

สมดุลพลังงานในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ Energy Balance in the Production of Eucalyptus Bark Fuel Used in Boiler

สุภัทร หนูแย้ม¹, กฤษกร รับสมบัติ¹, ธนรัช มุขพันธ์¹ และ วีรชัย ออาจหาญ^{2*}

¹ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: arjharh@g.sut.ac.th, โทรศัพท์: 044 225045, โทรสาร: 044225046

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการศึกษาสมดุลพลังงานในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ โดยทำการวิเคราะห์หาพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงสองแบบ คือแบบสับย่อยและแบบอัดเม็ด โดยทำการทดสอบที่อัตราการผลิต 300, 480, 600 kg/hr และอุณหภูมิลมร้อน 130°C แล้วนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อผลิตไอน้ำ ผลิตไอน้ำที่แรงดัน 6, 8, 10, 12 บาร์ ผลการศึกษาพบว่า พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดจะมีค่าสูงกว่า พลังงานที่ใช้ในกระบวนการสับย่อย แต่เมื่อนำเชื้อเพลิงทั้งสองแบบทดสอบเผาไหม้ในเครื่องผลิตไอน้ำ พบว่า ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดจะสูงกว่าเชื้อเพลิงแบบสับย่อย 7.67- 25.16% สรุปได้ว่าถึงแม้การเตรียมเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดจะมีการสูญเสียพลังงานให้กับระบบมากกว่าแบบสับย่อยแต่เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไอน้ำสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพทางความร้อนทั้งระบบเพิ่มขึ้น

คำหลัก: สมดุลพลังงาน, เปลือกไม้ยูคาลิปตัส, เชื้อเพลิงอัดเม็ด, เครื่องกำเนิดไอน้ำ, ประสิทธิภาพการเผาไหม้

Abstract

The objective of the present research was to study the energy balance of Eucalyptus Bark processing for steam generation. A study was done by analyzing the energy requirement in the Eucalyptus Bark processing of pulverizing and pelletizing. The test was done at the rate of production of 300, 480, 600 kg/hr and hot air temperature of 130 °C. Then, the product was used as fuel in the boiler to generate steam at the various pressure of 6, 8, 10, 12 Bar. The results showed the process of pelletizing consumed more energy, compared to the pulverizing process. However, the combustion efficiency of the Eucalyptus bark pellet was higher than the pulverized one in the range of 7.67 to 25.16%. The conclusion of this research expressed that the used of Eucalyptus Bark pellet **gained** more combustion efficiency. The total thermal efficiency was increased.

Keywords: energy balance, Eucalyptus bark, biomass pellet, boiler, combustion efficiency

1. บทนำ

เปลือกไม้ยูคาลิปตัส เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ ทั้งนี้พบว่า เชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัส จากการพิจารณาศักยภาพด้านการรวบรวมได้ง่ายเนื่องจากกระบวนการผลิตไม้ยูคาลิปตัสสับ จะกระทำในลักษณะรวมศูนย์ จึงมีเศษเปลือกไม้ยูคาลิปตัสกองรวมกันอยู่ บริเวณโรงงานไม้สับ ทั้งนี้พบว่า มีเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่ยังคงเหลือ 680,000 ตันต่อปี และยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ [1] แสดงให้เห็นถึงการมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล อย่างไรก็ตามการนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มาใช้เชื้อเพลิงชีวมวลนั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสด้วย จาก ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส พบว่าเปลือกไม้ยูคาลิปตัส มีความชื้นสูงและความหนาแน่นต่ำ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการใช้งาน ตลอดจนมีต้นทุนในการขนส่งค่อนข้างสูง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

Parameter	Value
Physical Properties	
Size (mm.)	50 - 200
Bulk density (kg/m ³)	118 - 228
%MC (As Received)	61.9
Proximate Value	
%VM	79.90
%Ash	6.39
%FC	13.71
HHV (MJ/kg)	17.78
Ultimate Value	
%C	45.4
%H	5.66
%N	0.33
%S	0.11
%O	48.5

ที่มา : [3]

จากคุณสมบัติของเปลือกไม้ยูคาลิปตัส คือ ความชื้นสูง ความหนาแน่นต่ำ ตลอดจนมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จึงจำเป็นต้องทำการแปรรูปเปลือกไม้ยูคาลิปตัสให้เหมาะสมในการเป็นเชื้อเพลิงที่พร้อมใช้งานได้ โดยกระบวนการที่นำมาใช้ในการแปรรูป ที่นิยมใช้คือ การสับย่อยลดขนาด การอบแห้งลดความชื้น และการอัดเม็ด เพื่อปรับสภาพเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ให้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ ความชื้นต่ำ และ ความหนาแน่นสูงขึ้น ตามลำดับ [1] [2] [3] [5]

อย่างไรก็ดี ในกระบวนการแปรรูปเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปใช้นั้น จะต้องใช้พลังงานทั้งพลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้าในการแปรรูป ทำให้ผู้ประกอบการไม่มั่นใจถึงผลตอบแทนที่ได้รับต่อพลังงานที่ใช้ไป ตลอดจนยังมิข้อมูลงานวิจัยในด้านสมดุลพลังงานของกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอยู่น้อยมาก

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมดุลพลังงานในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัส สำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ โดยทำการวิเคราะห์หาพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงสองแบบ คือแบบสับย่อยและแบบอัดเม็ด ที่มีผลถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ เพื่อที่จะนำข้อมูลมาพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 เปลือกไม้ยูคาลิปตัสฝอย

เปลือกไม้ยูคาลิปตัสมีความชื้น 50-60% ความหนาแน่น 78 -110 kg/m³ ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 1



รูปที่ 1 เปลือกไม้ยูคาลิปตัสฝอยสด

2.1.2 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Flash Dryer)

เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Flash Dryer) ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเครื่องอบแห้งต้นแบบที่พัฒนาโดยศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ความร้อนจากเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาด 500 kg_{ไอน้ำ}/hr อัตราการไหลอากาศ 0.43 m³/s



รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

2.1.3 เครื่องกำเนิดไอน้ำ

เครื่องกำเนิดไอน้ำที่ใช้ขนาดการผลิต 500 kg_{ไอน้ำ}/hr แรงดันสูงสุด 22 บาร์ เป็นหม้อต้มแบบท่อน้ำ เตาเผาแบบตะแกรงแบบเพลาดัน ใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวล มีระบบป้อนเชื้อเพลิงและอากาศส่วนเกินแบบอัตโนมัติโดยสัมพันธ์กับควบคุมอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ ระบบควบคุมน้ำป้อนแบบอัตโนมัติ และมีระบบควบคุมความปลอดภัยอัตโนมัติ ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 3

รูปที่ 3 เครื่องผลิตไอน้ำขนาดการผลิต 500 kg_{ไอน้ำ}/hr

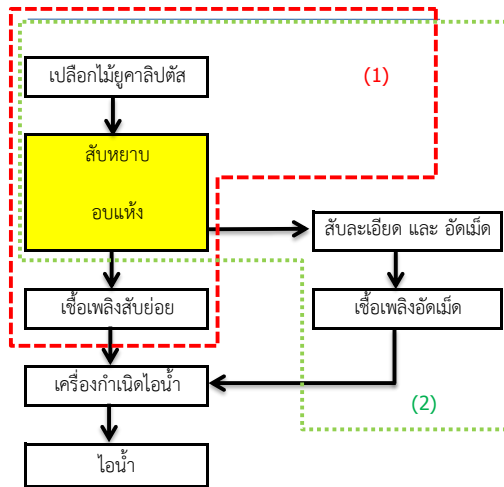
2.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรก จะเป็นการศึกษาพลังงานที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ส่วนที่สอง จะเป็นการประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการผลิตไอน้ำของเชื้อเพลิงทั้งสองแบบ

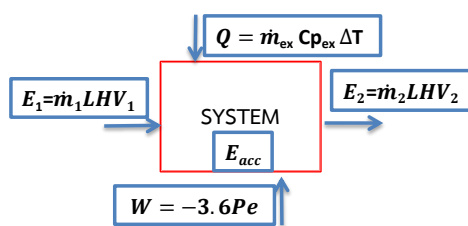
2.2.1 สมดุลพลังงานในการเตรียมเชื้อเพลิง

สมดุลพลังงานในการเตรียมเชื้อเพลิงมี 2 แบบคือแบบสับย่อยและ แบบอัดเม็ดโดยขั้นตอนกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงทั้งสอง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 130 องศาเซลเซียส [2] โดยขั้นตอนการเตรียม แสดงดังรูปที่ 4 หลังจากนั้นทำการสมดุลพลังงานของกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสทั้งสองแบบ ที่อัตราการป้อนวัตถุดิบ 300, 480 และ 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พิจารณาตามกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์ ดังแสดงในรูปที่ 5 และตามสมการที่ (1) โดยการเก็บข้อมูล (W) คืองานที่ให้กับระบบหรือปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร(จะมีค่าติดลบ) ส่วน (Q) คือพลังงานความร้อนที่ให้กับระบบ หรือความร้อนที่ได้จากปล่องไอเสียของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ตรวจวัดพลังงานความร้อนของแก๊สไอเสีย โดยวัดองค์ประกอบของแก๊สไอเสียด้วยเครื่อง Testo-350 XL สำหรับ (E_1 และ E_2) คือ ค่าพลังงานของเชื้อเพลิงเข้าและออกจากระบบ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D2015 จากนั้นแสดงผลออกมาในรูปของพลังงาน

สะสมของระบบเตรียมเชื้อเพลิง (E_{acc}) โดยตำแหน่งในการเก็บค่ามาวิเคราะห์สมดุลพลังงาน ดังแสดงใน รูปที่ 6



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบสับย่อยและแบบอัดเม็ด



รูปที่ 5 แสดงสมดุลพลังงานเข้าและออกจากระบบเตรียมเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัส

$$E_{acc} = E_1 - E_2 + Q - W \quad (1)$$

โดยที่

E_{acc} คือ พลังงานสะสมของระบบเตรียมเชื้อเพลิง, (MJ)

E_1 คือ พลังงานของเชื้อเพลิงก่อนเข้าระบบ, (MJ)

E_2 คือ พลังงานของเชื้อเพลิงออกจากระบบ, (MJ)

Q คือ พลังงานความร้อนที่ให้กับระบบ, (MJ)

W คือ งานที่ให้กับระบบ, (MJ)

$\dot{m}_1$ คือ อัตราการป้อนเชื้อเพลิงเข้าระบบ, (kg/hr)

$\dot{m}_2$ คือ อัตราเชื้อเพลิงที่ออกจากระบบ, (kg/hr)

$\dot{m}_{ex}$ คือ อัตราการไหลของอากาศร้อน, (m³/s)

LHV_1 คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบสับย่อย, (kJ/kg)

LHV_2 คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบอัดเม็ด, (kJ/kg)

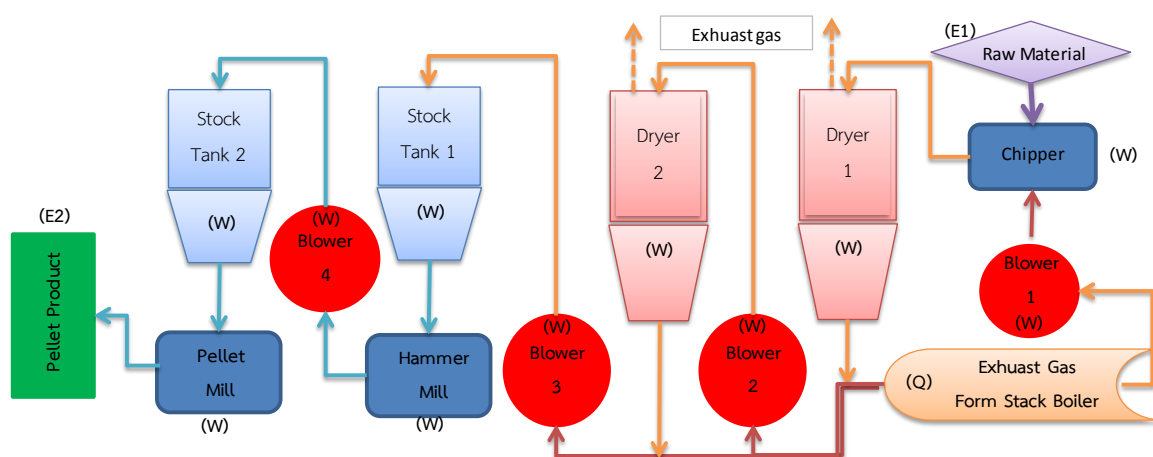
Cp_{ex} คือ ค่าความจุความร้อนของไอเสีย, (kJ/kg °C)
เท่ากับ 1.12 kJ/kg °C

Pe คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเตรียมเชื้อเพลิง, (kWh)

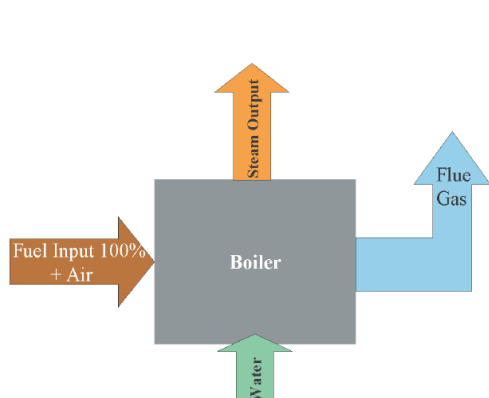
2.2.2 การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบกับเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำ เตาเผาชนิดตะกรับ ขนาด 500 กิโลกรัมไอน้ำ/ชั่วโมง โดยทำการทดสอบกับเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบสับย่อย และแบบอัดเม็ด โดยประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการทดสอบตามมาตรฐาน อ้างอิงตามมาตรฐาน ASME PTC-4-1 Power Test Code for Steam Generating Direct Method (also called as Input-output Method) ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 7

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับโดยวัดค่าอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับปริมาณความร้อนที่ได้รับจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงรวมกับพลังงานที่ใช้ในการเตรียมเชื้อเพลิงทั้งสองแบบ ซึ่งหาได้จากเวลาจากการต้มน้ำ อัตราการผลิตไอน้ำและอัตราการใช้เชื้อเพลิง แล้วนำมาคำนวณหาตามสมการ (2) พารามิเตอร์ที่ควบคุมและตรวจวัดในกระบวนการทดสอบการประเมินประสิทธิภาพเชิงความร้อน แสดงไว้ใน รูปที่ 8



รูปที่ 6 แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยุคาลิปตัส



รูปที่ 7 แสดง Input-output method [4]

การหาประสิทธิภาพรวมของ Boiler (Overall Boiler Efficiency %)

$$\eta_{\text{Overall_boiler}} = \frac{\dot{m}_{\text{water}}(h_{\text{steam}} - h_{\text{water}})}{\dot{m}_{\text{fuel}} \times (LHV_{\text{fuel}} + Q_{\text{pro}})} \quad (2)$$

โดยที่

$\dot{m}_{water}$ คือ อัตราการผลิตไอน้ำ (kg/h)

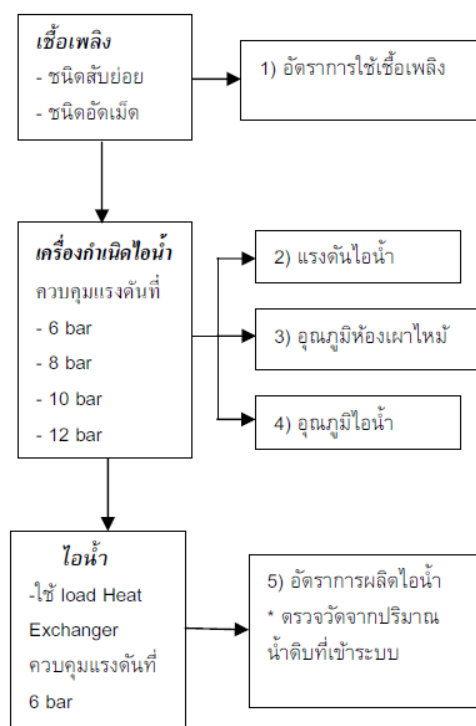
$\dot{m}_{fuel}$ คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/h)

h_{water} คือ เอนทาลปีของน้ำที่ป้อน (kJ/kg)

h_{Stream} คือ เอนทาลปีของไอน้ำ (kJ/kg)

LHV_{fuel} คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)

Q_{pro} คือ ค่าพลังงานในการเตรียมเชื้อเพลิง (kJ/kg)



รูปที่ 8 แสดงรายการพารามิเตอร์ที่ควบคุมและตรวจวัด
ในกระบวนการทดสอบการประเมินประสิทธิภาพเชิง
ความร้อน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าพลังงานสะสมในระบบเตรียมเชื้อเพลิง (E_{acc}) แบบสับย่อยอย่างเดียวจะมีค่าพลังงานสะสมเฉลี่ย 517.22 MJ ซึ่งน้อยกว่าแบบอัดแท่ง ซึ่งมีพลังงานสะสมเฉลี่ย 1,669.1 MJ ซึ่งสูงกว่าการสับย่อยเพียงอย่างเดียวถึง 1,151.88 MJ รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 1

จาก ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์พลังงานสะสมของระบบเตรียมเชื้อเพลิงหรืออีกนัยว่า เป็นเปอร์เซ็นต์พลังงานที่สูญเสียไปในกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิง ที่อัตราการป้อนเชื้อเพลิงต่างๆ โดยเปรียบเทียบค่าพลังงานที่สะสมอยู่ในระบบมาเปรียบเทียบกับค่าพลังงานของเชื้อเพลิงก่อนการเตรียม พบว่า การเตรียมเชื้อเพลิงแบบสับย่อยอย่างเดียว จะมีการสูญเสียพลังงานให้กับระบบ 8.93-16.85% ส่วนการเตรียมเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดมีการสูญเสียพลังงานให้กับระบบ 34.88-40.72% และอัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่สูงกว่าจะมีแนวโน้มในการสูญเสียพลังงานในระบบน้อยกว่าอัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่ต่ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10

อย่างไรก็ดีการเตรียมเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดจะมีอัตราการสะสมพลังงานของระบบสูงหรือการสูญเสียพลังงานให้กับระบบสูงกว่าการสับย่อยอย่างเดียว แต่การแปรรูปด้วยการอัดเม็ดจะเพิ่มค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสมากขึ้น 6 เท่า ทำให้ความหนาแน่นพลังงานของเชื้อเพลิงดังกล่าวมีมากกว่า 6 เท่าเป็นอย่างน้อย[1] ซึ่งค่าดังกล่าวน่าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการผลิตความร้อนได้ดีของเชื้อเพลิงนั้นๆ อีกด้วย ดังแสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 1



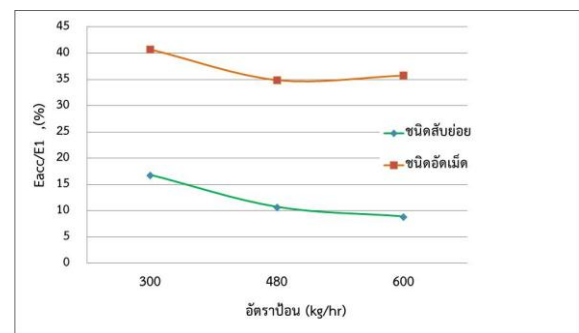
รูปที่ 9 เปลือกไม้ยูคาลิปตัสแห้งสับละเอียดและแบบอัดเม็ด

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการใช้พลังงานในการแปรรูปเชื้อเพลิงแบบต่างๆ

แบบ	อัตราป้อน (kg/hr)	E_1 (MJ)	E_2 (MJ)	Q (MJ)	W (MJ)	E_{acc} (MJ)	E_{acc} (AVG)
สับย่อย	300	2,929.77	2,780.80	165.45	-179.32	493.74	517.22
	480	4,832.65	4,650.20	157.1	-179.89	519.44	
	600	6,027.45	5,827.43	157.49	-180.96	538.47	
อัดเม็ด	300	2,949.80	2,196.24	166.38	-281.22	1,201.16	1,669.10
	480	4,763.19	3,540.65	157.3	-281.79	1,661.63	
	600	5,999.78	4,296.02	157.88	-282.86	2,144.51	

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์การพลังงานสะสมของระบบเตรียมเชื้อเพลิง

แบบ	อัตราป้อน (kg/hr)	E_{acc}/E_1 (%)
สับย่อย	300	16.85
	480	10.75
	600	8.93
อัดเม็ด	300	40.72
	480	34.88
	600	35.74



รูปที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์พลังงานสะสมของระบบเตรียมเชื้อเพลิง ที่อัตราป้อนเชื้อเพลิงต่างๆ

จากนั้นได้นำเชื้อเพลิงทั้งสองแบบมาทดสอบเป็นเชื้อเพลิงในหม้อผลิตไอน้ำที่แรงดันไอน้ำ 6, 8, 10 และ 12 บาร์ พบว่าเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดจะใช้พลังงาน 993.44-1,650.23 MJ แบบสับย่อยใช้พลังงาน 1,354.82-5,140.64 MJ ซึ่งแบบอัดเม็ดใช้พลังงานน้อยกว่าแบบสับย่อย 361.38-3,490.41 MJ ในการผลิตไอน้ำให้แรงดันเท่ากันดังแสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 2 และแสดงไว้ใน รูปที่ 11 และ รูปที่ 12 จึงส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไอน้ำของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบอัดเม็ดสูงกว่าแบบสับย่อย 7.67-25.16% ซึ่งมีประสิทธิภาพ 36.52-45.52% ดังแสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 2 และแสดงไว้ใน รูปที่ 13 และ รูปที่ 14

โดยมีสาเหตุเนื่องจากหลายสาเหตุ คือ

1) การลำเลียงเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบสับจะมีน้ำหนักเบา ทำให้เชื้อเพลิงฯ เข้าสู่ชุดป้อนไม่ต่อเนื่อง บางช่วงมากเกินไป บางช่วงน้อยเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบอัดเม็ด

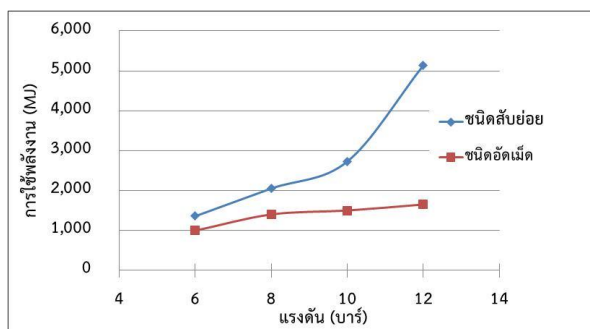
2) การร่วผ่านตะแกรบของชุดป้อนเชื้อเพลิงเนื่องจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัสแบบสับจะมีขนาดเล็กบางชิ้นเป็นผง และมีขนาดเล็กจึงทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด รวมถึงการหลุดปลิวไปในปล่องไอเสียเนื่องจากแรงของพัดลมอีกด้วย [6] [7]

3) ระบบการป้อนเชื้อเพลิงของหม้อต้มไอน้ำเป็นลักษณะเป็น Volumetric Feeder จากการเคลื่อนที่ของ Stoker ดังนั้น การที่มีเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นพลังงานสูงๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพของหม้อต้มไอน้ำสูงขึ้นด้วย

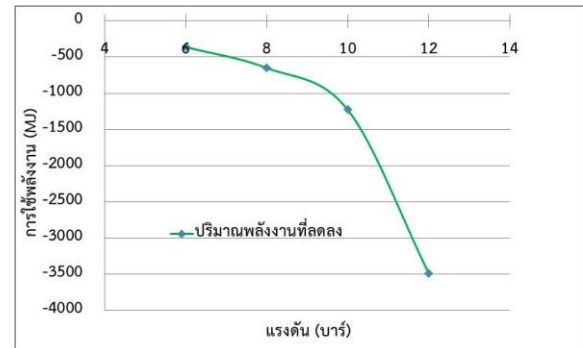
จากข้อมูลขั้นต้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ญัฐ วรยศ และคณะ.(2551). ได้ทดสอบเครื่องกำเนิดไอน้ำชนิดท่อไอน้ำ ขนาด 500 kg_{ไอน้ำ}/hr โดยใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ไม้กระถินยักษ์ตัดเป็นท่อนยาว 5 เซนติเมตร) พบว่า ที่การผลิตไอน้ำที่ 14-16 บาร์ มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 56.13 % และที่การผลิตไอน้ำที่ 16-18 บาร์ มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 58.03 % ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 2 จะพบว่าเชื้อเพลิงเปลือกไม้อัดเม็ดมีแนวโน้มมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกับไม้กระถินยักษ์ท่อน

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพและการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำที่ความดันต่างๆของเชื้อเพลิงเปลือกไม้สับและอัดเม็ด

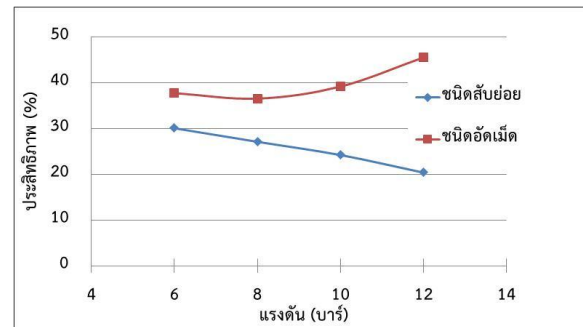
ประสิทธิภาพ (%)	ชนิดเชื้อเพลิง	แรงดัน (บาร์)			
		6	8	10	12
ประสิทธิภาพ (%)	ชนิดสับย่อย	30.05	27.09	24.2	20.36
	ชนิดอัดเม็ด	37.73	36.52	39.15	45.52
	เพิ่มขึ้น	7.68	9.43	14.95	25.16
	เพิ่มเติม				
การใช้พลังงาน (MJ)	ชนิดสับย่อย	1,354.82	2,049.85	2,727.74	5,140.64
	ชนิดอัดเม็ด	993.44	1,399.48	1,498.41	1,650.23
	ลดลง	-361.38	-650.37	-1,229.33	-3,490.41
	เพิ่มเติม				



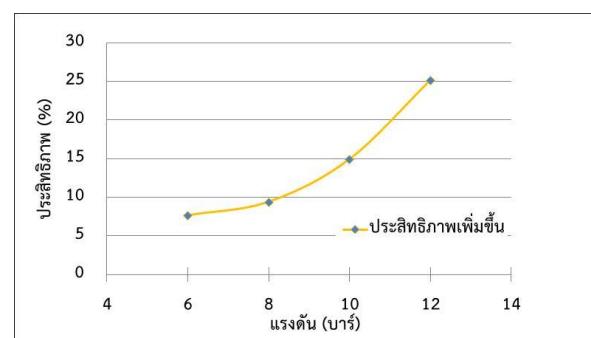
รูปที่ 11 แสดงปริมาณการใช้พลังงาน ที่แรงดันไอน้ำระดับต่างๆ ของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสทั้งสอง



รูปที่ 12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานลดลง ที่แรงดันไอน้ำระดับต่างๆ ของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสทั้งสอง



รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและแรงดันของไอน้ำ ของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยูคาลิปตัสทั้งสองชนิด



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น และแรงดันของไอน้ำ

4. สรุปผลการทดลอง

จากการเตรียมเชื้อเพลิงเปลือกไม้ทั้งสองแบบ คือแบบสับย่อยและแบบอัดเม็ด เพื่อศึกษาการใช้พลังงานในการเตรียมเชื้อเพลิงพบว่า เชื้อเพลิงเปลือกไม้

ยุคาลิปตัสแบบอัดเม็ดจะมีพลังงานสะสมหรือพลังงานที่สูญเสียให้กับระบบเตรียมเชื้อเพลิงสูงกว่าแบบสับย่อยเฉลี่ย 1,151.88 MJ และได้เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากกว่า ซึ่งการเตรียมเชื้อเพลิงแบบสับย่อยจะมีการสูญเสียพลังงานให้กับระบบ 8.93- 16.85% ส่วนการเตรียมเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดมีการสูญเสียพลังงานให้กับระบบ 34.88-40.72% และการทดสอบนำเชื้อเพลิงทั้งสองแบบมาทดสอบกับเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อน้ำขนาดกำลังผลิต 500 กิโลกรัมไอน้ำ/ชั่วโมง ที่แรงดันไอน้ำ 6, 8, 10 และ 12 บาร์ โดยผลการทดสอบ พบว่า ถ้าใช้เชื้อเพลิงเปลือกไม้อัดเม็ดแทนแบบสับย่อยจะทำให้ลดการใช้พลังงาน ได้ 361.38-3,490.41 MJ และทำให้เครื่องกำเนิดไอน้ำมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น 7.67-25.16% หรือสรุปได้ว่าถึงแม้การเตรียมเชื้อเพลิงแบบอัดเม็ดจะมีการสูญเสียพลังงานให้กับระบบมากกว่าแบบสับย่อยอย่างเดียวกแต่เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตไอน้ำสูงขึ้นและการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำลดลง

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานที่ให้ทุนสนับสนุน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กฤษกร รับสมบัติ, ธนธัช มุขพันธ์, สุภัทร หนูแย้ม และวีรชัยอาจหาญ (2555).การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเปลือกไม้ยุคาลิปตัสสำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำโดยการเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิง,การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่13, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
- [2] ธนธัช มุขพันธ์, กฤษกร รับสมบัติ, สุภัทร หนูแย้ม และวีรชัยอาจหาญ (2555).การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมในกระบวนการอบแห้งซีวมวล, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตร

แห่งประเทศไทย ครั้งที่13, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

- [3] วีรชัย อาจหาญ และคณะ.(2554). การเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงเปลือกไม้ยุคาลิปตัสสำหรับใช้เป็นพลังงานทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สนับสนุนงบประมาณวิจัยโดยสำนักนโยบายแผนและพลังงาน.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [4] Energy Performance Assessment for Equipment and Utility System.(2005). Bureau of Energy Efficiency, A Statutory Body Under Ministry of Power Government of India.
- [5] Vamvuka, D., and Zografos D., “Predicting the behavior of ash from agricultural wastes during combustion”, Fuel83 (2004) 2051-2057
- [6] กัญจนา บุญเกียรติ. (2544).เชื้อเพลิงและการเผาไหม้.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] จรัส จิรวินิตย์.(2553).หม้อไอน้ำ ฉบับใช้ในโรงงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [8] ณัฐ วรยศ และคณะ.(2551).รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, หน้า 6-38