บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองของการผลิตแก๊สชีวมวลจากเศษชีวมวลทางการเกษตรเพื่อใช้ในเครื่องยนต์ทางการเกษตร : การปรับปรุงเครื่องยนต์เล็กเพื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สชีวมวล แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ การผลิตแก๊สชีวมวล และ การปรับปรุงเครื่องยนต์เล็กเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงแก๊สชีวมวล การผลิตแก๊สชีวมวล จะใช้ชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ ยูคาลิปตัส กะลามะพร้าว และกระถินยักษ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การผลิตแก๊สชีวมวล

4.1.1 ปริมาณแก๊สชีวมวล

จากผลการทดลองที่ได้นำไม้แห้ง 3 ชนิด ได้แก่ ยูคาลิปตัส กะลามะพร้าว และกระถินยักษ์ มาทดลองผลิตแก๊สชีวมวล โดยใช้เตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบไหลลง (Downdraft gasifier) เพื่อหาปริมาณการผลิตแก๊สชีวมวลพบว่า เมื่อป้อนอากาศน้อยกว่า 150 liter/min อุณหภูมิใน Combustion zone มีค่าต่ำกว่า 900 °C ปริมาณแก๊สชีวมวลที่ได้มีความเบาบางและมีการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นอุณหภูมิที่ทำให้ได้แก๊สออกมามีความหนาแน่น อุณหภูมิที่ Combustion zone ไม่ควนต่ำกว่า 1,000 °C อย่างไรก็ตามจะทำให้เชื้อเพลิงหมดเร็ว ซึ่งอัตราการป้อนอากาศเข้าเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบไหลลงที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาในครั้งนี้คือ 150 liter/min อุณหภูมิใน Combustion zone มีค่าสูงกว่า 1000 °C ตารางที่ 4.1 แสดงแสดงผลการทดสอบการติดไฟของแก๊สชีวมวล จากชีวมวลตัวอย่าง 3 ชนิด ชนิดละ 3 kg อัตราการไหลของอากาศที่ 150 liter/min ทำการทดสอบหาความเข้มข้นของแก๊สชีวมวลโดยวิธีการจุดติดไฟ และระยะเวลาในการผลิตแก๊สชีวมวล สังเกตจากเปลวไฟพบว่าเปลวไฟของกะลามะพร้าวมีความเข้มหรือมีความรุนแรงกว่า รองลงมาคือไม้ยูคาลิปตัสและกระถินยัก คือ 35, 40 และ 50 นาทีตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการติดไฟของแก๊สชีวมวล จากชีวมวลปริมาณ 3 กิโลกรัม อัตราการไหลของอากาศที่ 150 ลิตรต่อนาที

ลำดับ	ชนิดไม้แห้งที่ทดลอง	เชื้อเพลิงที่ผลิตได้นาน (นาที)	รูปเปลวไฟ

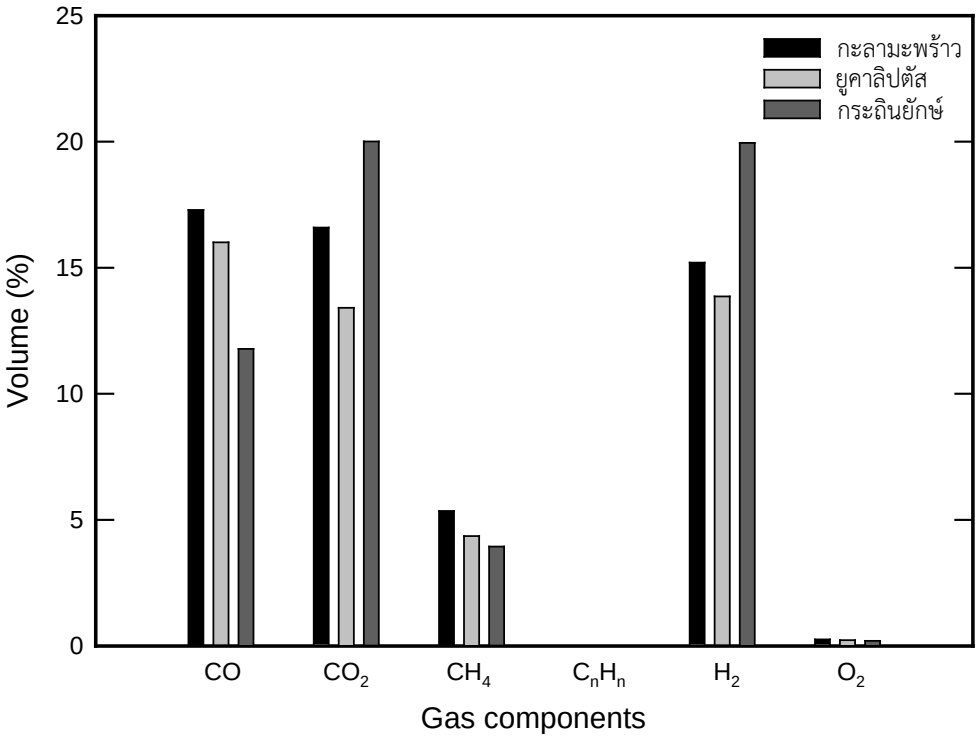
1	ไม้ยูคาลิปตัสแห้ง	50	
2	กะลามะพร้าว	45	
3	กระถินยักษ์	35	

4.1.2 องค์ประกอบของแก๊สชีวมวล

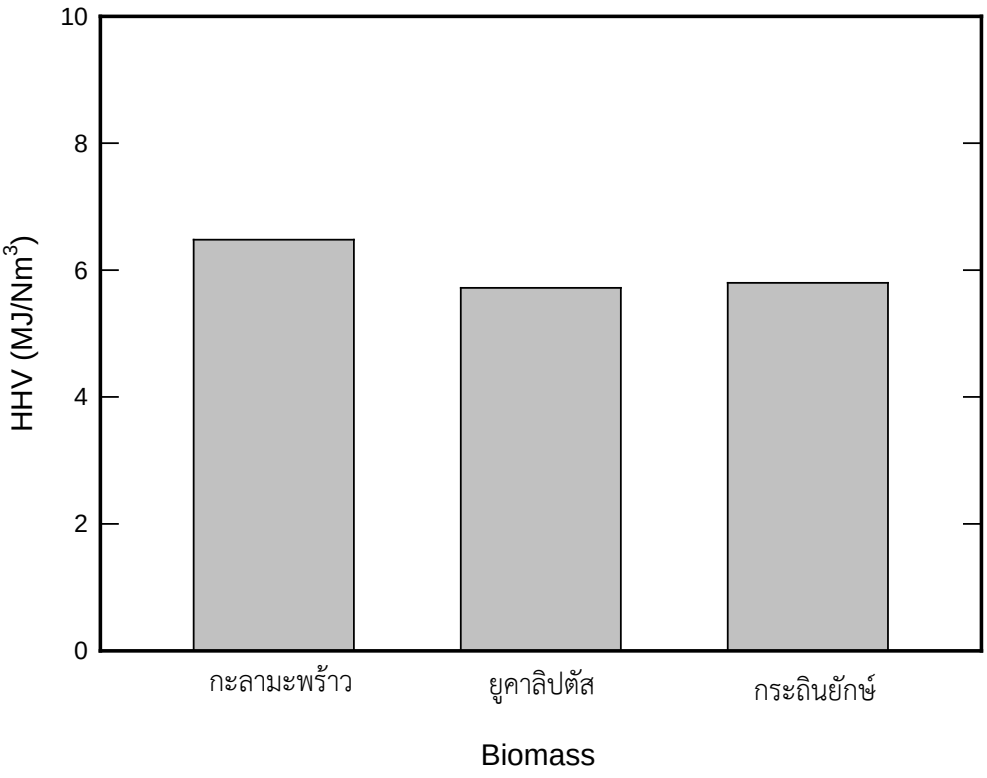
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สชีวมวลที่ได้จากเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบ Downdraft gasifier โดยใช้เครื่อง Online Infrared Syngas Analyzer-Gasboard 3100 พบว่าส่วนประกอบหลักของแก๊สชีมวลได้แก่ CO, CO_2, CH_4 และ H_2 จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าชีวมวลแต่ละชนิดจะให้ส่วนประกอบแก๊สที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งกะละมะพร้าวจะให้แก๊สชีวมวลที่เป็น CO มากที่สุด (17.29% โดยปริมาตร) ในขณะที่ไม้กระถินยักษ์ให้ส่วนประกอบ H_2 มากที่สุด (19.95% โดยปริมาตร) สำหรับไม้ยูคาลิปตัสจะมีส่วนประกอบอยู่ระดับกลางๆ

4.1.3 ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวล

ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลที่ได้จากเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบ Downdraft gasifier โดยใช้เครื่อง Online Infrared Syngas Analyzer-Gasboard 3100 พบว่าค่าความร้อน HHV ของแก๊สชีวมวลที่ได้จากกะลามะพร้าว ไม้ยูคาลิปตัสและไม้กระถินยักษ์มีค่า 6.48, 5.72 และ 5.8 MJ/Nm^3 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งแก๊สชีวมวลที่ได้จากกะลามะพร้าวจะให้ค่าความร้อนสูงสุดเนื่องจากมีส่วนประกอบของน้ำมันมะพร้าว



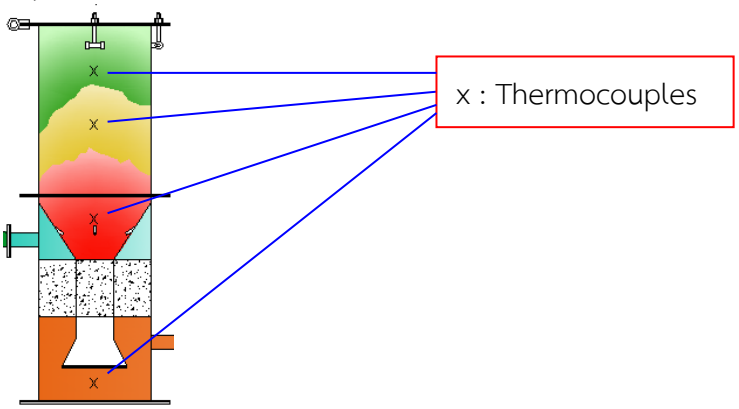
รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของแก๊สชีวมวล



รูปที่ 4.2 ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวล (HHV)

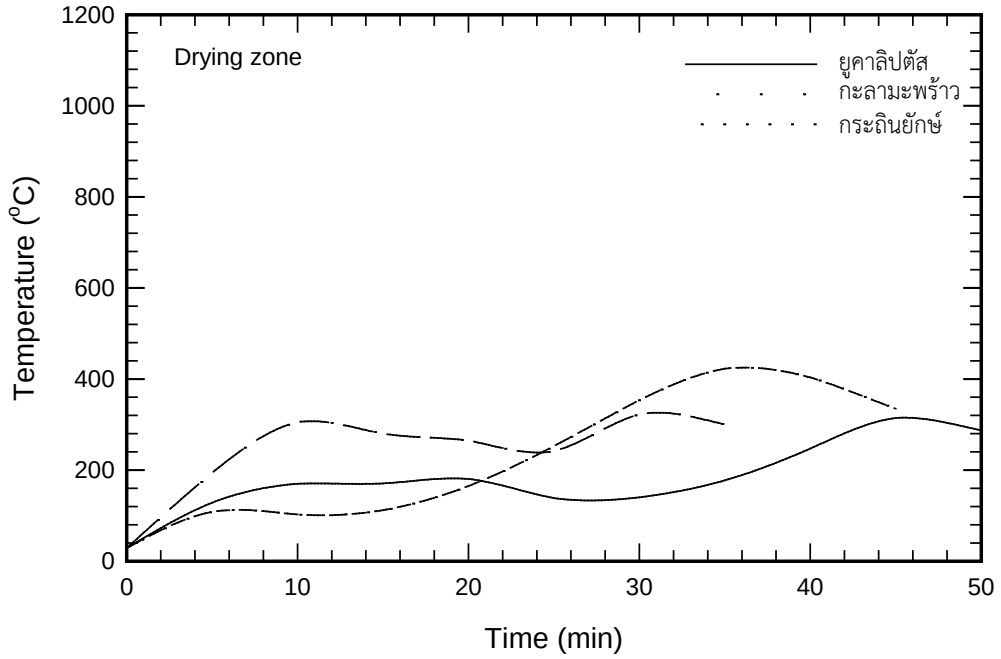
4.2 อุณหภูมิภายในเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลง (Downdraft Gasifier)

การทดสอบอุณหภูมิภายในเตาผลิตแก๊สได้ทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในเตาผลิตแก๊ส ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล 4 ตัว ใน 4 ส่วนของเตา คือ Drying zone, Pyrolysis zone, Combustion zone และ Reduction zone ดังแสดงในรูปที่ 4.3

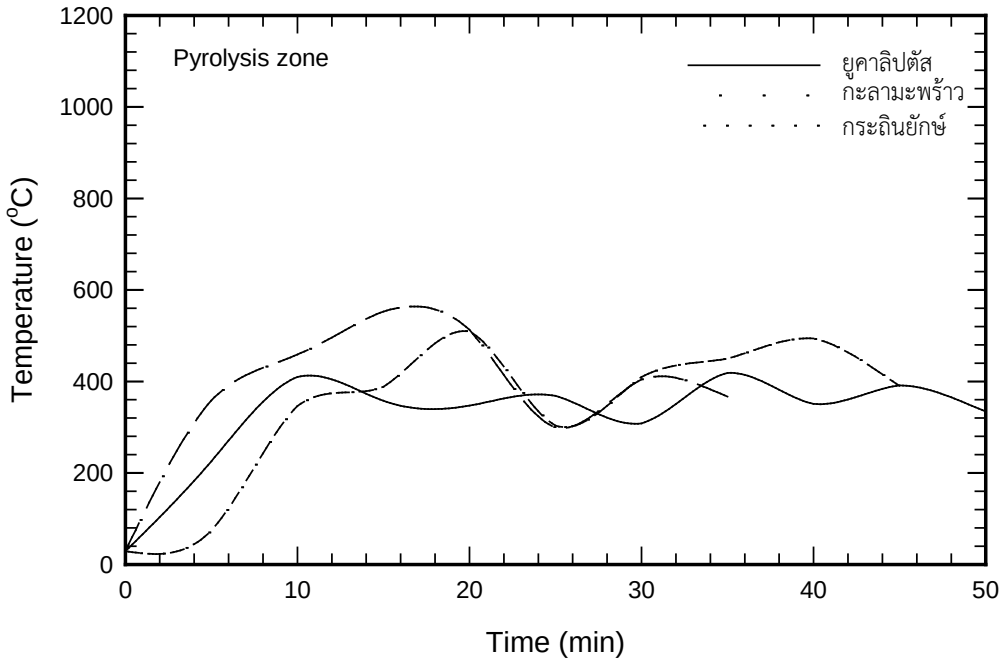


รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

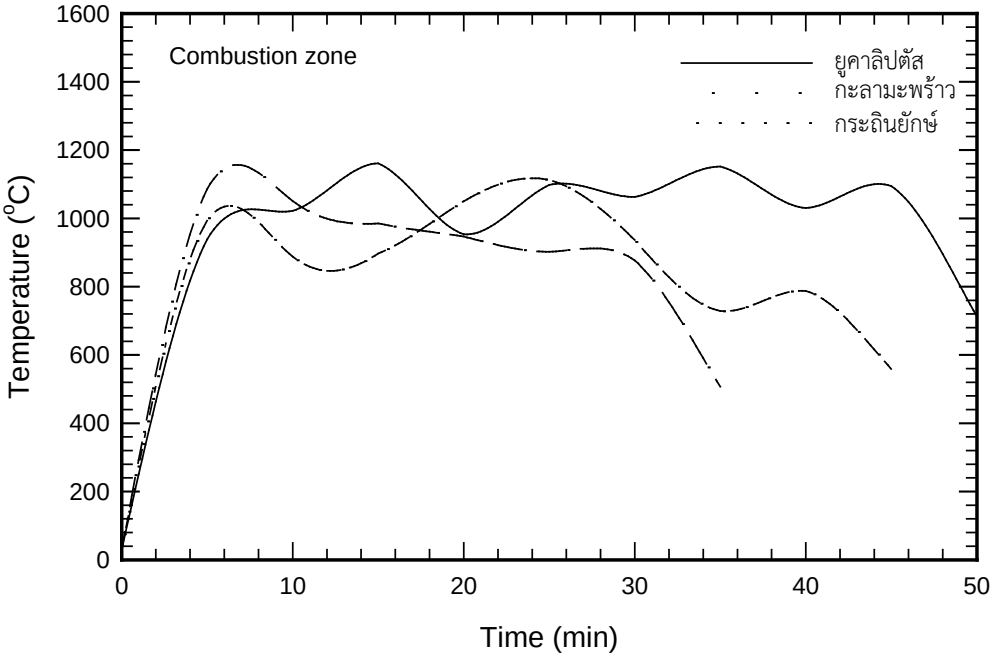
ในการทดสอบอุณหภูมิภายในเตาผลิตแก๊สจะเริ่มจับเวลาตั้งแต่ปิดฝาเตาผลิตแก๊ส จากนั้นบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละส่วนโดยใช้ Data Logger โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที ซึ่งสามารถแสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดังรูปที่ 4.4-4.7 ซึ่งสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิในส่วนของ Drying zone กรณีใช้ชีวมวลยูคาลิปตัสจะต่ำกว่าวัสดุชีวมวลกะลามะพร้าวและกระถินยักษ์ เนื่องจากเนื้อไม้มีความหนาแน่นและความชื้นมากกว่า ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิในส่วนนี้ต่ำลงและใช้เวลาในการอบแห้งนานขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.4 ในขณะที่กระถินยักษ์มีความพรุนในเนื้อไม้มากกว่าทำให้การอบแห้งใช้เวลาน้อย อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในส่วนของ Drying zone มีค่าไม่เกิน 400 °C เมื่อชีวมวลถูกอบแห้งแล้วจะถูกดำเนินการด้วยกระบวนการไพโรไลซิสใน Pyrolysis zone ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 600 °C และทำการเผาไหม้ในส่วน Combustion zone ให้ทำให้ชีวมวลส่วนหนึ่งถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานทำสำหรับกระบวนการอบแห้งและไพโรไลซิส ซึ่งจะกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่ออุณหภูมิห้อง Combustion zone มีค่าประมาณ 1000 °C หลังจากนั้นจะดำเนินการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นแก๊สชีวมวลในส่วนของ Reduction zone ซึ่งอุณหภูมิ 400 – 600 °C แก๊สชีวมวลที่ได้จะเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย CO, CH_4 และ H_2 เป็นหลักดังรูปที่ 4.1 ในขณะที่ปริมาณ CO_2 จะมีปริมาณใกล้เคียงกับ CO และ H_2 แสดงให้เห็นว่าชีวมวลมีการเผาไหม้สมบูรณ์ส่วนหนึ่งสำหรับเป็นพลังงานในการกระบวนการผลิตแก๊สชีวมวล



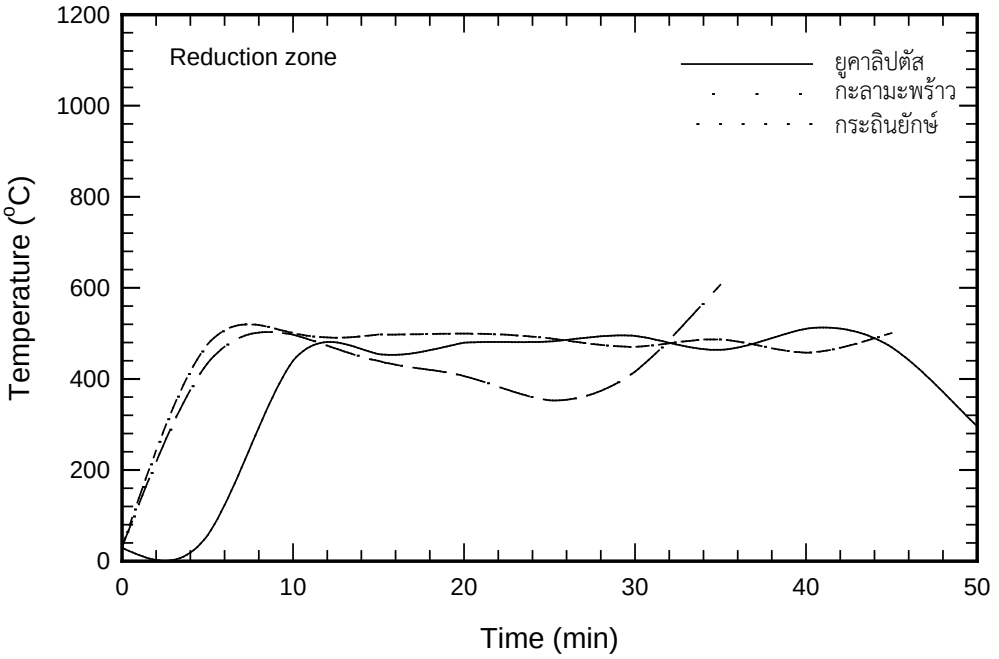
รูปที่ 4.4 อุณหภูมิใน Drying zone เมื่อใช้ชีวมวล น้ำหนัก 3 kg อัตราการป้อนอากาศ 150 litre/min



รูปที่ 4.5 อุณหภูมิใน Pyrolysis zone เมื่อใช้ชีวมวล น้ำหนัก 3 kg อัตราการป้อนอากาศ 150 litre/min



รูปที่ 4.6 อุณหภูมิใน Combustion zone เมื่อใช้ชีวมวล น้ำหนัก 3 kg อัตราการป้อนอากาศ 150 litre/min



รูปที่ 4.7 อุณหภูมิใน Reduction zone เมื่อใช้ชีวมวล น้ำหนัก 3 kg อัตราการป้อนอากาศ 150 litre/min

4.2 ผลการใช้แก๊สชีวมวลกับเครื่องยนต์เล็ก

ผลการผลิตแก๊สชีวมวล นอกจากจะได้แก๊สออกมาแล้วยังมี เถ้า น้ำมันดิน น้ำส้มควันไม้ และไอน้ำออกมาด้วย ถ้านำแก๊สชีวมวลไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์โดยตรง โดยไม่มีกระบวนการกรองหรือแยกสิ่งเหล่านี้ ก็อาจจะมีผลกระทบต่อชิ้นส่วนของเครื่องยนต์หรือเกิดความเสียหายได้ ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่อาจจะได้รับผลกระทบ คือ หัวเทียน ห้องเผาไหม้ ลูกสูบ วาล์ว ดังนั้นถ้าจะนำแก๊สชีวมวลไปใช้กับเครื่องยนต์จะต้องมีกระบวนการดักหรือแยก เถ้า น้ำมันดิน น้ำส้มควันไม้ และไอน้ำออกจากแก๊สซิไฟเออร์ เพื่อให้เหลือเพียงแก๊สอย่างเดียวที่จะเข้าไปเผาไหม้ในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้สร้างระบบปรับปรุงคุณภาพแก๊สให้สะอาดก่อนเข้าเครื่องยนต์ โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

1. ไซโคลนดักฝุ่น
2. แผงระบายความร้อน
3. ถังพักพร้อมกรองแก๊สก่อนเข้าเครื่องยนต์

จากทดลองเดินเครื่องยนต์โดยใช้แก๊สซิไฟเออร์เป็นเชื้อเพลิงเป็นเวลารวม 15 ชั่วโมง แล้วทำการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลกระทบต่อน้ำมันเครื่อง

รูปที่ 4.8 แสดงสภาพน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สชีวมวล จะเห็นว่า สีของน้ำมันเครื่องเป็นสีดำออกนวล อันเนื่องมาจากมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และมีไอน้ำเข้ามาในกระบอกสูบ

รูปที่ 4.8 สภาพน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สชีวมวล

4.2.2 ผลกระทบต่อหัวเทียน

รูปที่ 4.9 แสดงสภาพหัวเทียนของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สชีวมวล หัวเทียนมีเขม่าสีดำเกาะที่เขี้ยวหัวเทียน แสดงว่าคุณภาพของเชื้อเพลิงสะอาดไม่เพียงพอจึงเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

รูปที่ 4.9 สภาพหัวเทียนของเครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สชีวมวล

4.2.3 ฝาสูบ กระบอกสูบ ลูกสูบ และวาล์ว

รูปที่ 4.10 สภาพฝาสูบ

(ก) (ข)

รูปที่ 4.11 สภาพ (ก) กระบอกสูบ (ข) หัวลูกสูบ

(ก) วาล์วไอดี (ข) วาล์วไอเสีย

รูปที่ 4.12 สภาพ วาล์ว ไอดี-ไอเสีย

จากรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 พบว่าทั้ง ฝาสูบ กระบอกสูบ หัวลูกสูบ และวาล์ว ไอดี-ไอเสีย มีเขม่าเกาะในปริมาณที่มาก แสดงว่ากระบวนการปรับปรุงสภาพแก๊สชีวมวลยังไม่เพียงพอ จึงทำให้แก๊สที่เข้าไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ยังไม่สะอาดเพียงพอ ทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงมีเขม่าเกาะบริเวณ ฝาสูบ กระบอกสูบ หัวลูกสูบ และวาล์ว ไอดี-ไอเสีย เป็นจำนวนมาก

จากการศึกษาส่วนประกอบของแก๊สชีวมวลจะพบว่าสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ถึงแม้ว่าจะมีส่วนประกอบที่มีผลกระทบต่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เมื่อทำการกรองและจัดการกับการกักเก็บที่เหมาะสม จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกได้เป็นอย่างดี