39.4	35.7	1.4
12:49:59	48.3	35.3	34.9	1008.5	333.5	39.3	35.6	1.4
12:50:14	50.1	35.2	35	1010.8	335.2	39.3	35.6	1.4
12:50:29	51.9	35.1	34.9	1032.1	337.5	39.4	35.7	1.4
12:50:44	53.9	35.1	34.9	1016	338.3	39.6	35.8	1.4
12:50:59	55.9	35.2	35	1021.7	338.6	39.7	35.9	1.4
12:51:14	57.9	35.1	34.8	1028.8	338.7	39.5	35.7	1.4
12:51:29	59.9	35.2	35	1035.5	339.3	39.7	35.9	1.4
12:51:44	61.8	35.3	35	1025.6	339.5	39.7	35.7	1.4
12:51:59	63.7	35.1	34.9	1011.7	339.4	39.7	35.8	1.4
12:52:14	65.5	35	34.9	1014.9	339.2	39.7	35.7	1.4
12:52:29	67.4	35.2	34.8	999.7	342.1	39.8	35.8	1.4
12:52:44	69.2	35.1	34.8	1022	344.2	39.6	35.6	1.4
12:52:59	70.6	35	34.8	1027.3	347.1	39.8	35.7	1.4
12:53:14	72.1	35	34.8	1015.3	352.5	39.9	35.9	1.4
12:53:29	73.6	35	34.9	1018.2	354.6	40.1	35.9	1.4
12:53:44	75.2	35.1	34.9	984.9	362.4	39.9	35.8	1.4
12:53:59	76.4	35.1	34.9	1000.4	364	39.9	35.8	1.4
12:54:14	77.5	35	34.8	1041.9	361	40.1	35.9	1.4
12:54:29	78.6	34.9	34.9	1049.6	359.9	40.2	36.1	1.4
12:54:44	79.8	35	35	1054	360.1	40.2	35.9	1.4
12:54:59	80.8	35.3	35.1	1039.6	361.6	40.2	36	1.4
12:55:14	81.7	34.9	34.9	1046.1	362.5	40.1	35.9	1.4
12:55:29	82.7	34.9	34.9	1045	364.4	40.2	35.9	1.4
12:55:44	83.5	35	35	1025.3	363.1	40.4	36.1	1.4
12:55:59	84.4	35	35.2	1011	361.8	40.4	36.1	1.4
12:56:14	85.1	34.9	35	999.9	361	40.4	36.1	1.4



ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
12:56:29	85.9	35	35.3	999.9	360.9	40.5	36.3	1.4
12:56:44	86.5	35	35.3	1006.6	361.7	40.6	36.5	1.4
12:56:59	87.1	34.8	35.2	1005.3	362.4	40.6	36.6	1.4
12:57:14	87.7	34.9	35.4	1004.5	364.2	40.6	36.7	1.4
12:57:29	88.3	34.8	35.5	1032	365.5	40.7	37	1.4
12:57:44	88.8	35	35.7	1012.6	367.2	40.8	37.4	1.4
12:57:59	89.3	34.8	35.8	999.7	368.6	41	37.8	1.4
12:58:14	89.9	34.9	35.9	987.6	369.7	41	38.1	1.4
12:58:29	90.3	34.7	36	1011.4	367.5	41.2	38.4	1.4
12:58:44	90.8	34.8	36.2	1028.6	336.3	41.3	38.7	1.4
12:58:59	91.2	34.9	36.4	1029.2	323.3	41.3	38.8	1.4
12:59:14	91.7	34.9	36.7	1008.9	316.1	41.5	39.2	1.4
12:59:29	92.1	34.9	36.8	1029.5	311.7	41.6	39.4	1.4
12:59:44	92.6	34.9	37.2	963	309.6	41.7	39.6	1.4
12:59:59	92.9	34.8	37.4	941.9	308.3	41.8	39.8	1.4
13:00:14	93.3	34.8	37.6	926.8	306.9	42.1	39.9	1.4
13:00:29	93.7	34.9	37.8	923.5	305.7	42.3	40.3	1.4
13:00:44	94.2	34.8	38.1	975	304.4	42.4	40.3	1.4
13:00:59	94.5	34.8	38.4	989.8	303.5	42.6	40.4	1.4
13:01:14	95	34.8	38.5	992	303	42.7	40.4	1.4
13:01:29	95.3	34.8	38.9	1010.5	301.7	43	40.7	1.4
13:01:44	95.8	34.8	39	1021.2	301.4	43.2	40.7	1.4
13:01:59	96.3	34.9	39.4	1033.6	302.1	43.4	40.7	1.4
13:02:14	96.8	34.9	39.7	1031.3	302.2	43.6	40.8	1.4
13:02:29	97.2	34.9	39.9	1023.7	302.9	44.1	41	1.4
13:02:44	97.7	35	40.2	1018.4	304.4	44.3	41.1	1.4
13:02:59	98	34.9	40.5	1035.1	304.6	44.7	41.3	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:03:14	98.4	34.8	40.8	1044.6	305.3	44.8	41.3	1.4
13:03:29	99	34.9	40.7	1051.9	306.2	45.2	41.5	1.4
13:03:44	99.4	34.9	41.1	1053.3	308.9	45.5	41.8	1.4
13:03:59	99.9	34.8	41.3	1059.4	310.1	45.8	42	1.4
13:04:14	100.5	34.8	41.5	1066.9	309.9	46.1	42.1	1.4
13:04:29	101.1	34.9	41.9	1071.7	309.3	46.3	42.5	1.4
13:04:44	101.7	34.8	41.8	1073.8	310.6	46.6	42.8	1.4
13:04:59	102.3	34.9	42.2	1069.5	310.1	46.9	43	1.4
13:05:14	102.9	34.9	42.3	1072.8	309.5	47.1	43.2	1.4
13:05:29	103.5	34.9	42.8	1074.2	309.8	47.3	43.5	1.4
13:05:44	104.1	34.8	43.1	1081.1	311	47.5	43.7	1.4
13:05:59	104.8	34.9	43.4	1085.3	313.6	47.8	44.1	1.4
13:06:14	105.4	35	44.1	1088.4	315.6	48.2	44.4	1.4
13:06:29	106.1	34.9	44.1	1082.4	317.6	48.3	44.6	1.4
13:06:44	106.9	34.9	44.6	1074.5	319.5	48.6	44.8	1.4
13:06:59	107.5	35	45.1	1077.3	320.7	48.8	45.2	1.4
13:07:14	108.1	34.9	45.5	1086.8	325.9	49.1	45.8	1.4
13:07:29	109	34.9	45.8	1099.2	332.8	49.4	46.4	1.4
13:07:44	109.7	35	46.3	1071.7	337.9	49.5	46.8	1.4
13:07:59	110.5	35	46.7	1033.2	340.4	49.8	47.4	1.4
13:08:14	111.1	35	47.1	1023.2	346	50	48	1.4
13:08:29	111.9	35.1	47.4	1021.2	347.6	50.3	48.3	1.4
13:08:44	112.8	35.2	47.7	1022.6	349.2	50.5	48.9	1.4
13:08:59	113.4	35.1	47.9	1052.7	348.7	50.7	49.2	1.4
13:09:14	114.3	34.9	48.2	1082.2	349.7	50.8	49.2	1.4
13:09:29	115.1	35	48.4	1083.9	350.2	51	49.3	1.4
13:09:44	116	35.1	48.8	1076.2	352.6	51.1	49.8	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:09:59	116.7	34.9	49	1062.9	355.8	51.2	49.8	1.4
13:10:14	117.6	35	49.2	1046.5	359.2	51.3	50.2	1.4
13:10:29	118.5	35	49.5	1036.5	364.4	51.5	50.7	1.4
13:10:44	119.3	35	49.6	1014.5	366.3	51.5	50.6	1.4
13:10:59	120.2	35	50.1	996	368.6	51.6	51	1.4
13:11:14	121.1	35	50.1	998.8	369.9	51.6	51	1.4
13:11:29	122.1	34.9	50.3	1024.6	370.5	51.8	51.6	1.4
13:11:44	123	35	50.6	1040.8	371.2	51.8	51.5	1.4
13:11:59	124	35	51	1047.1	373.7	52	51.7	1.4
13:12:14	125	35	51.2	1052.3	376.3	52	52	1.4
13:12:29	126.1	34.9	51.1	1059.9	379.6	52.1	52.3	1.4
13:12:44	127.2	35	51.4	1054	380.7	52.1	52.2	1.4
13:12:59	128.2	35	51.6	1091.7	382.5	52.2	52.4	1.4
13:13:14	129.2	34.8	51.6	1114.2	383.4	52.2	52.6	1.4
13:13:29	130.7	35	52.2	1115.6	387.3	52.4	52.7	1.4
13:13:44	131.7	35	52.3	1117	388.5	52.4	52.8	1.4
13:13:59	132.9	34.9	52.4	1112	386.1	52.4	53	1.4
13:14:14	134.3	35	52.5	1126.5	386.4	52.5	53	1.4
13:14:29	135.7	35.1	52.7	1129.1	388.4	52.6	53.4	1.4
13:14:44	137	34.8	52.3	1125.5	365.7	52.5	53.4	1.4
13:14:59	138.5	34.9	52.8	1124.4	358.5	52.6	53.7	1.4
13:15:14	140	34.8	53.2	1119.5	356	52.6	53.2	1.4
13:15:29	141.5	35	53.7	1111.3	348.5	52.7	51.5	1.4
13:15:44	143.1	35	53.4	1112.4	343.2	52.7	51.5	1.4
13:15:59	144.5	34.9	53.7	1088.8	336	52.7	50.7	1.4
13:16:14	146.3	35	53.7	1085.5	332.3	52.9	50.9	1.4
13:16:29	147.8	35	53.9	1083.2	329.5	52.7	50.4	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:16:44	149.5	35	54	1069.9	329.3	52.9	50.4	1.4
13:16:59	151.1	34.9	54.1	1066	331.9	52.8	50.6	1.4
13:17:14	152.9	34.9	54.2	1057.9	335	52.8	50.2	1.4
13:17:29	154.8	35	54.3	1051.2	336.6	52.8	50.4	1.4
13:17:44	156.6	34.9	54.4	1046	338.3	52.8	50.4	1.4
13:17:59	158.4	34.9	54.6	1045.8	339.8	52.8	50.4	1.4
13:18:14	160.2	35	54.7	1032.3	342.2	52.8	50.2	1.4
13:18:29	162	34.9	54.6	1034.3	341.9	52.9	50.6	1.4
13:18:44	163.9	34.8	54.7	1051	341.2	52.9	50.3	1.4
13:18:59	165.7	34.7	54.7	1066.6	341.8	52.9	50.5	1.4
13:19:14	167.6	34.7	54.8	1074.2	340.3	52.9	50.3	1.4
13:19:29	169.5	34.7	55	1073.4	338.5	53	50.2	1.4
13:19:44	171.4	34.6	55.1	1078.6	336.7	53.1	50.4	1.4
13:19:59	173.3	34.7	55.1	1102.6	336.1	53.1	50.3	1.4
13:20:14	175.4	34.8	55.2	1105.8	335	53	50.3	1.4
13:20:29	177.3	34.8	55.4	1094.2	335.5	53.1	50.5	1.4
13:20:44	179.3	34.9	55.5	1083.5	334.8	53.1	50.4	1.4
13:20:59	181.4	34.8	55.5	1071.3	335	53	50.4	1.4
13:21:14	183.5	34.9	55.4	1067.4	337	52.9	50.5	1.4
13:21:29	185.7	34.8	55.5	1060.5	337.1	52.9	50.6	1.4
13:21:44	188	34.9	55.8	1052	339	52.9	50.7	1.4
13:21:59	190.4	35	56	1046.1	338.1	52.8	50.8	1.4
13:22:14	192.8	34.9	55.9	1041.1	337	52.7	50.8	1.4
13:22:29	195.2	34.8	55.8	1043.8	336.6	52.5	51	1.4
13:22:44	197.8	34.9	56.2	1037.4	337.9	52.4	51.2	1.4
13:22:59	200.4	34.9	56	1035.5	342.4	52.4	51.6	1.4
13:23:14	203	34.9	56	1036.4	344.1	52.2	51.3	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:23:29	205.5	34.9	56	1040.1	345.9	52.1	51.3	1.4
13:23:44	208.1	34.9	56.2	1047.3	348.4	52.1	51.5	1.4
13:23:59	210.8	34.9	56.3	1052.3	351.2	51.9	51.6	1.4
13:24:14	213.3	34.8	56.3	1055.6	350.7	51.8	51.7	1.4
13:24:29	215.8	35	56.2	1055.7	351.8	51.7	52.1	1.4
13:24:44	218.5	34.8	56.3	1056.4	350.9	51.6	52.2	1.4
13:24:59	221.2	34.9	56.3	1065	349.6	51.5	52	1.4
13:25:14	224	34.9	56.4	1066.1	347.6	51.3	52.1	1.4
13:25:29	226.8	34.9	56.2	1069.3	344.5	51.2	52.7	1.4
13:25:44	229.6	34.8	56.4	1065.8	345.3	51.2	52.8	1.4
13:25:59	232.3	34.8	56.4	1067.5	345.8	51.1	52.7	1.4
13:26:14	235.1	34.8	56.3	1062.6	347.7	51	52.6	1.4
13:26:29	238.1	34.8	56.4	1064.2	349.1	50.9	52.9	1.4
13:26:44	241.1	34.9	56.6	1064	349.8	51	52.8	1.4
13:26:59	244.2	34.8	56.5	1064.7	349.7	50.9	52.9	1.4
13:27:14	247.5	34.8	56.4	1064.3	350.8	50.8	53	1.4
13:27:29	250.7	34.7	56.6	1056.6	355.6	50.8	53.3	1.4
13:27:44	254.1	34.8	56.6	1055.5	358.5	50.8	53.5	1.4
13:27:59	257.3	34.8	56.6	1055.5	359.3	50.7	53.3	1.4
13:28:14	260.7	34.8	56.7	1056	360.6	50.8	53.3	1.4
13:28:29	263.8	34.8	56.7	1047.5	359.2	50.8	53.1	1.4
13:28:44	267.3	34.7	56.6	1047.4	356.4	50.7	53.1	1.4
13:28:59	270.6	34.7	56.7	1043	354.8	50.8	53.3	1.4
13:29:14	273.8	34.6	56.7	1048	351.3	50.8	53.3	1.4
13:29:29	277.4	34.6	56.6	1039.1	351.3	50.9	53.7	1.4
13:29:44	281.1	34.6	56.8	1034.8	350.8	50.9	53.4	1.4
13:29:59	284.9	34.7	56.8	1035.6	346.7	51.1	53.6	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลเสีย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:30:14	288.7	34.8	56.9	1033.3	347.6	51.1	53.6	1.4
13:30:29	292.6	34.9	57	1049	344.1	51.4	53.6	1.4
13:30:44	296.5	34.9	56.9	1053.8	343.5	51.4	53.7	1.4
13:30:59	300.6	35	57	1051	337.8	51.6	54	1.4
13:31:14	304.6	34.9	57.1	1048	336.1	51.8	54	1.4
13:31:29	308.5	34.9	57.1	1049.6	335.8	51.9	53.8	1.4
13:31:44	312.3	34.8	57.1	1058.1	333.1	52.1	54	1.4
13:31:59	316.2	34.8	57.1	1071.7	334	52.3	54.1	1.4
13:32:14	320.3	34.8	57.3	1078.5	332.4	52.4	54.3	1.4
13:32:29	324.4	34.8	56.9	1083.5	331.4	52.6	53.9	1.4
13:32:44	328.5	34.7	57.1	1078.8	331	52.9	54.1	1.4
13:32:59	332.6	34.7	57.3	1081.4	330.4	53.1	54.4	1.4
13:33:14	336.8	34.7	57	1079.1	331.2	53.2	54.2	1.4
13:33:29	340.9	34.6	57	1080.3	327	53.5	54	1.4
13:33:44	344.8	34.6	56.9	1086.3	323	53.8	54	1.4
13:33:59	348.6	34.6	56.8	1092.8	320.3	54	54	1.4
13:34:14	352.4	34.6	57.2	1097.6	316.3	54.2	54	1.4
13:34:29	356.1	34.6	57.2	1103.2	315.7	54.5	54	1.4
13:34:44	359.5	34.7	57.2	1110.7	313.5	54.8	54.1	1.4
13:34:59	362.9	34.7	57.1	1112	312	55.1	54.3	1.4
13:35:14	366.2	34.7	57.1	1117.7	308.4	55.3	54.1	1.4
13:35:29	369.5	34.7	57	1119	306.1	55.5	54	1.4
13:35:44	372.7	34.7	57.1	1117.9	303.8	55.9	54.4	1.4
13:35:59	375.8	34.7	57.2	1122.6	303.6	56.3	54.3	1.4
13:36:14	378.7	34.7	57	1108.3	303.7	56.4	54.2	1.4
13:36:29	381.7	34.7	57.1	1105	301.5	56.8	54.3	1.4
13:36:44	384.5	34.7	57.2	1120.6	299.1	57	54.2	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:36:59	387.4	34.9	57.3	1107.5	305.5	57.4	54.1	1.4
13:37:14	390.2	34.8	57.2	1099.2	325.7	57.6	54.1	1.4
13:37:29	393	34.8	57.2	1103.8	333.6	57.9	54.3	1.4
13:37:44	395.9	34.9	57.2	1106.3	336.3	58.2	53.8	1.4
13:37:59	398.6	35	57.5	1114.9	338.3	58.5	53.7	1.4
13:38:14	401.2	35.1	57.6	1108	338.9	58.6	53.7	1.4
13:38:29	403.5	35	57.5	1109.3	338.4	59	53.9	1.4
13:38:44	405.9	35	57.7	1112.5	340.1	59.2	53.7	1.4
13:38:59	408.2	35	57.9	1112.8	339.5	59.4	53.7	1.4
13:39:14	410.4	35.1	58.1	1123.5	337.6	59.7	53.6	1.4
13:39:29	412.4	35.1	57.9	1161.3	335.1	59.9	53.7	1.4
13:39:44	414.2	35	57.9	1166	333	60	53.3	1.4
13:39:59	416.1	35.1	57.9	1139.2	331.5	60.3	53.3	1.4
13:40:14	417.7	35	57.8	1122.1	332.1	60.5	53	1.4
13:40:29	419.5	35.1	57.6	1123.2	332.5	60.6	52.8	1.4
13:40:44	421	35	57.8	1112.2	333	60.8	52.6	1.4
13:40:59	422.6	35.2	57.7	1103.5	332.3	61.1	52.8	1.4
13:41:14	424	35.1	57.5	1098.4	331.3	61.3	52.7	1.4
13:41:29	425.3	35.1	57.6	1113.9	330	61.5	52.5	1.4
13:41:44	426.6	35	57.3	1095.2	328.8	61.7	52.4	1.4
13:41:59	427.7	35.1	57.4	1103.5	327.7	62	52.3	1.4
13:42:14	428.8	35	57.2	1100	326.5	62.2	51.9	1.4
13:42:29	429.8	35.1	57.2	1101.7	326.6	62.4	51.7	1.4
13:42:44	430.7	35	57.1	1110.5	325.1	62.6	51.6	1.4
13:42:59	431.5	34.9	57	1110.6	325.2	62.8	51.5	1.4
13:43:14	432.2	34.9	57.1	1110.6	324.8	63.1	51.5	1.4
13:43:29	433	35.1	57	1105.8	325.5	63.4	51.2	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:43:44	433.6	35.1	56.9	1097.3	327	63.4	50.9	1.4
13:43:59	434	34.9	56.6	1098.3	328.9	63.5	50.7	1.4
13:44:14	434.7	34.9	56.6	1098.3	330.2	63.8	50.6	1.4
13:44:29	435.2	34.9	56.8	1102.2	330.9	64.1	50.6	1.4
13:44:44	435.9	34.9	56.5	1100.2	331.5	64.3	50.4	1.4
13:44:59	436.3	34.8	56.3	1106.6	331.3	64.4	50.2	1.4
13:45:14	436.8	34.8	56.1	1105.8	330.7	64.7	50	1.4
13:45:29	437.3	34.8	56.1	1103.8	330.2	64.9	49.9	1.4
13:45:44	437.8	34.9	56	1108.5	330	65	49.9	1.4
13:45:59	438.3	34.8	55.8	1113.9	329.6	65.2	49.9	1.4
13:46:14	438.8	34.9	55.9	1118.9	328.5	65.3	49.7	1.4
13:46:29	439.3	34.8	55.7	1125.6	327.5	65.6	49.8	1.4
13:46:44	439.9	34.9	55.7	1126.2	326.8	65.8	49.7	1.4
13:46:59	440.4	34.9	55.7	1107.9	325.7	65.8	49.7	1.4
13:47:14	440.8	34.9	55.5	1114.6	324.6	65.9	49.5	1.4
13:47:29	441.3	34.9	55.5	1118.1	323.3	65.9	49.4	1.4
13:47:44	441.8	34.9	55.4	1114.5	322.8	66.1	49.3	1.4
13:47:59	442.1	34.9	55.3	1117.6	322.6	66.3	49.2	1.4
13:48:14	442.5	35	55.4	1118.8	322.4	66.1	49.2	1.4
13:48:29	442.9	35	55.2	1119.2	321.6	66.3	49.2	1.4
13:48:44	443.3	35	55.1	1121	321.6	66.2	49.1	1.4
13:48:59	443.8	35.1	55	1124.9	321.5	66.2	48.8	1.4
13:49:14	444.1	35	54.9	1123.5	321.7	66.2	48.9	1.4
13:49:29	444.5	35.1	54.8	1131.5	321.1	66.2	48.9	1.4
13:49:44	444.9	35	54.7	1139.6	320.5	66.2	48.9	1.4
13:49:59	445.3	35.1	54.7	1140.5	319.8	66.1	48.7	1.4
13:50:14	445.7	35.1	54.5	1141.9	319.5	65.9	48.5	1.4



ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:50:29	446	35.1	54.4	1143.9	318.6	65.7	48.3	1.4
13:50:44	446.4	35.2	54.2	1139.9	318.2	65.7	48.5	1.4
13:50:59	446.6	35.2	54.1	1135	317.2	65.6	48.5	1.4
13:51:14	446.9	35.2	54.1	1136.5	317.2	65.4	48.1	1.4
13:51:29	447.1	35.1	54	1135.9	316.4	65.3	48.1	1.4
13:51:44	447.1	35	54.2	1135.7	314.6	65	47.7	1.4
13:51:59	447.2	35.1	53.8	1139.8	314.1	65.1	47.8	1.4
13:52:14	447.1	35.2	53.7	1143.6	314.2	65.1	47.8	1.4
13:52:29	447.1	35.1	53.6	1142	313.1	65.1	47.8	1.4
13:52:44	447	34.9	53.5	1144	312.6	65.2	47.8	1.4
13:52:59	446.9	35.2	53.7	1147.5	312.3	65.3	47.7	1.4
13:53:14	446.6	35.2	53.3	1158.7	312	65.5	47.7	1.4
13:53:29	446.4	35.3	53.1	1144.8	311.9	65.7	47.8	1.4
13:53:44	446.2	35.3	53.3	1153	311.3	65.8	47.6	1.4
13:53:59	446	35.3	53	1155.7	310.2	66.1	47.5	1.4
13:54:14	445.7	35.2	53.1	1161.2	310	66.3	47.5	1.4
13:54:29	445.5	35.3	53	1167.4	309.3	66.7	47.5	1.4
13:54:44	445.4	35.2	52.8	1166.4	308.7	66.9	47.4	1.4
13:54:59	445.3	35.4	52.8	1164.2	308.7	67.2	47.5	1.4
13:55:14	445.2	35.4	52.8	1162.8	308.3	67.7	47.4	1.4
13:55:29	445	35.3	52.6	1161.4	308	68	47.3	1.4
13:55:44	445	35.5	52.7	1134	318.3	68.4	47.2	1.4
13:55:59	445	35.5	52.7	1109.5	325.8	68.8	47.2	1.4
13:56:14	444.9	35.5	52.5	1116.1	330	69.1	47.1	1.4
13:56:29	444.9	35.5	52.3	1131.2	330.3	69.3	47	1.4
13:56:44	444.8	35.4	52.4	1135.2	330.8	69.8	47.2	1.4
13:56:59	444.8	35.4	52.4	1133.9	331.9	70	47	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
13:57:14	444.8	35.4	52.2	1130.3	333.5	70.3	46.9	1.4
13:57:29	444.8	35.6	52.4	1125.2	334.9	70.6	46.9	1.4
13:57:44	444.7	35.4	52.1	1123	336.4	70.8	46.7	1.4
13:57:59	444.7	35.5	52.1	1108.3	337.8	71.1	46.9	1.4
13:58:14	444.5	35.4	51.9	1106.8	338.7	71.3	46.9	1.4
13:58:29	444.5	35.6	52.1	1101.3	338.5	71.5	46.8	1.4
13:58:44	444.4	35.7	52.2	1102.2	338.8	71.8	46.6	1.4
13:58:59	444.2	35.5	52	1099.6	339.2	72.1	46.6	1.4
13:59:14	444.1	35.5	51.9	1107.7	337.9	72.3	46.5	1.4
13:59:29	444	35.5	51.7	1110.9	337.2	72.7	46.6	1.4
13:59:44	444	35.7	51.8	1106.8	337.6	72.8	46.5	1.4
13:59:59	443.9	35.5	51.7	1091.1	340	73	46.4	1.4
14:00:14	444	35.5	51.6	1085	342.4	73.5	46.6	1.4
14:00:29	443.9	35.6	51.7	1080.1	344.8	73.7	46.4	1.4
14:00:44	444	35.6	51.5	1081	346.8	74.1	46.2	1.4
14:00:59	443.9	35.5	51.2	1084.4	347.4	74.4	46.2	1.4
14:01:14	443.7	35.3	51.3	1085	348.4	74.6	46.1	1.4
14:01:29	443.8	35.5	51.3	1086.4	347.7	74.9	46	1.4
14:01:44	443.7	35.3	50.9	1086.6	347.6	75.3	46.1	1.4
14:01:59	443.6	35.4	51.1	1084.7	347.9	75.5	46	1.4
14:02:14	443.5	35.3	51	1085.7	348.7	75.8	45.8	1.4
14:02:29	443.7	35.5	50.8	1085.8	349.6	76.2	45.8	1.4
14:02:44	443.6	35.7	51.3	1084.1	350.1	76.6	45.9	1.4
14:02:59	443.4	35.4	50.9	1082.8	351.6	77	45.9	1.4
14:03:14	443.3	35.1	50.6	1087	353.8	77.3	45.7	1.4
14:03:29	443.6	35.4	50.7	1090.7	353.3	77.7	45.8	1.4
14:03:44	443.6	35.5	50.9	1086.1	354.2	78	45.7	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:03:59	443.7	35.5	50.7	1088.8	354.1	78.5	45.8	1.4
14:04:14	443.8	35.8	50.8	1089.8	352.8	78.8	45.7	1.4
14:04:29	443.9	35.5	50.6	1092.1	352	79.2	45.6	1.4
14:04:44	444.1	35.6	50.6	1092.7	351.9	79.5	45.5	1.4
14:04:59	444.3	35.6	50.4	1093.4	350.5	79.8	45.5	1.4
14:05:14	444.4	35.6	50.4	1090.8	350.8	80.3	45.6	1.4
14:05:29	444.8	35.7	50.4	1094.1	349.1	80.6	45.6	1.4
14:05:44	444.7	35.5	50.3	1089.8	349.2	80.9	45.5	1.4
14:05:59	444.8	35.5	50.2	1089.9	349.8	81.2	45.2	1.4
14:06:14	444.9	35.4	50	1088.9	350	81.6	45.2	1.4
14:06:29	445	35.7	50.1	1094.1	348.6	82	45.3	1.4
14:06:44	445	35.5	49.8	1100.3	347.1	82.2	45.2	1.4
14:06:59	445.2	35.6	50.1	1105	347.1	82.4	45.1	1.4
14:07:14	445.4	35.7	50	1109.4	346.3	82.7	44.9	1.4
14:07:29	445.5	35.7	50.2	1105	345.8	83	44.8	1.4
14:07:44	445.8	35.7	50.1	1104.2	345.1	83.4	44.8	1.4
14:07:59	446	35.5	49.8	1106.9	344	83.6	44.5	1.4
14:08:14	446.2	35.6	49.6	1108.2	343.6	83.9	44.6	1.4
14:08:29	446.7	35.7	49.9	1111.4	343.1	84	44.3	1.4
14:08:44	447	35.7	49.7	1112.1	344	84.2	44.2	1.4
14:08:59	447.2	35.4	49.6	1109.7	345	84.3	44.1	1.4
14:09:14	447.5	35.4	49.3	1108.4	345.4	84.3	44	1.4
14:09:29	448	35.6	49.4	1108.7	345.6	84.6	44.1	1.4
14:09:44	448.3	35.5	49.3	1110.1	346.1	84.7	44.2	1.4
14:09:59	448.6	35.4	49.1	1115.9	345.8	84.7	43.9	1.4
14:10:14	449	35.4	49.1	1109.1	346.2	85	44.1	1.4
14:10:29	449.4	35.5	49.1	1108.8	346.4	85.2	44.2	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:10:44	449.9	35.6	49.1	1108	347	85.2	44.1	1.4
14:10:59	450.2	35.5	48.9	1108.1	346.9	85.4	44	1.4
14:11:14	450.7	35.7	49	1097.4	349.2	85.6	44.3	1.4
14:11:29	451	35.5	49	1094.1	352.3	85.7	44.4	1.4
14:11:44	451.5	35.6	48.8	1098.5	354.5	85.9	44.5	1.4
14:11:59	451.9	35.7	48.8	1103.1	357.5	86.2	44.6	1.4
14:12:14	452.4	35.7	48.9	1099.3	359.3	86.4	44.7	1.4
14:12:29	452.7	35.7	48.7	1097.4	359.2	86.5	44.6	1.4
14:12:44	453.1	35.7	48.8	1093.6	358.9	86.7	44.5	1.4
14:12:59	453.3	35.5	48.5	1101.2	335.8	86.7	44.3	1.4
14:13:14	453.9	35.4	48.6	1103.9	333.7	86.9	44.5	1.4
14:13:29	454.4	35.6	48.5	1105.2	344.2	87.1	44.6	1.4
14:13:44	454.7	35.6	48.5	1102.7	348.8	87.2	44.6	1.4
14:13:59	455.1	35.7	48.5	1102.2	349.5	87.2	44.4	1.4
14:14:14	455.5	35.7	48.5	1105.7	351.5	87.3	44.5	1.4
14:14:29	455.9	35.7	48.5	1107.3	352.3	87.4	44.5	1.4
14:14:44	456.4	35.5	48.5	1110.8	352.9	87.4	44.5	1.4
14:14:59	457	35.7	48.5	1108	353	87.5	44.6	1.4
14:15:14	457.4	35.7	48.6	1110.1	354.2	87.5	44.5	1.4
14:15:29	457.9	35.8	48.4	1114.1	355.8	87.6	44.5	1.4
14:15:44	458.2	35.8	48.4	1115.2	358.2	87.7	44.5	1.4
14:15:59	458.4	35.5	48.1	1113.5	340.5	87.6	44.2	1.4
14:16:14	458.8	35.7	48.2	1116.7	329.6	87.8	44.3	1.4
14:16:29	459	35.8	48.3	1114.9	322.7	87.7	44.1	1.4
14:16:44	459.2	35.5	48.3	1114	320	87.7	44.1	1.4
14:16:59	459.4	35.6	48.1	1113.5	318.4	87.6	44.1	1.4
14:17:14	459.7	35.6	47.9	1118.2	317.3	87.6	44.2	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:17:29	460	35.6	48.1	1116	314	87.7	44.2	1.4
14:17:44	460.2	35.6	48.2	1120.3	312.4	87.6	44	1.4
14:17:59	460.3	35.6	48.2	1120.8	311	87.7	43.9	1.4
14:18:14	460.5	35.7	47.7	1121.6	309.3	87.6	43.8	1.4
14:18:29	460.7	35.6	47.8	1119.6	308.5	87.7	44	1.4
14:18:44	460.9	35.8	48.1	1121	315.9	87.9	43.9	1.4
14:18:59	461.3	35.7	47.9	1116	340.3	87.8	43.9	1.4
14:19:14	461.6	35.7	47.9	1106.1	350.8	87.9	43.8	1.4
14:19:29	461.7	35.6	47.7	1104.5	355.6	87.9	43.8	1.4
14:19:44	462	35.9	47.7	1104.7	358.5	88	43.9	1.4
14:19:59	462.3	35.8	47.6	1098.3	353.1	87.9	43.7	1.4
14:20:14	462.4	35.5	47.5	1105.4	350.8	87.9	43.6	1.4
14:20:29	462.7	35.9	47.6	1105.5	351.1	88.2	43.7	1.4
14:20:44	463	35.9	47.5	1101.9	339.2	88.1	43.5	1.4
14:20:59	463.5	36.1	47.8	1107.7	331.9	88.2	43.7	1.4
14:21:14	463.7	36	47.6	1108.7	328.7	88.3	43.7	1.4
14:21:29	464.1	35.9	47.5	1108.3	326.1	88.3	43.6	1.4
14:21:44	464.3	36	47.5	1104	324.9	88.5	43.7	1.4
14:21:59	464.6	35.8	47.4	1108.3	324.7	88.5	43.6	1.4
14:22:14	465.1	36.1	47.5	1110.3	324.5	88.7	43.7	1.4
14:22:29	465.4	36.2	47.6	1105.7	323.4	88.8	43.7	1.4
14:22:44	465.7	36.1	47.5	1102.5	322.5	88.8	43.6	1.4
14:22:59	466.1	36	47.4	1096.3	322	89	43.6	1.4
14:23:14	466.5	36.3	47.3	1095.4	322.4	89.2	43.8	1.4
14:23:29	466.8	36.2	47.2	1087.2	322.9	89	43.4	1.4
14:23:44	467.1	35.9	47.1	1082.6	322.9	89.1	43.4	1.4
14:23:59	467.5	36.4	47.4	1079.1	323.4	89.3	43.4	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:24:14	467.7	35.9	47.1	1098.7	324.7	89.2	43.4	1.4
14:24:29	468.2	36.1	47.3	1095.8	326	89.3	43.4	1.4
14:24:44	468.4	36	47.2	1088	324.3	89.4	43.4	1.4
14:24:59	468.8	36	47.2	1089.2	324.6	89.4	43.3	1.4
14:25:14	469.2	36.1	47	1082.7	324	89.5	43.4	1.4
14:25:29	469.7	36.3	47.3	1076.9	322.7	89.4	43.4	1.4
14:25:44	470	36.1	47	1067	317.8	89.4	43.3	1.4
14:25:59	470.4	36.1	47.1	1059.8	315.8	89.3	43.1	1.4
14:26:14	471.1	36.3	47	1050.9	313.4	89.1	42.8	1.4
14:26:29	471.3	35.9	46.9	1052.1	313	89.2	42.8	1.4
14:26:44	471.9	36.3	46.8	1051.1	311.4	89.1	42.7	1.4
14:26:59	472.2	36.2	46.7	1048.5	309.9	89.1	42.7	1.4
14:27:14	472.7	36.1	46.9	1043.5	308.7	89.1	42.7	1.4
14:27:29	473.2	36.2	47	1056	310.5	89.1	42.9	1.4
14:27:44	473.4	35.9	46.6	1052.5	311.6	89	42.8	1.4
14:27:59	473.7	35.8	46.5	1048.7	310.9	89	42.8	1.4
14:28:14	474.2	36.2	46.6	1049.7	311	89.1	42.8	1.4
14:28:29	474.5	36.1	46.6	1048.8	311.5	89	42.8	1.4
14:28:44	474.8	36.1	46.7	1050.3	312.5	89	42.7	1.4
14:28:59	474.9	36	46.4	1050.7	312.4	89	42.7	1.4
14:29:14	475.3	36.2	46.5	1053.7	310.8	89.1	42.6	1.4
14:29:29	475.5	36	46.3	1053.1	310.4	89	42.5	1.4
14:29:44	475.8	36.3	46.7	1059.7	310	89	42.6	1.4
14:29:59	475.9	36	46.3	1073.4	314.4	88.9	42.8	1.4
14:30:14	476.2	36.2	46.6	1064.5	316.4	88.7	42.6	1.4
14:30:29	476.5	36.2	46.5	1067	317.9	88.7	42.5	1.4
14:30:44	476.7	36.2	46.4	1068.3	318.7	88.6	42.5	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:30:59	476.9	36	46.3	1063.2	319.6	88.5	42.6	1.4
14:31:14	477.2	36.1	46	1059	320	88.4	42.4	1.4
14:31:29	477.4	36.1	46	1067.6	321	88.3	42.4	1.4
14:31:44	477.5	36	45.6	1061	323.3	88.1	42.6	1.4
14:31:59	478.1	36.6	46.1	1078.4	325.3	88.1	42.6	1.4
14:32:14	478.1	36.4	46	1066	324.9	88	42.3	1.4
14:32:29	478.4	36.3	46.2	1066.1	326	87.7	42	1.4
14:32:44	478.5	36.2	45.7	1071	324.2	87.5	42	1.4
14:32:59	478.8	36.3	45.8	1073.1	323.5	87.3	41.9	1.4
14:33:14	479.2	36.3	45.8	1071	324	87	41.7	1.4
14:33:29	479.6	36.1	45.4	1054.7	324.7	86.7	41.6	1.4
14:33:44	480	36.2	45.6	1052.8	325.5	86.4	41.5	1.4
14:33:59	480.4	36.3	45.4	1047	325.6	86.1	41.4	1.4
14:34:14	480.9	36.2	45.4	1052.6	331.5	86	41.5	1.4
14:34:29	481.5	36.3	45.5	1057.9	336.6	85.7	41.3	1.4
14:34:44	481.9	36.3	45.4	1059.3	337.9	85.5	41.3	1.4
14:34:59	482.3	36.1	45.1	1043.6	340	85.3	41.2	1.4
14:35:14	482.9	36.5	45.3	1039	341.8	85.2	41.3	1.4
14:35:29	483.2	36.1	45.1	1039	343.4	85.1	41.3	1.4
14:35:44	483.7	36.2	45	1037.6	344.6	85.2	41.5	1.4
14:35:59	484.3	36.2	45	1050.1	345.5	85.1	41.4	1.4
14:36:14	484.8	36.4	45.1	1054.6	345.2	85.1	41.5	1.4
14:36:29	485.5	36.5	45.1	1063.1	346.2	84.9	41.5	1.4
14:36:44	486	36.6	45.1	1066.9	345.8	85.1	41.6	1.4
14:36:59	486.7	36.5	45.2	1058.2	345.9	85	41.7	1.4
14:37:14	487.4	36.4	45	1054.6	346.7	84.8	41.6	1.4
14:37:29	488.3	36.4	44.8	1063	347.2	84.7	41.6	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:37:44	489.1	36.3	44.5	1071.3	347.3	84.4	41.5	1.4
14:37:59	490	36.6	44.8	1070.6	347.9	84.3	41.7	1.4
14:38:14	490.6	36.3	44.6	1071.5	347.4	84	41.7	1.4
14:38:29	491.4	36.2	44.5	1072.4	347.2	83.4	41.3	1.4
14:38:44	492.3	36.1	44.3	1071.4	348	83.4	41.5	1.4
14:38:59	493.2	36.2	44	1076.9	348.4	83.2	41.4	1.4
14:39:14	494.1	36.4	44.2	1074	349	83.3	41.7	1.4
14:39:29	494.8	36.3	44.1	1076.5	348.3	83	41.6	1.4
14:39:44	495.6	36.2	44.3	1078.1	347.4	82.6	41.5	1.4
14:39:59	496.3	36	44.1	1077.3	346	82.4	41.6	1.4
14:40:14	497.2	36.3	44.2	1076.3	344.9	82.2	41.7	1.4
14:40:29	497.4	36.4	43.8	1073.4	344.1	82	41.8	1.4
14:40:44	498.2	36.4	44	1074.4	342.7	81.7	41.8	1.4
14:40:59	498.7	36.3	43.9	1074.6	341.4	81.1	41.8	1.4
14:41:14	499.5	36.5	43.9	1074.5	340.2	80.7	41.9	1.4
14:41:29	500.3	36.3	43.6	1070.2	338.7	79.9	41.7	1.4
14:41:44	501.3	36.5	43.7	1068.2	336.3	79.3	41.8	1.4
14:41:59	501.8	36.3	43.4	1072.4	334.9	78.7	41.7	1.4
14:42:14	502.6	36.5	43.4	1082.3	333.8	78.1	41.6	1.4
14:42:29	503.1	36.2	43.1	1083.5	333	77.5	41.8	1.4
14:42:44	503.3	36.2	43	1092.4	328.8	76.7	41.7	1.4
14:42:59	503.4	36	43	1084.8	327.6	76.2	41.8	1.4
14:43:14	504	36.3	43	1079.5	325.9	75.4	41.7	1.4
14:43:29	504.4	36.3	42.9	1090.9	324.1	74.8	41.7	1.4
14:43:44	504.9	36.3	42.9	1090.5	321.2	74.1	41.8	1.4
14:43:59	505.1	36.1	42.6	1090.8	317.7	73.4	41.8	1.4
14:44:14	505.4	36.2	42.8	1080.9	315.4	72.7	41.8	1.4



ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:44:29	505.5	36.2	42.7	1076.6	314.9	72	41.8	1.4
14:44:44	505.7	36.1	42.9	1095.8	313.1	71.4	41.9	1.4
14:44:59	506.1	35.8	42.4	1102.7	311.5	70.7	41.8	1.4
14:45:14	506.5	35.9	42.5	1103.5	309.1	70.1	41.8	1.4
14:45:29	506.7	35.8	42.5	1105	307.8	69.4	41.8	1.4
14:45:44	507	35.9	42.2	1105.7	306.6	68.8	41.7	1.4
14:45:59	507.2	35.6	42.1	1106.4	305.5	68.1	41.6	1.4
14:46:14	507.3	35.4	42	1105.9	304.6	67.4	41.5	1.4
14:46:29	507.4	35.4	41.8	1107.1	303.8	66.9	41.6	1.4
14:46:44	507.4	35.3	41.5	1104.6	302.9	66.2	41.4	1.4
14:46:59	507.4	35.2	41.6	1104.8	303	65.6	41.3	1.4
14:47:14	507.3	35.2	41.6	1105.5	302.5	65.1	41.2	1.4
14:47:29	507.2	35	41.6	1106.4	303.1	64.5	41	1.4
14:47:44	507	34.9	41.4	1106.1	305.2	63.9	40.9	1.4
14:47:59	506.6	34.5	41.1	1108.8	306.1	63.5	40.9	1.4
14:48:14	506.3	34.7	41.1	1104.8	306.8	62.9	40.7	1.4
14:48:29	505.9	34.5	40.9	1111	308	62.5	40.6	1.4
14:48:44	505.7	34.6	41	1111.6	309.1	62.2	40.7	1.4
14:48:59	505.6	34.6	41.1	1108.2	308.8	62.1	40.8	1.4
14:49:14	505.5	34.6	41	1109.2	308.9	61.8	40.8	1.4
14:49:29	504.9	34.6	41	1110.1	308.8	61.4	40.7	1.4
14:49:44	504.9	34.5	40.9	1113.5	309.6	61	40.6	1.4
14:49:59	505.3	34.5	40.8	1113.7	310.5	60.7	40.5	1.4
14:50:14	505.7	34.4	40.8	1112.4	311.6	60.5	40.6	1.4
14:50:29	506.4	34.6	40.7	1116.6	312.3	60.3	40.6	1.4
14:50:45	507.2	34.5	40.7	1118.5	313.6	60	40.4	1.4
14:51:00	507.9	34.4	40.5	1119.5	315.7	59.7	40.1	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:51:15	508.4	34.3	40.3	1121.8	316.3	59.3	39.8	1.4
14:51:30	509.2	34.4	40.5	1121.4	316.4	59.2	39.7	1.4
14:51:45	509.9	34.3	40.5	1115.6	317.2	59.1	39.8	1.4
14:52:00	510.8	34.4	40.4	1114.6	318.1	59.2	39.9	1.4
14:52:15	511.4	34.4	40.3	1112.2	319.1	59	39.7	1.4
14:52:30	512	34.5	40.3	1115.1	320.4	58.9	39.6	1.4
14:52:45	512.7	34.3	40.3	1116.9	322.6	58.8	39.5	1.4
14:53:00	513.4	34.2	40.1	1118.1	324	58.8	39.5	1.4
14:53:15	514.2	34.1	40.1	1119.1	325.6	58.8	39.5	1.4
14:53:30	515.1	34.3	40.1	1119.1	326.7	58.7	39.3	1.4
14:53:45	515.9	34.3	40.1	1118.5	327.3	58.8	39.4	1.4
14:54:00	516.9	34.2	40.1	1114	327.9	58.7	39.3	1.4
14:54:15	517.9	34.1	39.7	1112.1	328.3	58.8	39.2	1.4
14:54:30	518.9	34.3	39.8	1110.4	328.3	58.8	39.2	1.4
14:54:45	520	34.2	39.7	1110.2	328.6	58.8	39.1	1.4
14:55:00	521.1	34.2	39.7	1109.6	329.6	58.9	39	1.4
14:55:15	522.2	34.3	39.6	1109.3	330.6	59	39	1.4
14:55:30	523.2	34.2	39.6	1110.7	331.3	59	38.9	1.4
14:55:45	524.5	34.2	39.6	1111.9	332.7	59.2	39	1.4
14:56:00	525.7	34.2	39.6	1113.2	334.3	59.2	39	1.4
14:56:15	526.9	34.3	39.6	1113.8	337.4	59.2	38.8	1.4
14:56:30	528.3	34.3	39.5	1114.2	339.8	59.2	38.8	1.4
14:56:45	529.7	34.3	39.6	1115.4	341.8	59.5	38.9	1.4
14:57:00	531	34.2	39.5	1115.6	343.4	59.5	38.8	1.4
14:57:15	532.3	34.2	39.5	1114.1	345.1	59.6	38.7	1.4
14:57:30	533.7	34.2	39.6	1114.5	346.9	59.7	38.8	1.4
14:57:45	535.1	34.3	39.4	1116.2	347.9	60	39	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
14:58:00	536.6	34.2	39.6	1115.4	349.5	60.2	39	1.4
14:58:15	538.3	34.3	39.4	1118.1	352.2	60.1	38.9	1.4
14:58:30	539.9	34.2	39.3	1115.4	356.5	60.3	38.8	1.4
14:58:45	541.5	34.1	39.4	1116.6	359.9	60.2	38.6	1.4
14:59:00	543.3	34.2	39.4	1119	362.6	60.4	38.6	1.4
14:59:15	544.9	34.2	39.3	1121.2	365.3	60.6	38.6	1.4
14:59:30	546.7	34.2	39.4	1123.5	368.2	60.9	38.5	1.4
14:59:45	548.5	34.1	39.3	1125.5	368.8	61.1	38.5	1.4
15:00:00	550.4	34.1	39.3	1126.8	371.9	61.2	38.5	1.4
15:00:15	552.2	34.2	39.2	1127.5	373.8	61.6	38.5	1.4
15:00:30	554.1	34.2	39.1	1124.3	375.7	61.8	38.4	1.4
15:00:45	556	34.2	39.2	1127.4	376.5	62.1	38.4	1.4
15:01:00	558	34.2	39	1137	376.4	62.3	38.5	1.4
15:01:15	559.8	34.1	39.1	1141.5	377.6	62.6	38.4	1.4
15:01:30	561.8	34.2	39.1	1141.8	378.5	63	38.5	1.4
15:01:45	563.7	34.1	39.1	1140.8	379.3	63.2	38.4	1.4
15:02:00	565.7	34.1	39	1141	380	63.4	38.4	1.4
15:02:15	567.6	34	38.9	1141.2	381.3	63.6	38.3	1.4
15:02:30	569.4	34	38.9	1141.9	372.1	64	38.3	1.4
15:02:45	571.3	34	38.9	1144.9	371.4	64.4	38.4	1.4
15:03:00	573.2	33.9	38.7	1144.3	370.5	64.6	38.2	1.4
15:03:15	575.1	34.1	38.7	1141.6	369.6	64.9	38.1	1.4
15:03:30	577	34	38.7	1144.9	368.4	65	38	1.4
15:03:45	578.8	34	38.8	1143.6	367.7	65.4	38	1.4
15:04:00	580.6	34	38.6	1143.3	367.6	65.7	37.9	1.4
15:04:15	582.2	33.8	38.3	1145.3	367.1	65.7	37.7	1.4
15:04:30	583.6	33.7	38.2	1145.3	367.1	65.8	37.5	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:04:45	585.2	33.9	38.6	1145.4	366.8	66.2	37.7	1.4
15:05:00	586.8	33.8	38.3	1148.6	367	66.4	37.5	1.4
15:05:15	588.5	33.9	38.3	1146.3	366.6	66.7	37.6	1.4
15:05:30	590	33.8	38.2	1148.4	366.4	66.9	37.6	1.4
15:05:45	591.6	33.8	38.3	1146.9	366.5	67.2	37.5	1.4
15:06:00	593.2	33.8	38.4	1151.6	366.2	67.4	37.5	1.4
15:06:15	595	33.8	38.3	1151	365.8	67.6	37.5	1.4
15:06:30	596.6	33.8	38.2	1152.4	367	67.8	37.4	1.4
15:06:45	598.4	33.8	38.2	1153.3	365.1	68.1	37.5	1.4
15:07:00	600.2	33.8	38.1	1152	367	68.3	37.5	1.4
15:07:15	602	33.8	38.2	1152.8	367.7	68.5	37.4	1.4
15:07:30	603.8	33.9	38.2	1152.7	367.6	68.7	37.4	1.4
15:07:45	605.5	33.9	38.2	1151.6	367.2	69	37.4	1.4
15:08:00	607.3	33.8	38.1	1154.5	366.8	69.2	37.3	1.4
15:08:15	609	33.9	38.2	1152.6	365.7	69.4	37.3	1.4
15:08:30	611.6	33.8	38.1	1152.6	366.2	69.6	37.4	1.4
15:08:45	614.6	33.9	38.4	1154.7	365.5	69.9	37.4	1.4
15:09:00	617.6	33.9	38.2	1154.5	366.1	70	37.3	1.4
15:09:15	620.5	33.9	38.2	1153	365.4	70.3	37.4	1.4
15:09:30	623.1	33.8	38.1	1155.1	364.8	70.3	37.1	1.4
15:09:45	625.5	33.9	38.2	1153.9	364.6	70.6	37.3	1.4
15:10:00	627.7	33.9	38	1154.4	363.9	70.8	37.3	1.4
15:10:15	629.5	33.8	37.9	1155.1	363.2	70.9	37.3	1.4
15:10:30	631.1	33.8	38	1153.4	363.1	71	37.2	1.4
15:10:45	632.6	33.9	38	1153.4	363.1	71.2	37.2	1.4
15:11:00	633.8	33.8	38	1153.8	363.2	71.3	37.2	1.4
15:11:15	634.8	33.7	37.7	1151.2	362.8	71.2	37	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:11:30	635.8	33.9	37.9	1151.7	362.2	71.4	37	1.4
15:11:45	636.6	33.8	37.9	1151	361.5	71.5	36.9	1.4
15:12:00	637.5	33.7	37.8	1151.6	361.3	71.5	36.9	1.4
15:12:15	638.2	33.9	37.9	1149.9	360.2	71.9	37.1	1.4
15:12:30	638.8	33.7	37.8	1150.1	359.3	71.9	37	1.4
15:12:45	639.3	33.7	37.7	1149.9	359.4	71.9	36.9	1.4
15:13:00	639.9	33.8	37.9	1152.6	360.5	72.1	36.9	1.4
15:13:15	640.4	33.8	37.7	1154.1	360.3	72.2	36.9	1.4
15:13:30	641	33.7	37.6	1153.4	359.6	72.2	36.9	1.4
15:13:45	641.3	33.6	37.7	1154.2	359	72.3	36.9	1.4
15:14:00	641.9	33.8	37.9	1152.7	358.6	72.5	36.9	1.4
15:14:15	642.2	33.7	37.8	1153.3	357.8	72.6	36.8	1.4
15:14:30	642.3	33.3	37.5	1153.9	357.1	72.5	36.5	1.4
15:14:45	642.6	33.4	37.3	1153.5	358.7	72.5	36.4	1.4
15:15:00	642.9	33.3	37.4	1153.8	358.7	72.7	36.4	1.4
15:15:15	643.1	33.4	37.3	1155.3	356.5	72.9	36.3	1.4
15:15:30	643.1	33.2	37.5	1153.8	357.2	73.2	36.4	1.4
15:15:45	643.2	33.3	37.3	1154.5	356	73.4	36.2	1.4
15:16:00	643.2	33.3	37.1	1154	354.7	73.8	36.2	1.4
15:16:15	643.1	33.2	37	1154.4	353.9	74.1	36.2	1.4
15:16:30	643.1	33.3	37.3	1155.1	351.7	74.3	36.2	1.4
15:16:45	643	33.4	37.3	1153.1	351.1	74.7	36.1	1.4
15:17:00	642.8	33.3	37.2	1151.8	351.1	75	36.1	1.4
15:17:15	642.6	33.3	37.2	1151.6	349.4	75.4	36.2	1.4
15:17:30	642.2	33.3	37.2	1152.9	347.5	75.6	36.2	1.4
15:17:45	641.8	33.3	37.1	1153.9	347.2	75.9	36	1.4
15:18:00	641.5	33.2	37	1151.8	344.7	76.2	36	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min:sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:18:15	641.1	33.3	36.9	1150.3	344.3	76.5	35.9	1.4
15:18:30	640.7	33.3	37.1	1150.3	341.7	76.8	35.9	1.4
15:18:45	640.2	33.3	37	1154	342.2	77.1	35.8	1.4
15:19:00	639.6	33.3	37.1	1150.6	339.1	77.4	35.8	1.4
15:19:15	639	33.2	37	1154	338.1	77.7	35.8	1.4
15:19:30	638.3	33.3	37	1153.6	337.7	78	35.9	1.4
15:19:45	637.4	33.3	37	1155.2	338.3	78.3	35.8	1.4
15:20:00	636.6	33.3	36.9	1156.6	338.1	78.6	35.8	1.4
15:20:15	635.8	33.3	37.1	1155.3	336.3	79	35.9	1.4
15:20:30	635	33.3	36.9	1154.7	333.3	79.2	35.7	1.4
15:20:45	634.1	33.3	36.9	1154.1	333.5	79.6	35.8	1.4
15:21:00	633.2	33.3	36.8	1153.4	335.3	80	35.8	1.4
15:21:15	632.4	33.4	36.8	1151.6	334.6	80.2	35.7	1.4
15:21:30	631.6	33.3	36.8	1151.8	330.6	80.6	35.7	1.4
15:21:45	630.8	33.3	36.9	1151.4	333.7	80.9	35.6	1.4
15:22:00	629.9	33.4	36.7	1150.4	330.3	81.4	35.7	1.4
15:22:15	629	33.4	36.8	1148.5	326.9	81.6	35.7	1.4
15:22:30	628.2	33.4	36.7	1147.5	326.9	81.9	35.5	1.4
15:22:45	627.3	33.4	36.8	1146.9	323.6	82.3	35.5	1.4
15:23:00	626.5	33.5	36.7	1145.7	325	82.6	35.4	1.4
15:23:15	625.7	33.3	36.6	1146.2	322.5	82.9	35.4	1.4
15:23:30	624.7	33.4	36.6	1143.9	322.5	83.2	35.3	1.4
15:23:45	623.8	33.3	36.6	1133.1	320.1	83.7	35.4	1.4
15:24:00	623	33.3	36.5	1132.4	321.9	83.8	35.2	1.4
15:24:15	622.2	33.2	36.5	1128.9	317.9	84.1	35.2	1.4
15:24:30	621.4	33.2	36.4	1129.9	319.1	84.4	35.1	1.4
15:24:45	620.6	33.2	36.3	1127.5	317.7	84.6	35	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:25:00	619.9	33.4	36.3	1131.6	313.5	85.1	35.2	1.4
15:25:15	619.1	33.2	36.5	1136.6	330.1	85.3	35.2	1.4
15:25:30	618.4	33.4	36.3	1136	337.1	85.6	35.1	1.4
15:25:45	617.5	33.3	36.3	1132.6	340.2	85.8	35.3	1.4
15:26:00	616.6	33.3	36.2	1131.2	340.8	86.1	35.1	1.4
15:26:15	615.6	33.2	36	1131.1	340.6	86.3	35.1	1.4
15:26:30	614.7	33.2	36.1	1130.4	342	86.2	34.7	1.4
15:26:45	613.7	33.3	36	1127.3	341.9	86.6	34.8	1.4
15:27:00	612.7	33.3	35.9	1122.5	343.5	86.7	34.7	1.4
15:27:15	611.7	33.4	35.9	1120.5	338.9	86.9	34.6	1.4
15:27:30	610.7	33.4	35.9	1112.8	340	87.1	34.6	1.4
15:27:45	609.7	33.4	35.9	1109.9	338.8	87.4	34.7	1.4
15:28:00	608.6	33.4	35.9	1107.4	339.5	87.6	34.6	1.4
15:28:15	607.5	33.4	35.8	1106.8	336.2	87.8	34.7	1.4
15:28:30	606.5	33.4	35.9	1108.3	336.6	87.9	34.6	1.4
15:28:45	605.6	33.5	35.8	1105.5	335.6	88	34.7	1.4
15:29:00	604.7	33.4	35.8	1098.4	334.1	88.2	34.6	1.4
15:29:15	603.6	33.5	35.8	1097.6	333.6	88.2	34.5	1.4
15:29:30	602.6	33.5	35.8	1101.2	333.1	88.2	34.6	1.4
15:29:45	601.6	33.8	36	1097.6	331	88.2	34.6	1.4
15:30:00	600.5	33.9	35.8	1092.4	332	88.2	34.5	1.4
15:30:15	599.6	33.7	35.9	1087.2	331.2	88.1	34.5	1.4
15:30:30	598.6	33.8	36.1	1085.1	330.6	88	34.5	1.4
15:30:45	597.6	33.8	35.9	1086.7	329.5	88	34.5	1.4
15:31:00	596.6	33.8	36	1083.1	329.3	87.7	34.4	1.4
15:31:15	596.1	34.7	36.4	1100.4	352.6	87.8	34.5	1.4
15:31:30	595.2	34.5	36.3	1101.7	369.1	87.6	34.2	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:31:45	594	33.8	35.8	1096.2	356.1	87.3	34.3	1.4
15:32:00	593.1	33.8	35.7	1092.7	349.7	87	34.3	1.4
15:32:15	592.2	33.7	35.6	1095.2	348.6	86.8	34.2	1.4
15:32:30	591.4	33.7	35.7	1104.6	347.7	86.6	34.2	1.4
15:32:45	590.4	33.8	35.7	1104.2	345.9	86.4	34.3	1.4
15:33:00	589.6	33.7	35.5	1104.7	343.2	86.1	34.2	1.4
15:33:15	588.7	33.7	35.7	1102.8	342.6	85.9	34.2	1.4
15:33:30	587.8	33.6	35.6	1103.5	343.1	85.4	34	1.4
15:33:45	586.9	33.7	35.6	1107.2	341.4	85.2	34.1	1.4
15:34:00	586	33.6	35.5	1101.6	340	84.9	34.1	1.4
15:34:15	585.3	33.6	35.5	1099.2	341.2	84.6	34.1	1.4
15:34:30	584.6	33.6	35.6	1094.4	338.7	84.3	34.2	1.4
15:34:45	583.9	33.7	35.5	1095.7	340.6	83.8	34.1	1.4
15:35:00	583.1	33.7	35.6	1091.1	340.9	83.5	34	1.4
15:35:15	582.4	33.7	35.5	1078.2	341	83.2	34	1.4
15:35:30	581.7	33.6	35.4	1070.3	339.7	82.7	33.9	1.4
15:35:45	581.1	33.7	35.5	1068.9	340.6	82.4	34	1.4
15:36:00	580.4	33.7	35.4	1069.7	339.9	82.1	34	1.4
15:36:15	579.9	33.7	35.4	1070.5	339	81.8	34	1.4
15:36:30	579.3	34	35.5	1076.6	338.3	81.4	33.9	1.4
15:36:45	578.6	34	35.4	1073.8	339.4	81	33.9	1.4
15:37:00	578.1	33.8	35.3	1083.3	339	80.6	33.9	1.4
15:37:15	577.5	33.9	35.3	1078.5	338.9	80.3	34	1.4
15:37:30	576.5	33.7	35.1	1062.2	338.2	79.9	33.8	1.4
15:37:45	575.9	33.7	35.2	1053.3	338.2	79.6	33.8	1.4
15:38:00	575.3	33.7	35.3	1050.2	338.5	79.2	33.8	1.4
15:38:15	574.6	33.9	35.4	1048.3	339	79	33.9	1.4



ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:38:30	574.1	34.3	35.3	1052.4	339.7	78.9	33.9	1.4
15:38:45	573.6	34	35.5	1074.7	341.9	78.3	33.7	1.4
15:39:00	572.8	34.1	35.2	1090.9	343.8	78.1	33.7	1.4
15:39:15	572.2	34.1	35.2	1097	344.5	77.7	33.6	1.4
15:39:30	571.7	34.1	35.3	1097.5	346.6	77.4	33.5	1.4
15:39:45	571.3	34.3	35.3	1103.4	345.8	77.4	33.6	1.4
15:40:00	570.9	34.2	35.3	1105.1	347.2	77.1	33.7	1.4
15:40:15	570.6	34.5	35.4	1100.6	345.5	76.9	33.7	1.4
15:40:30	570.3	34.5	35.4	1102.9	346.2	76.7	33.7	1.4
15:40:45	570	34.5	35.4	1088.5	347.6	76.3	33.5	1.4
15:41:00	569.7	34.4	35.3	1081.1	348.7	76	33.5	1.4
15:41:15	569.5	34.6	35.3	1083.9	350	75.8	33.5	1.4
15:41:30	569.4	34.6	35.3	1086.1	351.3	75.5	33.5	1.4
15:41:45	569.2	34.6	35.3	1089.9	352.1	75.2	33.3	1.4
15:42:00	569.2	34.6	35.3	1101.8	353	75.1	33.4	1.4
15:42:15	568.9	34.5	35.2	1092.3	353.1	74.8	33.4	1.4
15:42:30	569	34.5	35.2	1091.5	354.2	74.5	33.3	1.4
15:42:45	569.1	34.5	35.2	1086.4	354.8	74.2	33.3	1.4
15:43:00	569.2	34.5	35.2	1093.1	355	73.9	33.3	1.4
15:43:15	569.4	34.6	35.2	1118.8	356.6	73.6	33.2	1.4
15:43:30	569.7	34.8	35.3	1128.5	358	73.4	33.3	1.4
15:43:45	569.8	34.8	35.3	1126.1	359.5	73	33.1	1.4
15:44:00	569.8	34.6	35.2	1132.8	360.3	72.8	33.1	1.4
15:44:15	570.1	34.8	35.2	1117.4	369.3	72.7	33.2	1.4
15:44:30	570.3	34.5	35.1	1109.4	373.3	72.3	33.1	1.4
15:44:45	570.6	34.6	35.1	1115.9	370.3	72.1	33.2	1.4
15:45:00	570.9	34.5	35.1	1117.8	368.8	71.8	33	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:45:15	571.2	34.1	34.7	1120.8	367	71.4	33	1.4
15:45:30	571.5	33.8	34.7	1122.2	367.1	71.1	32.9	1.4
15:45:45	572.1	33.7	34.6	1126.5	366.2	70.9	32.8	1.4
15:46:00	572.6	33.7	34.6	1117.6	372.7	70.7	32.8	1.4
15:46:15	573.1	33.8	34.5	1115.2	367.9	70.5	32.8	1.4
15:46:30	573.6	33.7	34.5	1108.6	364.4	70.1	32.6	1.4
15:46:45	574.1	33.6	34.5	1113.9	363.1	70.2	32.8	1.4
15:47:00	574.6	33.6	34.5	1120.1	361.2	70.3	33	1.4
15:47:15	575.2	33.7	34.5	1127.4	360.8	69.7	32.6	1.4
15:47:30	575.7	33.7	34.4	1129.5	359.8	69.7	32.8	1.4
15:47:45	576.1	33.7	34.6	1125.6	359.1	69.5	32.7	1.4
15:48:00	576.5	33.7	34.5	1122.1	358.5	69.6	32.8	1.4
15:48:15	576.8	33.8	34.6	1122.9	356.9	69.4	32.7	1.4
15:48:30	577	33.7	34.5	1128.4	355.1	69.3	32.8	1.4
15:48:45	577.1	33.7	34.5	1134.5	354.9	69.1	32.7	1.4
15:49:00	577.3	33.8	34.5	1142.6	355.1	69.1	32.8	1.4
15:49:15	577.2	33.8	34.5	1152.3	357.1	68.9	32.7	1.4
15:49:30	577.3	33.9	34.5	1160.8	356.7	68.8	32.8	1.4
15:49:45	577.1	33.6	34.3	1161.5	358.4	68.4	32.6	1.4
15:50:00	577.2	33.8	34.4	1164.5	357.9	68.4	32.7	1.4
15:50:15	577.2	33.6	34.2	1164.8	358.2	68.3	32.7	1.4
15:50:30	577.3	33.7	34.3	1159.8	359.1	68.1	32.6	1.4
15:50:45	577.4	33.9	34.4	1146.7	357.7	68.1	32.7	1.4
15:51:00	577.3	33.8	34.4	1149.3	359.7	67.9	32.6	1.4
15:51:15	577.3	33.8	34.4	1149.7	356.3	67.8	32.6	1.4
15:51:30	577.3	33.8	34.4	1151.7	357.2	67.6	32.5	1.4
15:51:45	577.4	33.7	34.3	1149.4	356.9	67.7	32.7	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:52:00	577.5	33.8	34.4	1151.3	357.8	67.5	32.7	1.4
15:52:15	577.3	33.8	34.3	1144.5	355.9	67.2	32.5	1.4
15:52:30	577.2	33.7	34.3	1145.7	358	67.1	32.6	1.4
15:52:45	577.2	33.8	34.3	1152.3	356.3	67	32.6	1.4
15:53:00	577	33.8	34.2	1155.1	352.8	66.7	32.5	1.4
15:53:15	577.1	33.7	34.3	1156.9	354.1	66.6	32.5	1.4
15:53:30	577	33.7	34.3	1158.4	353.8	66.6	32.6	1.4
15:53:45	577	33.9	34.4	1162.2	354.2	66.4	32.6	1.4
15:54:00	576.9	33.9	34.4	1162.4	355	66.6	32.6	1.4
15:54:15	576.9	33.9	34.3	1166.9	356	66.4	32.7	1.4
15:54:30	576.6	33.8	34.4	1167.2	353.9	66.2	32.7	1.4
15:54:45	576.5	33.8	34.3	1160.7	354.5	66.1	32.7	1.4
15:55:00	576.5	33.9	34.4	1159.7	356.6	65.9	32.6	1.4
15:55:15	576.5	33.8	34.3	1159.1	354	65.8	32.7	1.4
15:55:30	576.7	33.9	34.4	1160.5	349.8	65.8	32.7	1.4
15:55:45	576.7	33.8	34.3	1160.9	351.1	65.7	32.7	1.4
15:56:00	576.9	33.7	34.2	1155.4	353.8	65.6	32.7	1.4
15:56:15	576.9	33.7	34.3	1156	355.7	65.5	32.7	1.4
15:56:30	577	33.7	34.2	1160.6	355.6	65.4	32.7	1.4
15:56:45	577	33.8	34.2	1161.7	355.4	65.3	32.6	1.4
15:57:00	577.2	33.7	34.2	1158.3	353.2	65.2	32.6	1.4
15:57:15	577.5	33.8	34.2	1161.9	354.3	65.1	32.7	1.4
15:57:30	577.6	33.7	34.2	1155.3	352.4	65.1	32.6	1.4
15:57:45	577.7	33.6	34.1	1160	354.4	65	32.6	1.4
15:58:00	578	33.7	34.3	1164.5	355.5	65	32.6	1.4
15:58:15	578	33.7	34.2	1158.9	354.8	65	32.7	1.4
15:58:30	578.1	33.6	34.2	1163.8	355.1	65	32.6	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
15:58:45	578	33.7	34.2	1171.6	354.1	64.8	32.6	1.4
15:59:00	578	33.6	34.1	1167.7	355.1	64.8	32.5	1.4
15:59:15	578.1	33.8	34.3	1151.4	359.8	65	32.7	1.4
15:59:30	578	33.7	34.1	1149.9	364.9	64.8	32.6	1.4
15:59:45	578	33.7	34.2	1151.1	365.3	64.8	32.6	1.4
16:00:00	578	33.7	34.1	1150.3	362	64.8	32.5	1.4
16:00:15	578.2	33.6	34.3	1163	361.8	64.7	32.5	1.4
16:00:30	578.4	33.7	34.1	1170.4	362.4	64.7	32.5	1.4
16:00:45	578.9	33.9	34.2	1172.2	361.1	64.7	32.5	1.4
16:01:00	579.3	33.8	34.2	1174.1	360.9	64.8	32.6	1.4
16:01:15	579.6	33.9	34.3	1174.8	360.5	64.7	32.6	1.4
16:01:30	579.8	33.8	34.3	1179.3	360.5	64.8	32.6	1.4
16:01:45	580.1	34	34.4	1170.3	359.5	64.8	32.7	1.4
16:02:00	580.3	33.9	34.4	1170	360.9	64.7	32.6	1.4
16:02:15	580.4	34	34.5	1169.3	360.8	64.8	32.6	1.4
16:02:30	580.6	33.8	34.3	1169.4	360.8	64.7	32.6	1.4
16:02:45	580.7	33.8	34.2	1167.4	360.9	64.6	32.5	1.4
16:03:00	580.8	33.7	34.2	1168.6	360.6	64.6	32.5	1.4
16:03:15	580.9	33.7	34.2	1171.1	360	64.7	32.6	1.4
16:03:30	580.9	33.8	34.3	1170.4	359.9	64.6	32.4	1.4
16:03:45	581	33.6	34.2	1170.5	359.4	64.5	32.4	1.4
16:04:00	581.2	33.7	34.2	1171.6	359.3	64.7	32.5	1.4
16:04:15	581.4	33.7	34.3	1170.8	359.9	64.6	32.5	1.4
16:04:30	581.4	33.7	34.2	1168.7	359.6	64.5	32.4	1.4
16:04:45	581.4	33.7	34.3	1165.8	360.3	64.6	32.4	1.4
16:05:00	581.4	33.7	34.1	1164	361.1	64.5	32.3	1.4
16:05:15	581.4	33.7	34.1	1164.9	362.3	64.5	32.3	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:05:30	581.4	33.6	34.2	1166.1	337.8	64.4	32.3	1.4
16:05:45	581.3	33.5	34	1168	322.9	64.5	32.3	1.4
16:06:00	581.4	33.6	34	1168.5	316.5	64.5	32.3	1.4
16:06:15	581.3	33.5	34	1168	311.5	64.5	32.3	1.4
16:06:30	581.3	33.6	34	1162.8	309.2	64.5	32.2	1.4
16:06:45	581.2	33.5	33.9	1163.3	307.6	64.5	32.3	1.4
16:07:00	581.2	33.5	34	1163.3	306.1	64.5	32.3	1.4
16:07:15	581	33.6	34	1168.1	306.3	64.6	32.4	1.4
16:07:30	580.9	33.6	34	1169.7	305.2	64.6	32.3	1.4
16:07:45	580.9	33.6	34	1167.9	305.7	64.5	32.2	1.4
16:08:00	580.7	33.5	33.9	1172.1	305.3	64.6	32.3	1.4
16:08:15	580.5	33.5	34	1174.4	332.2	64.6	32.4	1.4
16:08:30	580.4	33.6	34.1	1174.5	343.8	64.7	32.5	1.4
16:08:45	580.3	33.5	34	1174	349	64.6	32.4	1.4
16:09:00	580.2	33.5	33.9	1179.2	352.7	64.6	32.5	1.4
16:09:15	580.2	33.5	34	1180.2	354.4	64.6	32.4	1.4
16:09:30	580.1	33.5	34	1176.4	355.8	64.8	32.6	1.4
16:09:45	580.2	33.6	34	1171.6	356.5	64.5	32.3	1.4
16:10:00	580.3	33.6	34	1175.4	357.5	64.4	32.2	1.4
16:10:15	580.3	33.5	33.9	1179.9	358.5	64.4	32.4	1.4
16:10:30	580.3	33.5	33.9	1180.9	358.9	64.2	32.2	1.4
16:10:45	580.3	33.4	33.9	1175.9	358.4	64.4	32.5	1.4
16:11:00	580.4	33.5	33.9	1169.4	359.1	64.4	32.5	1.4
16:11:15	580.5	33.5	33.9	1171.8	359.5	64.6	32.6	1.4
16:11:30	580.5	33.5	34	1177.1	359.1	64.4	32.6	1.4
16:11:45	580.6	33.5	33.9	1179.9	358.3	64.4	32.5	1.4
16:12:00	580.5	33.5	33.9	1178.7	357.1	64	32.2	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr:min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:12:15	580.5	33.5	33.9	1184.1	354.6	64.1	32.4	1.4
16:12:30	580.6	33.7	34	1180.3	351.5	64.1	32.4	1.4
16:12:45	580.5	33.6	34	1184.6	349.6	64.1	32.4	1.4
16:13:00	580.4	33.6	34	1176.6	348.2	64	32.4	1.4
16:13:15	580.2	33.5	34	1173.6	347.2	63.9	32.4	1.4
16:13:30	580	33.6	34	1203.5	346.5	63.9	32.5	1.4
16:13:45	579.7	33.5	34	1193.4	345.3	63.8	32.4	1.4
16:14:00	579.5	33.6	33.9	1191	344.9	63.6	32.4	1.4
16:14:15	579	33.6	34	1198.2	344.5	63.6	32.5	1.4
16:14:30	578.7	33.6	34	1195.6	344.5	63.4	32.4	1.4
16:14:45	578.2	33.5	33.9	1180.3	344.2	63.2	32.4	1.4
16:15:00	577.7	33.6	34	1150.6	345.5	63.1	32.3	1.4
16:15:15	577.3	33.6	33.9	1165	345.5	62.9	32.4	1.4
16:15:30	577	33.7	34	1164.5	346	62.7	32.3	1.4
16:15:45	576.5	33.7	34	1146.6	346.6	62.5	32.3	1.4
16:16:00	576.1	33.6	33.9	1119	347.8	62.5	32.5	1.4
16:16:15	575.7	33.8	34.1	1087.6	349	62.2	32.4	1.4
16:16:30	575.3	33.8	34.2	1073.5	349.8	62.1	32.4	1.4
16:16:45	575	33.7	34	1056.6	351	61.8	32.3	1.4
16:17:00	574.7	33.7	34	1042.5	351.8	61.6	32.3	1.4
16:17:15	574.5	34.1	34.2	1034.5	352.9	61.5	32.3	1.4
16:17:30	574.5	34.3	34.3	1024.4	353.7	61.4	32.4	1.4
16:17:45	574.5	34.7	34.6	1058.9	354.1	61.3	32.4	1.4
16:18:00	574.6	34.8	34.7	1004.2	355.3	61.2	32.5	1.4
16:18:15	574.4	34.5	34.5	988.1	355.6	61	32.5	1.4
16:18:30	574.5	34.6	34.6	974	355.9	60.7	32.4	1.4
16:18:45	574.7	34.7	34.6	972.7	356.6	60.6	32.5	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:19:00	574.7	34.6	34.6	961.9	357	60.4	32.5	1.4
16:19:15	574.8	34.6	34.6	954	357.3	60.1	32.5	1.4
16:19:30	575.1	34.6	34.5	936.7	357.5	59.9	32.5	1.4
16:19:45	575.3	34.6	34.5	924.4	357.2	59.7	32.5	1.4
16:20:00	575.5	34.5	34.4	922.7	357.1	59.4	32.5	1.4
16:20:15	575.9	34.8	34.6	923.6	357	59.3	32.5	1.4
16:20:30	576.1	34.6	34.5	912.9	356.5	59	32.5	1.4
16:20:45	576.5	34.7	34.5	917.9	356.5	58.8	32.5	1.4
16:21:00	576.7	34.5	34.3	916.2	357	58.5	32.5	1.4
16:21:15	576.9	34.6	34.4	903.3	357.1	58.3	32.5	1.4
16:21:30	577.1	34.6	34.4	902.2	356.7	58	32.5	1.4
16:21:45	577.4	34.6	34.4	895.8	357.1	57.9	32.5	1.4
16:22:00	577.7	34.7	34.5	888.1	357	57.9	32.7	1.4
16:22:15	577.9	34.7	34.5	873.2	356.3	57.5	32.4	1.4
16:22:30	578.1	34.7	34.5	862.5	356.1	57.5	32.7	1.4
16:22:45	578.2	34.7	34.5	847.1	355.2	57.2	32.5	1.4
16:23:00	578.3	34.6	34.5	839.5	354.7	57.1	32.6	1.4
16:23:15	578.4	34.7	34.5	829	354.9	56.9	32.6	1.4
16:23:30	578.6	34.8	34.6	832.2	355.1	56.9	32.7	1.4
16:23:45	578.6	34.5	34.4	828.5	354.7	56.7	32.7	1.4
16:24:00	578.6	34.6	34.5	817.8	354	56.6	32.8	1.4
16:24:15	578.6	34.6	34.4	813	353.1	56.3	32.7	1.4
16:24:30	578.6	34.7	34.5	807.9	353.3	56.3	32.8	1.4
16:24:45	578.5	34.6	34.5	793.6	351.6	56.1	32.8	1.4
16:25:00	578.4	34.5	34.4	778.9	351.7	56	32.8	1.4
16:25:15	578.4	34.5	34.4	766.9	350.8	56	32.8	1.4
16:25:30	578.3	34.5	34.5	755	350.1	55.8	32.9	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:25:45	578.1	34.6	34.4	757.3	348.8	55.7	32.8	1.4
16:26:00	578	34.6	34.5	743.4	348.1	55.6	32.8	1.4
16:26:15	577.9	34.6	34.4	745.7	346.3	55.4	32.7	1.4
16:26:30	577.8	34.9	34.6	738.2	344.9	55.4	33	1.4
16:26:45	577.5	34.8	34.6	744.6	342.9	55.2	32.9	1.4
16:27:00	577.3	34.7	34.5	749.1	342.5	55	32.9	1.4
16:27:15	576.8	34.7	34.5	744	341.7	54.9	32.9	1.4
16:27:30	576.5	34.7	34.5	744.2	340.5	54.9	33	1.4
16:27:45	576.1	34.7	34.5	741.8	340.1	54.8	33.1	1.4
16:28:00	575.5	34.6	34.5	730.8	338.4	54.3	32.8	1.4
16:28:15	575	34.6	34.4	725.4	336.5	54.1	32.9	1.4
16:28:30	574.7	34.8	34.5	718.4	335.2	54.1	33	1.4
16:28:45	574.1	34.7	34.4	713.9	333.2	53.8	32.9	1.4
16:29:00	573.5	34.8	34.5	707.1	331.9	53.7	33	1.4
16:29:15	572.9	34.7	34.5	702.2	331.2	53.5	33	1.4
16:29:30	572.1	34.7	34.5	698.9	330.3	53.5	33.3	1.4
16:29:45	571.5	34.7	34.5	683.8	329.5	53.2	33.1	1.4
16:30:00	570.8	34.7	34.5	664.8	327.7	53.1	33.2	1.4
16:30:15	570.1	34.6	34.4	662	326.4	52.9	33.2	1.4
16:30:30	569.4	34.8	34.5	668.4	325	52.8	33.3	1.4
16:30:45	568.5	34.5	34.4	658.6	323.8	52.5	33.2	1.4
16:31:00	567.8	34.9	34.6	652.9	322.8	52.4	33.2	1.4
16:31:15	567	34.7	34.5	645.9	321.8	52.3	33.3	1.4
16:31:30	566.2	34.8	34.6	641.5	320.1	52	33.2	1.4
16:31:45	565.3	34.5	34.3	638	318.6	51.8	33.2	1.4
16:32:00	564.4	34.6	34.4	642	316.8	51.6	33.1	1.4
16:32:15	563.6	34.6	34.4	629.8	316.1	51.5	33.2	1.4



ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:32:30	562.5	34.5	34.3	629.4	314.6	51.4	33.2	1.4
16:32:45	561.7	34.7	34.5	626.7	313.3	51.2	33.2	1.4
16:33:00	560.9	34.7	34.4	621.7	312.1	51	33.2	1.4
16:33:15	559.8	34.6	34.4	612.3	310.4	50.9	33.3	1.4
16:33:30	558.9	34.6	34.4	602.7	308.6	50.7	33.2	1.4
16:33:45	557.9	34.5	34.3	592	307.2	50.6	33.3	1.4
16:34:00	557	34.8	34.5	583.5	306.1	50.3	33.2	1.4
16:34:15	556	34.7	34.5	577.5	304.4	50.3	33.3	1.4
16:34:30	555.2	34.9	34.5	568.6	314.5	50.2	33.4	1.4
16:34:45	554.1	34.8	34.5	563.5	317.7	50	33.3	1.4
16:35:00	553	34.8	34.5	558.5	318.1	49.9	33.4	1.4
16:35:15	552	35	34.6	558.6	318	49.7	33.4	1.4
16:35:30	550.8	34.7	34.5	553.6	316.9	49.5	33.4	1.4
16:35:45	549.8	35	34.6	551.3	316.2	49.4	33.3	1.4
16:36:00	548.7	34.9	34.5	537.3	314.8	49.2	33.4	1.4
16:36:15	547.5	34.9	34.5	538.1	313.6	49	33.3	1.4
16:36:30	546.3	34.8	34.4	529.7	312.6	49	33.5	1.4
16:36:45	545.1	34.8	34.4	520	310.9	48.8	33.4	1.4
16:37:00	543.9	34.9	34.4	495.5	309.2	48.6	33.4	1.4
16:37:15	542.8	35	34.6	480.2	308.3	48.5	33.4	1.4
16:37:30	541.5	35	34.6	460.7	307.5	48.4	33.5	1.4
16:37:45	540.2	34.9	34.6	459.4	306.3	48.2	33.5	1.4
16:38:00	539	34.9	34.5	442.5	304.6	48	33.5	1.4
16:38:15	537.6	34.8	34.5	445.2	302.9	47.8	33.5	1.4
16:38:30	536.3	34.9	34.5	449.9	300.9	47.6	33.4	1.4
16:38:45	535	34.8	34.5	456.5	299.8	47.4	33.4	1.4
16:39:00	533.7	35	34.6	450.6	316	47.1	33.4	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:39:15	532.4	35	34.6	429.5	321.3	47.1	33.5	1.4
16:39:30	531	35	34.6	419.8	322.4	46.9	33.4	1.4
16:39:45	529.5	34.8	34.5	418.6	322.6	46.6	33.3	1.4
16:40:00	528.1	34.7	34.4	422	322	46.4	33.3	1.4
16:40:15	526.8	34.9	34.5	407.2	321.5	46.2	33.3	1.4
16:40:30	525.3	34.8	34.5	406.3	320.4	46.1	33.3	1.4
16:40:45	524	34.8	34.5	398.7	319.1	46	33.4	1.4
16:41:00	522.6	34.8	34.4	402	317.3	45.7	33.3	1.4
16:41:15	521.2	34.9	34.5	396.5	315.8	45.4	33.2	1.4
16:41:30	519.7	35	34.5	390.7	314	45.4	33.3	1.4
16:41:45	518.1	34.8	34.5	384	313.3	45.1	33.3	1.4
16:42:00	516.6	34.8	34.5	376.1	311.1	44.9	33.4	1.4
16:42:15	515	34.5	34.3	369.8	308.8	44.7	33.3	1.4
16:42:30	513.9	35	35	365.6	307.9	44.8	33.5	1.4
16:42:45	512.5	35.3	35.1	365.8	307.9	44.6	33.5	1.4
16:43:00	510.9	35.1	35.3	353.3	306.3	44.2	33.3	1.4
16:43:15	509.3	35.2	35.2	342.3	304.4	44.1	33.4	1.4
16:43:30	507.9	35.3	35.2	333	302.5	44.4	33.7	1.4
16:43:45	506.4	35.4	35.5	317.9	298.2	43.9	33.5	1.4
16:44:00	504.5	35.1	35.4	307.4	294.5	43.8	33.5	1.4
16:44:15	502.9	35.1	35.2	297.5	293.2	43.5	33.5	1.4
16:44:30	501.5	35.2	35.3	287.6	292.6	43.5	33.6	1.4
16:44:45	499.9	35.1	35	280.5	290.3	43.3	33.6	1.4
16:45:00	498.2	35.2	35.1	274	287.9	43	33.6	1.4
16:45:15	496.6	35.5	35.5	269.4	286	43	33.7	1.4
16:45:30	495	35.1	35.1	262.3	283	42.9	33.7	1.4
16:45:45	493.7	35.7	35.4	263.8	279.6	42.8	33.9	1.4

ตาราง จ.3 (ต่อ)บันทึกผลการทดลองปริมาณไม้ 100% ของปริมาตรเตาเผาถ่าน

เวลา (hr;min;sec)	อุณหภูมิ ใน เตาเผา ถ่าน (°C)	อุณหภูมิ น้ำเข้า (°C)	อุณหภูมิ น้ำออก (°C)	อุณหภูมิ หัวเผา (°C)	อุณหภูมิ ไอลีเย (°C)	อุณหภูมิ แก๊สเข้า (°C)	อุณหภูมิ แก๊สออก (°C)	อัตราการ ไหลน้ำ หล่อเย็น (m <sup>3</sup> /hr)
16:46:00	491.9	35.5	35.4	259.5	277.4	42.6	33.7	1.4
16:46:15	490.3	35.3	35.1	256.2	275	42.5	33.8	1.4
16:46:30	488.6	35.3	35.2	252.9	272.9	42.2	33.7	1.4
16:46:45	487.2	35.6	35.5	245.4	270.7	42.2	33.8	1.4
16:47:00	485.6	35.2	35.4	239.3	269.4	41.8	33.6	1.4
16:47:15	484.3	35.6	35.4	237.1	266.7	41.9	33.8	1.4
16:47:30	482	34.4	34.5	253.6	189.2	41.3	33.6	1.4
16:47:45	480.5	34.5	34.3	278.3	125.6	41.1	33.5	1.4
16:48:00	478.9	34.2	34.3	294.2	97.4	41	33.6	1.4
16:48:15	477.4	34.2	34.3	307.3	81.8	41	33.8	1.4
16:48:30	476	34.4	34.4	318.4	72	40.8	33.7	1.4
16:48:45	474.7	34.3	34.1	328.1	65.3	40.8	33.7	1.4
16:49:00	473.4	34.2	34.2	337.5	60	40.6	33.8	1.4
16:49:15	472.2	34	34.1	344	56.2	40.6	33.8	1.4
16:49:30	471.1	33.9	34.1	348.6	53.5	40.5	33.8	1.4
16:49:45	470	33.9	34	350.5	50.8	40.3	33.8	1.4
16:50:00	469.2	34	34.2	351.4	48.7	40.2	33.8	1.4
16:50:15	468.1	33.9	34	352.5	46.7	40.1	33.7	1.4
16:50:30	468.1	35.1	35.3	354.9	46.3	40.4	34.1	1.4
16:50:45	467.1	35.4	35.4	355.6	45.2	40.8	34.2	1.4
16:51:00	466.9	34.3	35.6	356.6	45.2	40.4	34.4	1.4
16:51:15	465.9	35.3	35.5	357.5	45.4	40.1	34.5	1.4
16:51:30	465.9	34.5	34.5	359.9	43.4	40.2	33.7	1.4





**การประชุมวิชาการระดับชาติ**  
**วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับสถาบัน ครั้งที่ 9**  
 The 9<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference (ASTC)  
**“วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืน”**  
**“Science and Technology for Sustainability”**  
**วันศุกร์ที่ 9 มิถุนายน 2566**  
 นำเสนอผลงานผ่าน Cisco WebEx (ออนไลน์)

5 กลุ่มสาขาผลงานวิจัยที่เปิดรับ - วิทยาศาสตร์พื้นฐาน - วิทยาศาสตร์ประยุกต์ - วิทยาศาสตร์สุขภาพ - คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ - นวัตกรรม	อัตราค่าลงทะเบียน (ต่อบทความ) - อาจารย์ / บุคคลทั่วไป / 1,400 บาท - นักศึกษา ป.โท ป.เอก - นักศึกษา ป.ตรี 500 บาท
--	---

ประเภทของบทความ  
 Oral และ Poster Presentation

**การตีพิมพ์บทความในวารสารวิชาการ**  
 บทความประเภท Oral Presentation ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด จะได้รับคำแนะนำให้ส่งเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีความร่วมมือกับการประชุม ASTC ครั้งที่ 9 (ผู้เขียนรับผิดชอบที่จะตีพิมพ์บทความใน Proceedings ของ ASTC ครั้งที่ 9 หรือส่งบทความเพื่อใหวารสารวิชาการพิจารณาตามกระบวนการ)

**กำหนดการ (มีการเปลี่ยนแปลง)**

23 เม.ย. 66 19 พ.ค. 66 31 พ.ค. 66 9 มิ.ย. 66 ติดต่อบริษัท	วันสุดท้ายของการลงทะเบียน / ส่งบทความ และชำระค่าลงทะเบียน (ขยายเวลา) แจ้งผลการพิจารณาคำขอ (ขยายเวลา) แจ้งผลการตัดสินใจ / ส่งบทความฉบับสมบูรณ์ที่แก้ไขแล้ว / ส่งไฟล์นำเสนอ หรือไฟล์ Poster นำเสนอผลงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.หอการค้าไทย โทร. 02 697 6505	ดูรายละเอียด ลงทะเบียน และส่งบทความ
---	---	---




วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืน  
Science and Technology  
for Sustainability

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

**วิจิต ศรีวิสัย**

ได้นำเสนอผลงานเรื่อง

เตาผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร จากเศษไม้โดยใช้แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

ในการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 9  
โดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (รูปแบบออนไลน์)  
เมื่อ วันที่ 9 มิถุนายน 2566

**ASTC 2023**

*วิจิตรพงศ์ นิลเกษม*

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรพงศ์ นิลเกษม  
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

F\_IN\_O\_0129



การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 9  
The 9<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference 2023  
วันศุกร์ที่ 9 มิถุนายน 2566

**เตาผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้มลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร จากเศษไม้โดยใช้แก๊สร้อนจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิง  
สังเคราะห์**  
**CHARCOAL AND WOOD VINEGAR PRODUCTS FROM SCRAP WOOD BY USING 600 LITERS OF  
LOW-POLLUTION CHARCOAL KILN WORKING WITH HOT GAS FROM GASIFIED BIOMASS  
BURNER**

วิจิต ศรีวิลัย\*<sup>1</sup> และ สมมาส แก้วล้วน<sup>1</sup>

Sriwilai W.\*<sup>1</sup>, and Kaewluan S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

\*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wichit.sri@swu.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองหาปริมาณและคุณภาพของถ่านและน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาเลทไม้ โดยใช้เตาเผาถ่านทำงานร่วมกับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบอากาศไหลขวาง เตาเผาถ่านรูปทรงกระบอกแนวนอนมีปริมาตร 600 ลิตร วางอยู่ในห้องเผาไหม้ ที่ส่วนฐานของห้องเผาไหม้เชื่อมต่อกับชุดให้ความร้อนอุณหภูมิสูงจากหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ โดยแก๊สร้อนจากการเผาไหม้มีอุณหภูมิประมาณ 1,200 °C ความร้อนจากห้องเผาไหม้ถ่ายโอนเข้าสู่เตาเผาถ่าน ในขณะที่เตาเผาถ่านมีสารระเหยร้อนจากกระบวนการเผาถ่านจะไหลเข้าสู่ชุดควบแน่นแบบ Shell & Tube โดยมีอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนที่ 1.4 m<sup>3</sup>/hr ซึ่งสารระเหยเป็นแก๊สควบแน่นไม่ได้และควบแน่นได้ แก๊สที่ควบแน่นได้คือน้ำส้มควันไม้ดิบถูกแยกออกจากแก๊สควบแน่นไม่ได้ น้ำส้มควันไม้ดิบไหลเข้าสู่ถังเก็บ ในขณะที่แก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ จะถูกส่งไปเป็นเชื้อเพลิงร่วม ให้กับเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อผลิตความร้อน เศษไม้สำหรับผลิตถ่านบรรจุในเตาที่สัดส่วน 50 75 และ 100 ของปริมาตร ซึ่งเท่ากับน้ำหนักไม้แห้ง 100 150 และ 200 กิโลกรัม การทดลองจะเสร็จสิ้นก็ต่อเมื่อไม่มีแก๊สออกจากถังควบแน่น ผลการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการเผาถ่านคือ 2.75, 3.15 และ 3.58 ชั่วโมง ให้ผลผลิตถ่านปริมาณร้อยละ 27.03, 26.03 และ 26.63 และได้น้ำส้มควันไม้ปริมาณร้อยละ 42.47, 39.01 และ 38.05 เทียบกับน้ำหนักไม้แห้งตามลำดับ ผลการวิเคราะห์คุณภาพของถ่านและน้ำส้มควันไม้ พบว่าถ่านและน้ำส้มควันไม้ มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.)

**คำสำคัญ:** เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์, ถ่าน, น้ำส้มควันไม้, เตาเผาถ่าน

**Abstract**

The purpose of this research was to determine the quantity and quality of charcoal and wood vinegar obtained from wood residues from the wood pallet production process. By using a charcoal kiln in conjunction with a cross-draft gasifier. A horizontal cylindrical kiln with a volume of 600 liters is placed in the combustion chamber. At the base of the combustion chamber it is connected to a high-temperature heating unit from a synthesis gas burner. The hot gas from combustion has a temperature of about 1,200 °C. The heat from the combustion chamber transfers into the charcoal kiln. While the charcoal incinerator contains hot volatile substances from the charcoal burning process, they will flow into the Shell & Tube condenser at a cooling water flow rate of 1.4 m<sup>3</sup>/hr where volatile substances are non-condensable and condensable gases. The regulated gas is that the raw wood vinegar is separated from the unstable gas. Raw wood vinegar flows into the storage tank while the non-condensable gas will be sent as co-fuel to the stove to produce and burn synthesis

gas to produce heat. Scrap wood for charcoal production are packed in kilns at volumes of 50, 75 and 100 percent, which is equal to the dry wood weight of 100, 150 and 200 kilograms. The experiment is completed when no gas is released from the condenser. The results showed that the charcoal burning time was 2.75, 3.15 and 3.58 hours, yielding 27.03%, 26.03 and 26.63% of charcoal and 42.47%, 39.01% and 38.05% of wood vinegar, respectively, compared to the weight of dry. The results of the quality selection of charcoal and wood vinegar, charcoal and wood vinegar are qualified according to Thai Community Product Standards (TCPS)

**Keywords:** Gasifier Burner, Charcoal, Wood Vinegar, Charcoal Kiln

## บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้ไม้ฟืนและถ่านไม้มาเป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่เชื้อเพลิงประเภทฟืนจะมีปัญหาเกี่ยวกับควันและความสกปรกมากกว่าการใช้ถ่านไม้ จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้บริโภค นิยมใช้ถ่านไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคครัวเรือนและธุรกิจปิ้งย่าง แต่ในปัจจุบันภาคครัวเรือนจะหันมาใช้เชื้อเพลิงแก๊สหลอดมากขึ้น เนื่องจากความสะดวกและให้พลังงานความร้อนดีกว่า แต่ถ่านไม้ก็ยังมีความสำคัญในพื้นที่ชนบทและร้านอาหารประเภทปิ้งย่างที่ได้รับความนิยมในสังคมเมือง และที่สำคัญถ่านไม้ยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศพอสมควร วัตถุประสงค์สำคัญที่ใช้ในการทำถ่านไม้ เช่น ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไผ่ ไม้มะขาม ไม้ยางพารา แม้ว่าในปัจจุบันมีการใช้ไม้ยางพารามากขึ้น เนื่องจากหาง่ายกว่าไม้ประเภทอื่น โดยใช้ ปีกไม้ และเศษปลายไม้ที่เหลือจากการเลื่อยไม้ยางพารา<sup>(1)</sup>

การเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านแบบใช้ถัง 200 ลิตร เป็นที่นิยมของชาวบ้าน การเผาถ่านด้วยเตาลักษณะนี้ มีปัญหาและข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง ทั้งระยะเวลาในการเผาที่ยาวนานประมาณ 8-10 ชั่วโมง<sup>(2)</sup> ทำให้เสียเวลาในการเผา การเผาถ่าน 200 ลิตร ยังปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมในปริมาณมาก ส่วนหนึ่งเป็นแก๊สที่สามารถควบแน่นได้ซึ่งออกมาในรูปแบบของน้ำส้มควันไม้ แต่เตาเผาถ่านที่ใช้ถัง 200 ลิตร ก็ยังไม่สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ยังมีองค์ประกอบของน้ำส้มควันไม้บางส่วนหลุดออกมาในรูปแบบแก๊สไอเสียก่อให้เกิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนและกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการเผาถ่านที่ใช้ถังน้ำส้ม 200 ลิตร นั้นมีข้อดีคือสามารถสร้างเองได้ง่าย ให้คุณภาพที่ดีกว่าการเผาแบบดั้งเดิม (เตาหลุม) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นิยมสำหรับการผลิตเพื่อใช้ในครัวเรือน<sup>(3)</sup>

ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะเพิ่มปริมาณและประสิทธิภาพของเตาเผาถ่านแบบแนวนอน เพื่อให้ได้ปริมาณของถ่านและน้ำส้มควันไม้ให้มากขึ้นและลดมลพิษทางอากาศ โดยประยุกต์ใช้แก๊สร้อนอุณหภูมิสูงจากเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบอากาศไหลขวางในกระบวนการเผาถ่านเพื่อลดเวลาการเผาถ่าน โดยออกแบบเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่มีศรีรับรับและระบายความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตถ่านและลดเวลาในกระบวนการเผาถ่าน อีกทั้งมีการติดตั้งถังควบแน่นน้ำส้มควันไม้จากสารระเหยจากเตาเผาถ่าน และนำสารระเหยที่ควบแน่นไม่ได้มาเผาพร้อมกับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อลดปัญหามลพิษจากกระบวนการเผาถ่าน

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบอากาศไหลขวางเพื่อเป็นแหล่งความร้อนสำหรับเตาเผาถ่าน เมื่อปริมาณไม้ในเตาเผาถ่านแตกต่างกัน 3 ระดับ  
เพื่อศึกษาคุณภาพของถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

## วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้ไม้ที่ใช้สำหรับเผาถ่านและไม้เชื้อเพลิงในการเผาถ่านจะใช้ไม้แห้งที่มาจากเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) เศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพลาเลทไม้จะนำมาตากแดด เพื่อลดความชื้นที่อยู่ในเนื้อไม้ โดยควบคุมความชื้นให้ได้เท่ากับ



การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบันครั้งที่ 9  
The 9<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference 2023  
วันศุกร์ที่ 9 มิถุนายน 2566

13.42% จากนั้นนำไม้ที่ผ่านการลดความชื้นแล้วนำมาจัดเรียงเข้าสู่เตาเผาถ่านคังภาพที่ 1 (ข.) โดยใช้ปริมาณเท่ากับ (100 150 และ 200 กิโลกรัมตามลำดับการทดลอง) จากนั้นปิดฝาเตา, ประกอบตามผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เข้ากับส่วนฐานของเตาเผาถ่าน, ประกอบท่อส่งสาร ระเหยจากถังควบแน่นเข้าสู่ตามผลิต และเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 1 (จ.) กระบวนการเผาถ่านจะเริ่มต้นเมื่อจุดเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์



(ก.) (ข.) (ค.) (ง.) (จ.)

**ภาพที่ 1** ชุด เตา ผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้มีลพิษต่ำขนาด 600 ลิตร พร้อมวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

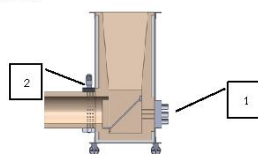
(ก) วัตถุดิบ (ข) วัตถุดิบที่บรรจุในเตาเผาถ่าน (ค) ผลิตภัณฑ์ถ่าน (ง) น้ำส้มควันไม้ดิบ และ (จ) ชุดอุปกรณ์เตาเผาถ่าน

#### ชุดเตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะเป็นเตาแบบแก๊สซิไฟเออร์และเบิร์นเนอร์หรือหัวเผาจะออกแบบมาเป็นชุดติดกันดังภาพที่ 2 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงของการเริ่มต้นการทำงาน เริ่มจากใส่ไม้เชื้อเพลิง 6 kg ลงในห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (1) จากนั้นจุด เตาที่ห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้เกิดการลุกไหม้ เปิดพัดลมป้อนอากาศที่มีอัตราการไหล 150 m<sup>3</sup>/hr เข้าห้องผลิต และ เผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ขณะเดียวกันให้เปิดพัดลมดูดไอเสียที่อัตราการไหล 1,500 m<sup>3</sup>/hr โดยช่วงแรกเป็นการใช้ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เมื่ออุณหภูมิสูงจนสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้แล้ว แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์จะถูกเผาไหม้บริเวณหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2)

ช่วงที่ 2 การทำงานของแก๊สซิไฟเออร์ในช่วงนี้เป็นการใช้เชื้อเพลิงร่วม โดยเป็นการนำแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้จากการเผาถ่านกลับมาเป็นเชื้อเพลิง ส่งผลให้การป้อนไม้เชื้อเพลิงช่วงนี้หยุดลง และจะป้อนไม้เชื้อเพลิงอีกครั้งเมื่อแก๊สจากเตาเผาถ่านเริ่มลดน้อยลง เพื่อรักษาอุณหภูมิสุดท้ายในเตาเผาถ่านและกระบวนการเผาถ่านจะเสร็จเมื่อไม่มีแก๊สไหลกลับไปเผาที่หัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และไม่มีน้ำส้มควันไม้ไหลลงถังเก็บ

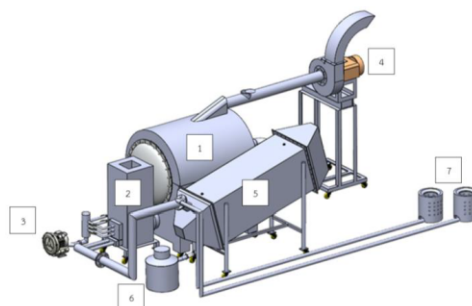


**ภาพที่ 2** เตาผลิตและเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์

#### เตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร

เตาเผาถ่าน เป็นเตาลักษณะทรงกระบอก ขนาด 600 ลิตร ติดครีบนำความร้อนบริเวณผนังด้านนอกเพื่อเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของผนังเตากับแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ทำให้การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่เตาเผาถ่านมีประสิทธิภาพสูงขึ้น อีกทั้งการติดตั้งครีบยังช่วยระบายความร้อนออกจากเตาในขั้นตอนการทำถ่านให้เย็นลง ทำให้ลด

ระยะเวลาในการผลิตถ่านลงอีกด้วย ภาพที่ 3 แสดงอุปกรณ์การทดลองเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่ทำงานร่วมกับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง



**ภาพที่ 3** เตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่ทำงานร่วมกับเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์แบบไหลขวาง

- (1) เตาเผาถ่าน, (2) เตาผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์, (3) พัดลมป้อนอากาศ, (4) พัดลมดูดไอเสีย, (5) ถังควบแน่น, (6) ถังเก็บน้ำส้มควันไม้, (7) เตาเผาชีวมวล

การทำงานของชุดเตาเผาถ่าน มีลำดับดังนี้ เริ่มต้นจากใส่ไม้เชื้อเพลิงในเตาผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2) ทำการใส่เศษไม้ยางพาราในเตาเผาถ่าน (1) จากนั้นจุดเตาในห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2) หลังจากห้องผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (2) ลูกไหม้ให้เปิดลมจากพัดลมป้อนอากาศ (3) และพัดลมดูดไอเสีย (4) โดยอากาศจากพัดลมป้อนอากาศนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ป้อนเข้าสู่บริเวณห้องผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์และอากาศส่วนที่ 2 ถูกป้อนเข้าสู่บริเวณห้องเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้ได้แก๊สร้อนที่มีระดับอุณหภูมิสูงสำหรับเป็นแหล่งความร้อนให้กับเตาเผาถ่าน

ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่เตาเผาถ่าน (1) เพื่อไล่ความชื้นและสารระเหยออกจากไม้ภายในเตาเผาถ่าน (1) ซึ่งสารระเหยที่ได้จากเตาเผาถ่าน (1) นั้นจะไหลออกบริเวณท่อทางออกของเตาเผาถ่าน ไปยังถังควบแน่น (5) ซึ่งป้อนน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่อัตราการไหล 1.4 ลบ.ม/ชม. เพื่อควบแน่นสารระเหยให้เป็นของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้และสารประกอบอื่น ๆ และไหลลงสู่ถังเก็บน้ำส้มควันไม้ (5) ส่วนแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้ถูกนำกลับมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่เตาผลิตและเผาไหม้แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ซึ่งแก๊สในส่วนนี้ถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปความจำเป็นก็ถูกส่งไปเผาทิ้งที่เตาชีวมวลเพื่อเปลี่ยนเป็น CO<sub>2</sub> และ H<sub>2</sub>O ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

#### การวิเคราะห์

**ไม้เผาถ่านและไม้เชื้อเพลิง** ถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ (Ultimate Analysis) CHNS/O โดยมีวิธีทดสอบ/วิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน (ASME D5373 D4239) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Truspec CHN Truspec S ยี่ห้อ LECO และวิเคราะห์หาองค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) โดยมีวิธีทดสอบ/วิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน (ASTM D3172-3175) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ TGA701 Thermogravimetric Analyzer ส่วนค่าความร้อน HHV วิเคราะห์โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASME D5865 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Bomb Calorimeter AC600 Automatic Calorimeter

**น้ำส้มควันไม้** ใช้วิธีทดสอบ/วิเคราะห์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ มผช.659/2553 วิเคราะห์ลักษณะ, กลิ่น, ความเป็นกรด-ด่างและ ความถ่วงจำเพาะ โดยการทดสอบความเป็นกรด-ด่าง จะใช้เครื่องทดสอบยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98103 วิธีการทดสอบต้องมีการเทียบวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามค่ามาตรฐานในช่วง 2.0 และ 3.0 ก่อนทำการทดลอง การวัดค่าความถ่วงจำเพาะจะวัดด้วยเครื่อง Hydrometer วิธีการทดสอบต้องมีการเทียบวัดความถ่วงจำเพาะ ตามค่ามาตรฐาน โดยสารตัวกลางคือน้ำเปล่า ไม้มีได้ค่าเท่ากับ 1.000

ถ่าน ใช้วิธีทดสอบ/วิเคราะห์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้ทุกต้ม มาตรฐานเลขที่ มผช.657/2547 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้ปิ้งย่าง มาตรฐานเลขที่ มผช.658/2547

**ความชื้นของวัตถุดิบ**

$$\text{ร้อยละความชื้น(ต่อน้ำหนักเปียก)} = (\text{มวลของไม้ดิบเริ่มต้น} - \text{มวลที่ไม้ดิบแห้ง}) \times 100 / \text{มวลของไม้ดิบเริ่มต้น} \quad (1)$$

**พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ**

$$\text{พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ(MJ)} = \text{ค่าความร้อนของไม้แห้ง(MJ/kg)} \times \text{น้ำหนักแห้งของไม้ผลิตถ่าน (kg)} \quad (2)$$

**พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์**

$$\text{พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์(MJ)} = \text{ค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์ถ่าน(MJ/kg)} \times \text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ถ่าน (kg)} \quad (3)$$

**ร้อยละของผลผลิตถ่าน**

$$\text{ร้อยละของผลผลิตถ่าน(\%)} = \text{ผลผลิตถ่าน(kg)} \times 100 / \text{มวลที่ไม้ดิบแห้ง (kg)} \quad (4)$$

**ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน**

$$\text{ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน(\%)} = \text{พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์(MJ)} \times 100 / \text{พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ(MJ)} \quad (5)$$

**ผลการทดลอง**

**ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติ**

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) และการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) ของเศษไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตพาล์ทไม้

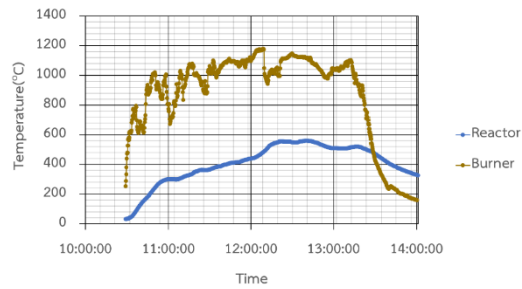
Proximate Analysis (wet base, wt.%)	
Moisture	13.42
Volatile matter	63.61
Fixed Carbon	22.08
Ash	0.89
Ultimate Analysis (dry base, wt.%)	
Carbon (C)	45.62
Hydrogen (H)	6.73
Nitrogen (N)	4.33
Sulfur (S)	0.08
Chloride (Cl)	0
Oxygen (O)	42.36
Thermal analysis by calculation method (dry base, wt.%)	
High Heating value (HHV) (kJ/kg)	17,682
Lower Heating value (LHV) (kJ/kg)	15,887

**ผลการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้**

ในการเผาถ่านครั้งที่ 1 ใช้ไม้เผาถ่านปริมาณ 102.26 กิโลกรัม และใช้ไม้เชื้อเพลิง 46.06 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 45.04 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน ซึ่งในการเผาถ่านครั้งนี้ใช้เวลาในการเผาทั้งหมด 2.75 ชั่วโมง โดยสามารถทำอุณหภูมิหัวเผา (Burner) ได้สูงสุด 1,179.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านเฉลี่ย 529 องศาเซลเซียส สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้

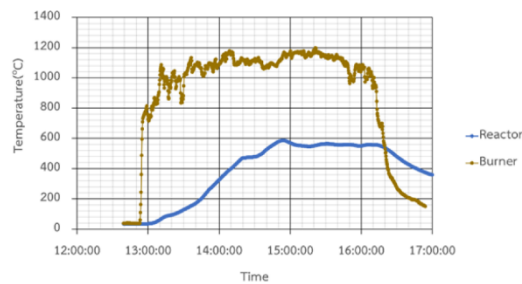
การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบันครั้งที่ 9  
The 9<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference 2023  
วันศุกร์ที่ 9 มิถุนายน 2566

ทั้งหมด 43.43 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 42.47 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน และได้ปริมาณถ่าน 27.64 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 27.03 ของน้ำหนักไม้แห้ง



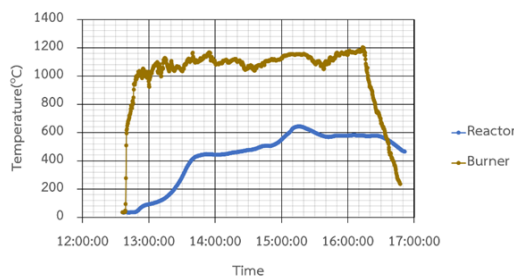
ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างเวลากับอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผา โดยบรรจุไม้เผาถ่านจำนวน 102.26 กิโลกรัม

ในการเผาถ่านครั้งที่ 2 ใช้ไม้เผาถ่านปริมาณ 152.95 กิโลกรัม ใช้ไม้เชื้อเพลิง 46.48 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ 30.39 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน ซึ่งในการเผาถ่านครั้งนี้ ใช้เวลาในการเผาทั้งหมด 3.15 ชั่วโมง โดยสามารถทำอุณหภูมิหัวเผา (Burner) ได้สูงสุด 1,198.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านเฉลี่ย 561.51 องศาเซลเซียส สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ ทั้งหมด 59.67 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 39.01 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน และได้ปริมาณถ่าน 39.82 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.03 ของน้ำหนักไม้แห้ง

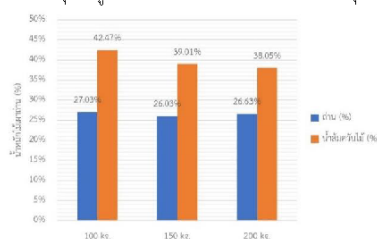


ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างเวลากับอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผา โดยบรรจุไม้เผาถ่านจำนวน 152.95 กิโลกรัม

ในการเผาถ่านครั้งที่ 3 ใช้ไม้เผาถ่านปริมาณ 195.36 กิโลกรัม และใช้ไม้เชื้อเพลิง 51.78 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน ร้อยละ 26.50 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน ซึ่งในการเผาถ่านครั้งนี้ใช้เวลาในการเผาทั้งหมด 3.58 ชั่วโมง โดยสามารถทำอุณหภูมิหัวเผา (Burner) ได้สูงสุด 1,203.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านเฉลี่ย 557.7 องศาเซลเซียส สามารถเก็บน้ำส้มควันไม้ได้ ทั้งหมด 74.33 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 38.05 ของน้ำหนักไม้เผาถ่าน และได้ปริมาณถ่าน 52.03 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 26.63 ของน้ำหนักไม้แห้ง



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างเวลา กับอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน และหัวเผา โดยบรรจุไม้เผาถ่านจำนวน 195.36 กิโลกรัม



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบปริมาณถ่านและน้ำส้มควันไม้

จากภาพที่ 4 – 6 เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแต่ละจุดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไปจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ปริมาณไม้ที่ใช้เผาถ่านจะส่งผลต่อระยะเวลาในการเผาถ่านเพิ่มมากขึ้น ปริมาณไม้ 102.26 152.95 และ 195.36 พบว่า มีระยะเวลาในการเผาเท่ากับ 2.75 3.15 และ 3.58 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของไม้เผาถ่านเทียบกับน้ำหนักถ่านหลังเผาถ่านแล้ว พบว่า จะได้ปริมาณของถ่านต่อไม้เผาถ่านแห้งร้อยละ 27.03 26.03 และ 26.63 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณของถ่านมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านที่สูงขึ้น และเวลาในการเผาถ่านที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านพบว่า ปริมาณน้ำส้มควันไม้เมื่อเทียบกับน้ำหนักไม้เผาถ่านเริ่มต้นมีค่าร้อยละ 42.47 39.01 และ 38.05 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสัดส่วนของน้ำส้มควันไม้มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณไม้แห้งที่เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 7 เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นผ่านถึงควบแน่นมีค่าคงที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพการควบแน่นลดลงเมื่ออัตราการไหลของสารควบแน่นเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณถ่านที่ได้จากกระบวนการผลิต

น้ำหนักแห้งของไม้ผลิตถ่าน (kg)	102.26	152.95	195.36
ค่าความร้อนของไม้แห้ง (MJ/kg)	15.9	15.9	15.9
พลังงานความร้อนของวัตถุดิบ (MJ)	1,625.93	2,431.91	3,106.22
น้ำหนักผลิตภัณฑ์ถ่าน (kg)	27.64	39.82	52.03
ค่าความร้อนของถ่าน (MJ/kg)	28.6	29.1	28.9
พลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์ (MJ)	790.5	1,158.76	1,503.67
ร้อยละของผลิตถ่าน (%)	27.03	26.03	26.63
ประสิทธิภาพการแปลงพลังงาน (%)	48.6	47.7	48.4

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 9  
The 9<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference 2023  
วันศุกร์ที่ 9 มิถุนายน 2566

จากการทดลองผลผลิตที่ได้จากการเผาถ่านที่ใช้ปริมาณน้ำหมักไม้ 3 ระดับ ให้ค่าดังตารางที่ 2 พบว่า ที่จากการวิเคราะห์คุณภาพและการวิเคราะห์ทางองค์ประกอบของถ่าน ซึ่งประกอบไปด้วยค่าความชื้น, คาร์บอนคงตัว, สารระเหย และถ้าพบว่าค่าความร้อนของไม้แห้งมีค่า 15.9 MJ/kg หลังจากเปลี่ยนไม้ให้กลายเป็นถ่าน พบว่า ค่าความร้อนของถ่านมีค่าอยู่ในช่วง 28.6-29.1 MJ/kg

**ตารางที่ 3** แสดงปริมาณและองค์ประกอบของถ่านที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน

ปริมาณของไม้เผา ถ่าน	ถ่าน (kg)	Moisture Content (%)	Fixed Carbon (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)
102.26	27.64	5.77	76.96	5.68	11.58
152.95	39.82	5.08	79.07	5.21	10.63
195.36	52.03	5.24	78.59	5.32	10.85

จากตารางที่ 3 พบว่า ที่ปริมาณไม้เท่ากับ 102.26 152.95 และ 195.36 กิโลกรัม สามารถได้ถ่านเท่ากับ 27.64 39.82 และ 52.03 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 27.03, 26.03, และ 26.63 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไม้เผาถ่านที่ 102.26 กิโลกรัม สามารถให้ผลผลิตถ่านได้มากที่สุด

**ตารางที่ 4** แสดงปริมาณและคุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน

ปริมาณของไม้เผาถ่าน	ปริมาณน้ำส้มควันไม้ดิบ (kg)	ค่าความเป็นกรด	ค่าความถ่วงจำเพาะ
102.26	43.43	2.8	1.020
152.95	59.67	2.9	1.025
195.36	74.33	2.9	1.014

จากตารางที่ 4 พบว่า ที่ปริมาณไม้เท่ากับ 102.26 152.95 และ 195.36 กิโลกรัม สามารถได้ผลผลิตน้ำส้มควันไม้ดิบได้ 43.43, 59.67 และ 74.33 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 42.47, 39.01 และ 38.05 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาว่าน้ำส้มควันไม้ดิบที่ความหนืดได้จากกระบวนการเผาถ่านพบว่า เมื่อปริมาณไม้เผาถ่านเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตของน้ำส้มควันไม้ดิบมีปริมาณที่ลดลงเนื่องจากอัตราการการไหลของน้ำที่ป้อนเข้าสู่ถังควบแน่นคงที่ ทำให้แก๊สควบแน่นได้ไม่ทันส่งผลให้น้ำส้มควันไม้ลดลง ความเป็นกรดมีค่าอยู่ในช่วง 2.8-2.9 และค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วง 1.014-1.025 ซึ่งอยู่ในค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำส้มควันไม้ มพช.659/2553

**ตารางที่ 5** แสดงปริมาณสารระเหยที่ควบแน่นไม่ได้ที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน

ปริมาณของไม้เผาถ่าน	ปริมาณแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ (kg)	ปริมาณแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ (%)
102.26	31.19	30.50
152.95	53.46	34.95
195.36	69.00	35.32

สารระเหยที่ได้จากกระบวนการผลิตถ่านจะสามารถแยกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ สารระเหยที่สามารถควบแน่นได้และที่ไม่สามารถควบแน่นได้ ซึ่งสารระเหยที่สามารถควบแน่นได้ถูกควบแน่นออกมาเป็นน้ำส้มควันไม้ดิบ ในขณะที่แก๊สที่ไม่สามารถ

ควบแน่นได้ ซึ่งมีปริมาณ 31.19 53.46 และ 69.00 kg ซึ่งคิดเป็นส่วนร้อยละของแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้ที่ 30.5, 34.95, และ 35.32 ตามลำดับ ซึ่งการเผาถ่านทั่วไปแก๊สส่วนนี้มักจะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นบางส่วนสามารถติดไฟได้ในกรณีการทดลองนี้จึงนำแก๊สดังกล่าวมาใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อเป็นแหล่งความร้อนให้กับเตาเผาถ่านและลดการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ถ่านไม้ที่ผลิตได้มีปริมาณมากขึ้นตามปริมาณไม้ที่บรรจุในเตาเผาถ่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพาราสามารถบรรจุจนเต็มเตาเผาถ่านปริมาตร 600 ลิตร ได้น้ำหนัก 195.36 kg ได้ผลิตถ่านไม้ที่ 52.03 kg คิดเป็นส่วน 26.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิสูงสุดของแหล่งความร้อนมีค่า 1203.5 °C ใช้ไม้เชื้อเพลิงคิดเป็นร้อยละ 26.5 อุณหภูมิในเตาเผาถ่านสูงสุดเฉลี่ย 1 ชั่วโมงที่ 557.7 °C ถ่านไม้ที่ผลิตได้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านหุงต้ม (มผช.657/2547) โดยมีค่าความร้อน 28.9 MJ/kg ซึ่งมาตรฐานกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 6,000 แคลอรีต่อกรัม (25,104 MJ/kg) ขณะที่ความชื้น เถ้า และสารระเหยไม่เกินร้อยละ 10, 8 และ 25 ตามลำดับ เนื่องจากถ่านไม้ที่ได้มีค่าสูงถึงร้อยละ 5.32 จึงทำให้ถ่านที่ผลิตได้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทถ่านปิ้งย่าง (มผช.658/2547) เมื่อพิจารณามูลค่าถ่านไม้โดยสมมติว่าถ่านไม้มีราคา 15-20 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นการเผาถ่าน 1 ครั้ง สามารถขายถ่านได้ 780.5-1040.6 บาท โดยมีต้นทุนไม้เผาถ่านและไม้ฟืนที่ 247 บาท เมื่อคิดราคาเศษไม้ที่ 1 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาในด้านพลังงานพบว่าประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากไม้เป็นถ่านมีค่าร้อยละ 48 สารระเหยจากเตาเผาถ่านไหลผ่านเครื่องควบแน่น สารที่ควบแน่นได้คือน้ำส้มควันไม้ดิบโดยมีค่าสูงสุดที่ 74.33 kg และเมื่อพิจารณาตามกฎอนุรักษ์มวลพบว่าไม้เชื้อเพลิงที่ควบแน่นไม่ได้จำนวน 69 kg น้ำส้มควันไม้ดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนอย่างน้อย 45 วัน และนำไปวิเคราะห์พบว่ามีความบริสุทธิ์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ (มผช.659/2553) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.0 ถึง 3.0 มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.010 ถึง 1.025 ซึ่งน้ำส้มควันไม้นี้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ต้องการนำไปใช้งานด้านการเกษตร ส่วนแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้นำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับถ่านไม้และเผาใหม่แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์เพื่อเป็นแหล่งความร้อนสำหรับเตาเผาถ่านและมีการเผาทั้งบางส่วนเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามหากสามารถนำแก๊สที่ควบแน่นไม่ได้จากเตาเผาถ่านไปใช้ประโยชน์อื่นเช่นเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าจะช่วยให้มีความคุ้มค่าในการดำเนินการมากขึ้น ดังนั้นการนำเศษไม้มาแปรสภาพเป็นถ่านและมีผลพลอยได้เป็นน้ำส้มควันไม้ด้วยเตาเผาถ่านขนาด 600 ลิตร ที่พัฒนาขึ้นนอกจากจะช่วยลดการเผาทำลายเศษไม้และลดการปลดปล่อยมลพิษแล้วยังสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงและมีความคุ้มค่าในการดำเนินการของชุมชน

### ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มขนาดและอัตราการไหลของน้ำในถังควบแน่นให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ดิบได้มากขึ้น
2. เพื่อให้ถ่านผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านปิ้งย่าง (มผช.658/2547) จึงควรเลือกชนิดไม้สำหรับผลิตถ่านเป็นไม้เนื้อแข็ง มีแก่นน้อย เช่น ไม้กระถินดอย ไม้โกก้าง เป็นต้น
3. ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ปล่อยไอเสียเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (Heat Recovery Unit)

### เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. รายงานฉบับสมบูรณ์ “โครงการพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมกับประเทศเพื่อนบ้าน (ยุทธศาสตร์การพัฒนาความร่วมมือด้านอุตสาหกรรมภายใต้กรอบโครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจสามฝ่าย อินโดนีเซีย-มาเลเซีย-ไทย 2556 [Available from: [http://rubber.oie.go.th/box/ELib\\_Document/2581/ถ่านไม้ยางพารา.pdf](http://rubber.oie.go.th/box/ELib_Document/2581/ถ่านไม้ยางพารา.pdf)].

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 9  
The 9<sup>th</sup> Academic Science and Technology Conference 2023  
วันศุกร์ที่ 9 มิถุนายน 2566

2. สิ้นสะอาด อ. การพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาถ่านกัมมันต์ จากกะลามะพร้าว. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 2560;10(2):95-108.
3. คู่มือการสร้างอุปกรณ์เทคโนโลยีพลังงานทดแทน. เตาเผาถ่าน 200 ลิตร 2565 [Available from: [https://amnatcharoen.energy.go.th/th/q-and-a/download?did=3283&filename=%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%B2%E0%B8%96%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%99+200+%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A3.pdf&mid=7865&mkey=m\\_faq&lang=th&url=%2Fweb-upload%2F62xc5f0518501c3a58f028e5467494367f2%2F202106%2Fm\\_faq%2F7865%2F76%2Ffile\\_download%2F7ea3414e8b2c535287cd707e127b6cca.pdf](https://amnatcharoen.energy.go.th/th/q-and-a/download?did=3283&filename=%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%B2%E0%B8%96%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%99+200+%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A3.pdf&mid=7865&mkey=m_faq&lang=th&url=%2Fweb-upload%2F62xc5f0518501c3a58f028e5467494367f2%2F202106%2Fm_faq%2F7865%2F76%2Ffile_download%2F7ea3414e8b2c535287cd707e127b6cca.pdf)].
4. บุศรา ศรีชัย ภาด, ศิริรัตน์ ดีศีลธรรม. การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน 2562;5(1).
5. มณีโชติ พ. การพัฒนาเตาเผาถ่านขนาด200ลิตรแบบแนวตั้งด้วยเทคนิคแก๊สซิฟิเคชั่น. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม. 2561;2(1).
6. กฤติน สุทธิวารินทร์กุล พ., ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ. คุณสมบัติถ่านไม้จากไม้พื้นที่สูงต่างถิ่น 5 สายพันธุ์ โดยกระบวนการเผาถ่านแบบสองขั้นตอนดัดแปลง. วารสารวิทยาศาสตร์ไทย. 2564;40(2):29-38.



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วิจิต ศรีวิสัย
วัน เดือน ปี เกิด	27 มิถุนายน 2515
สถานที่เกิด	ลำปาง

