

การศึกษาอัตราการผลิตก๊าซชีวมวลในเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็ก

STUDYING PRODUCE RATE OF BIOMASS GAS FROM COMMUNITY GASIFIER

สรรพสิทธิ์ ชลพันธ์*

*Sanphasit Chonlaphan**

สาขาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
Automotive Engineering, Industrial Technology faculty, Rajabhat Rajanagarindra University.

**Corresponding author, e-mail: sanphasit.cho@gmail.com*

Received: 2 June 2022; **Revised:** 11 January 2023; **Accepted:** 13 March 2023

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นนำไปสู่ปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะเป็นพิษมากมาย จึงมีความสนใจที่จะหาแหล่งพลังงานใหม่ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจเนื่องจากดีต่อสิ่งแวดล้อมไม่เพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ เพื่อนำชีวมวลไปใช้เป็นแหล่งพลังงานให้เกิดประสิทธิภาพ จำเป็นต้องแปรรูปชีวมวลด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อน กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสามารถแปรรูปชีวมวลอัดแท่งกลายเป็นก๊าซชีวมวลซึ่งมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีกว่าการนำชีวมวลไปเผาไหม้โดยตรง เพราะฉะนั้นการสร้างเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันใช้งานร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลจึงเป็นสิ่งจำเป็นและเพื่อให้การนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในชุมชนสามารถกระทำได้อย่างง่ายจึงควรมีการปรับเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันให้มีขนาดเล็กลง ทางผู้วิจัยจึงสนใจนำหลักการทำงานของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันชนิดดาวน์ดราฟซึ่งก๊าซชีวมวลที่ได้มีความสะอาดมาใช้ในการในสร้างเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็ก และศึกษาอัตราการผลิตก๊าซชีวมวลของเตาขนาดเล็กเพื่อศึกษาผลกระทบของการลดความจุของเตาปฏิกรณ์จากความจุ 66.15 ลิตร เป็น 1.96 ลิตร ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า อัตราการผลิตก๊าซชีวมวลของเตาปฏิกรณ์ขนาดเล็กมีค่าน้อยกว่า 7.14% และ 4.82% สำหรับชีวมวลไม้เบญจพรรณและเปลือกมะพร้าว ตามลำดับ

คำสำคัญ: เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชัน; ชีวมวล; ดาวน์ดราฟ

Abstract

Fossil fuel is one of the leading sources of air pollution. Present trend about energy is finding renewable source that not hurtful to the environment. Biomass is one of the renewable sources of energy that is now being given proper attention to since it does not increase carbon dioxide footprint in the environment. In order to use biomass effectively, it should be treated with a thermochemical process.

Biomass is transformed to biomass gas that has more combustion efficiency than using a normal combustion process. With this, the construction of a gasifier is the effective way to bring this technology to the community. But in order to make the community be comfortable in using a gasifier, it should be reduced in volumes from a lab scale to a small sized one like a stove gasifier. The purpose of this journal is to reduce the volume size of a gasifier and study how the reduction volume of a gasifier, from 66.15 liters to 1.96 liters, affect the production rate of biomass gas. From the results shown, the rate of the production of biomass gas from a small gasifier is reduced to 7.14% and 4.82% by using mixed wood and coconut shell respectively.

Keywords: Gasifer; Biomass; Down-Draft

บทนำ

ภาวะโลกร้อนนับเป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบัน ซึ่งกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวในการพยายามแก้ปัญหาด้านมลภาวะ ดังนั้นการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและหาแหล่งพลังงานทางเลือกจึงเป็นสิ่งจำเป็นและได้รับความสนใจอย่างมาก [1] แม้เชื้อเพลิงฟอสซิลนั้นจะเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถหาได้อย่างสะดวกและมีความต้องการสูง แต่มีปริมาณจำกัดและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื่องจากกระบวนการในการเกิดเชื้อเพลิงฟอสซิลต้องผ่านการย่อยสลายมานานนับล้านปีเพื่อสร้างขึ้นมาทดแทน ชีวมวลจากพืชหรือขยะซึ่งสามารถหาได้ง่ายจึงเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากดีต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ชีวมวลยังมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อบรรยากาศ [2-3]

ชีวมวล คือ อินทรีย์วัตถุซึ่งได้มาจากพืชหรือสัตว์ที่มีชีวิตหรือเคยมีชีวิตมาก่อน ไม่ใช่ฟอสซิลหรืออินทรีย์วัตถุซึ่งผ่านย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ รวมถึงผลผลิตของเหลือจากการเกษตร การป่าไม้ และอุตสาหกรรม [4-6] โดยทั่วไปแล้วแหล่งของชีวมวล ประกอบด้วย แหล่งการเกษตร แหล่งการป่าไม้ แหล่งเทศบาล แหล่งกลุ่มพืชพลังงาน และแหล่งชีววิทยา ชีวมวลประเภทพืชเจริญเติบโตด้วยการสังเคราะห์แสง โดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศไปใช้ เมื่อเผาชีวมวลมันจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น เพราะฉะนั้นการเผาชีวมวลจึงไม่เป็นการเพิ่มระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโลก นอกจากนี้ชีวมวลยังสามารถนำไปใช้สร้างความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ผลิตเชื้อเพลิง ชีวมวลสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเฉพาะทางเคมีของชีวมวล คือ Lignocellulose, Sugar-derived และ Triglyceride โดยลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) เป็นชีวมวลที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงและสารเคมี เพราะจะทำให้ค่าความร้อนสูง (HHV) จึงมีการกักเก็บชีวมวลไว้รวมถึงการขนส่งชีวมวลไปตามแหล่งแปรรูปต่าง ๆ แต่ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของชีวมวล คือ มีความชื้นสูง มีความหนาแน่นรวมต่ำ (Low bulk density) ความหนาแน่นพลังงานต่ำ (Low energy density) รวมถึงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจะเกิดการเสื่อมสลายเนื่องจากจุลินทรีย์มีปริมาณออกซิเจนสูงและความหลากหลายของแหล่งที่มา จึงเป็นอุปสรรคอย่างมากต่อการกักเก็บและขนส่งชีวมวล กระบวนการขึ้นรูปอัดแท่งชีวมวลสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของชีวมวลให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความต้านทานการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ (Resistance to biological degradation) เพิ่มความไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) เพิ่มความหนาแน่นพลังงาน (Energy density) เพิ่มความสามารถในการบด (Grindability) ปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี ช่วยลดปัญหาและลดค่าใช้จ่ายในการกักเก็บและการขนส่งชีวมวล การแปรรูปชีวมวล

เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากสามารถแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและยังทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลพร้อมใช้งาน [7-9]

เพื่อให้การนำชีวมวลอัดแท่งไปใช้เป็นแหล่งพลังงานมีความเรียบง่ายและเข้าถึงชุมชน จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการนำชีวมวลไปใช้มีความสะดวกมากขึ้น เช่น การใช้เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันเปลี่ยนชีวมวลหรือขยะให้กลายเป็นเชื้อเพลิงก๊าซ จังหวัดฉะเชิงเทรามีการเพาะปลูกมะพร้าวอย่างแพร่หลายซึ่งการแปรรูปมะพร้าวนั้นก่อให้เกิดขยะจากเปลือกมะพร้าวเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งได้ ง่ายต่อการนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ในจังหวัดฉะเชิงเทราเชื้อเพลิงไม้เบญจพรรณสามารถหาซื้อได้โดยง่ายและมีราคาถูก ชีวมวลอัดแท่งทั้งสองชนิดสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงแอลพีจีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยสามารถใช้งานทั้งในระดับอุตสาหกรรมและชุมชน

แก๊สซิฟิเคชัน (gasification) เป็นกระบวนการเทอร์โมเคมีคอลที่มีวัตถุประสงค์คือ ต้องการให้ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการมีปริมาณของ ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ซึ่งส่วนผสมของก๊าซลักษณะนี้เรียกว่า ซิงก๊าซ (syngas) เป็นกระบวนการที่ใช้อุณหภูมิขณะดำเนินการสูงกว่าไพโรไลซิสและต้องการสภาวะบรรยากาศที่มีออกซิเจนบางส่วน [10-12] ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบฟลักซ์เบด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามทิศทางการไหลของของอากาศภายในเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชัน คือ ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบอัปดราฟท์ (updraft gasifier) และ ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบดาวน์ดราฟท์ (downdraft gasifier) ในการทดลองนี้จะใช้ระบบแก๊สซิฟิเคชันแบบดาวน์ดราฟท์ ซึ่งอากาศจะถูกป้อนเข้าสู่ระบบใกล้กับตำแหน่งการเกิดการสันดาป (combustion zone) ที่ตำแหน่งนี้จะมีการออกแบบให้เป็นคอขวด (throat) เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงเกิดเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง (hot zone) ทำให้ทั้งของแข็ง สารระเหย และน้ำมันดิน ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการไพโรไลซิสแตกตัวเปลี่ยนเป็นก๊าซเมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณดังกล่าว วิธีการนี้จะช่วยลดปัญหาสิ่งเจือปนในก๊าซ เช่น กรดระเหย (volatile acid compound) และน้ำมันดินที่เกิดขึ้นในระบบได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีกระบวนการที่กำจัดน้ำมันคาร์บอนในก๊าซได้ดี กระบวนการนี้จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการดัดแปลงเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันให้มีขนาดเล็กลงเหมาะแก่การใช้งานในระดับครัวเรือน ชุมชนสามารถนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในครัวเรือนได้โดยง่าย ก๊าซที่ได้มีความสะอาดมากขึ้น [3] เทคโนโลยีนี้สามารถนำไปใช้ในการประกอบอุตสาหกรรมขนาดครัวเรือนหรือใช้ในการหุงต้มทดแทนการใช้เตาแก๊สเดิมซึ่งใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี

ทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กโดยนำหลักการทำงานของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันชนิดดาวน์ดราฟท์มาประยุกต์ใช้ในการสร้างเตาปฏิกรณ์ดังกล่าวทำงานร่วมกับเชื้อเพลิงชีวมวลไม้เบญจพรรณและเปลือกมะพร้าวอัดแท่งซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามท้องถิ่นและแปรรูปจากขยะการเกษตร การวิจัยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซชีวมวลของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดร่วมกับเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็ก เพื่อรวบรวมข้อมูลอัตราการผลิตก๊าซชีวมวลของชีวมวลแต่ละชนิด เมื่อทำงานร่วมกับเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชัน และนำข้อมูลดังกล่าวไปกำหนดสภาวะการทำงานของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันเพื่อนำองค์ความรู้ถ่ายทอดสู่ชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันชนิดดาวนดราฟขนาดเล็ก
2. เพื่อศึกษาอัตราการผลิตก๊าซชีววมวลจากเชื้อเพลิงไม้เบญจพรรณ และเปลือกมะพร้าวอัดแท่งของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็ก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลองนี้คือเชื้อเพลิงชีวมวลเบญจพรรณและเปลือกมะพร้าวอัดแท่งซึ่งผ่านขั้นตอนการสับหยาบ สับละเอียดและขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ความยาว 30-40 มิลลิเมตร หลังจากทิ้งไว้ในที่โล่งแห้ง 24 ชั่วโมงแล้วจึงเก็บเชื้อเพลิงไว้ร่วมกับสารดูดความชื้น เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไปดังแสดงในภาพที่ 1, 2, 3, 4 และ 5



ภาพที่ 1 เครื่องสับหยาบ



ภาพที่ 2 เครื่องสับละเอียด



ภาพที่ 3 เครื่องขึ้นรูปชีวมวลอัดแท่ง



ภาพที่ 4 ไม้เบญจพรรณอัดแท่ง



ภาพที่ 5 เปลือกมะพร้าวอัดแท่ง

2. เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชัน

เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กถูกปรับมาจากเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันระดับห้องปฏิบัติการ การทำงานของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ หนึ่งเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชัน ทำหน้าที่ผลิตก๊าซชีวมวล สองอุปกรณ์บำบัดก๊าซ ทำหน้าที่ดักฝุ่น น้ำมันทาร์ และไอน้ำเพื่อให้ก๊าซที่ได้สะอาด

พร้อมใช้งาน สามหัวเผา ทำหน้าที่เผาเชื้อเพลิงก๊าซชีววมวลที่ผลิตจากเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันที่ผ่านการบำบัดด้วยองค์ประกอบที่สองแล้ว องค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน แสดงไว้ดังภาพที่ 6, 7, 8 และ 9

จากภาพที่ 6, 7, 8 และ 9 แสดงให้เห็นว่าเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานในครัวเรือนหรือธุรกิจร้านอาหาร โดยเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันและอุปกรณ์บำบัดก๊าซเป็นระบบที่ถูกนำมาประกอบดัดแปลงให้ใช้งานร่วมกับหัวเผาซึ่งทำงานร่วมกับก๊าซแอลพีจีกระป๋องซึ่งดังกล่าว เพื่อให้ระบบการผลิตก๊าซด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเตาก๊าซแอลพีจีกระป๋องขนาดเล็กตามท้องตลาดทั่วไปได้โดยง่าย

เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กถูกสร้างโดยใช้อัตราส่วนโครงสร้างเช่นเดียวกับเตาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการลดความจุของเตาจาก 66.15 ลิตร เหลือเพียง 1.96 ลิตรเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในระดับชุมชนได้โดยง่าย ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 6 เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชัน



ภาพที่ 7 อุปกรณ์บำบัดก๊าซชีววมวล



ภาพที่ 8 หัวเผา



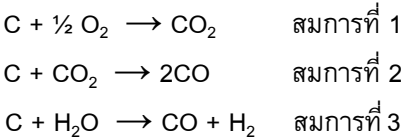
ภาพที่ 9 เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็ก

กลไกการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสาม คือ ภายในเตาปฏิกรณ์จะบรรจุชีวมวลตัวอย่างไว้จนเต็มเตาปฏิกรณ์ คิดเป็นน้ำหนัก 2 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อเปิดปั๊มลมและจุดเตาเริ่มกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน หลังจากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเริ่มแล้วก๊าซชีวมวลเข้าสู่อุปกรณ์บำบัดก๊าซเพื่อดักสารระเหย ผุ่ และน้ำมันาร์ เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง จะคายน้ำและสารระเหยออกมาจนกระทั่งผ่านไป 30-45 นาที เมื่อน้ำและสารระเหยหมดไป จึงทำการเปิดวาล์วให้ ก๊าซที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจึงถูกส่งเข้าสู่หัวเผาเพื่อนำไปใช้งานต่อไป กระบวนการนี้ได้แสดงไว้ ดังภาพที่ 10 ลักษณะการเคลื่อนตัวของก๊าซชีวมวลได้แสดงไว้ดังลูกศร



ภาพที่ 10 ลักษณะการทำงานของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันร่วมกับอุปกรณ์บำบัดก๊าซและหัวเผา

การทดลองเพื่อหาอัตราการผลิตก๊าซชีววมวล คือการหาระยะเวลาที่เตาปฏิกรณ์สามารถสร้างก๊าซชีววมวลได้ต่อเชื้อเพลิง 1 กิโลกรัม ซึ่งขึ้นกับคุณสมบัติเชื้อเพลิง (Fuel Properties) และคุณสมบัติเฉพาะของเตาปฏิกรณ์ (Reactor's Characteristic) [13-14] โดยจะเริ่มเก็บค่าเมื่อการทำงานของเตาเข้าสู่สภาวะที่เสถียร คือ เมื่อเตาปฏิกรณ์คายน้ำและสารระเหยจนเสร็จแล้ว ก๊าซชีววมวลที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน ประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งกระบวนการทางเคมีความร้อนอธิบายได้โดยปฏิกิริยาเคมี ดังแสดงในสมการที่ 1, สมการที่ 2 และสมการที่ 3



3. วิธีการทดลอง

การทดลองเริ่มจากการชั่งน้ำหนักชีววมวลบรรจุลงเตาเป็นน้ำหนัก 2 กิโลกรัม เริ่มจุดไฟในส่วนทำการเผาไหม้และอุ่นเตาปฏิกรณ์เป็นเวลาประมาณ 45 นาที โดยใช้อัตราการไหลของอากาศ 1.01 m³/min จนกระทั่งไอน้ำและสารระเหยจากการอุ่นเตาหมดไปจึงเริ่มการจับเวลาการผลิตก๊าซชีววมวลของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด จนกระทั่งกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสิ้นสุดลงแล้วจึงนำระยะเวลาที่เก็บข้อมูลได้มาเทียบกับน้ำหนักเชื้อเพลิงเพื่อหาค่าอัตราการผลิตก๊าซต่อไป

ตารางที่ 1 สภาวะการทดลอง

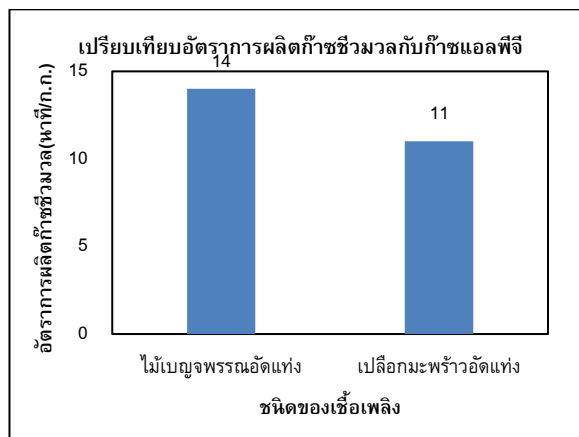
ชีววมวล	อัตราการไหล (m ³ /min)
ไม้เบญจพรรณ	1.01
เปลือกมะพร้าว	1.01

ผลการวิจัย

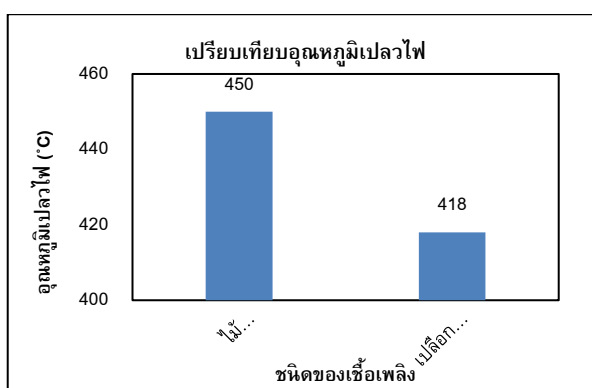
จากผลการทดลองทดสอบเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันร่วมกับเชื้อเพลิงเปลือกมะพร้าวและไม้เบญจพรรณอัดแท่ง ภายใต้กระบวนการทดลองเมื่อกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสิ้นสุดลงและชีววมวลอัดแท่งภายในเตาปฏิกรณ์ไหม้จนหมด พบว่าเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กสามารถทำงานได้อย่างเสถียรเมื่อใช้งานร่วมกับเชื้อเพลิงชีววมวลไม้เบญจพรรณและเปลือกมะพร้าวอัดแท่ง เมื่อตรวจสอบเชื้อเพลิงภายในเตาปฏิกรณ์หลังจบกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน พบว่าเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้จนหมดแสดงให้เห็นว่ากระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสามารถดำเนินไปได้จนจบกระบวนการโดยสมบูรณ์ เพราะฉะนั้นเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กจึงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยชีววมวลน้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีอัตราการผลิตก๊าซชีววมวล 14 นาที สำหรับชีววมวลไม้เบญจพรรณอัดแท่ง และ 11 นาที สำหรับชีววมวลเปลือกมะพร้าวอัดแท่ง ดังแสดงในภาพที่ 11 เนื่องมาจากไม้เบญจพรรณเป็นชีววมวลซึ่งประกอบไปด้วยไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน 5 ชนิด ล้วนแต่เป็นชีววมวลประเภทไม้ (Woody Biomasses) มีค่าความหนาแน่นบัลค์สูง เมื่อเทียบกับเปลือกมะพร้าวซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับชีววมวลประเภทพืชลำต้นอ่อน (Herbaceous Biomasses) [4, 15-16] จึงเป็นผลให้สามารถผลิตก๊าซชีววมวลได้มากกว่าเปลือกมะพร้าวในปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน และเนื่องจากชีววมวลประเภทไม้มีค่าพลังงานความร้อนมากกว่าชีววมวลประเภทพืชลำต้นอ่อน จึงส่งผลให้อุณหภูมิเปลวไฟของเชื้อเพลิงไม้เบญจพรรณอัดแท่งมีค่า

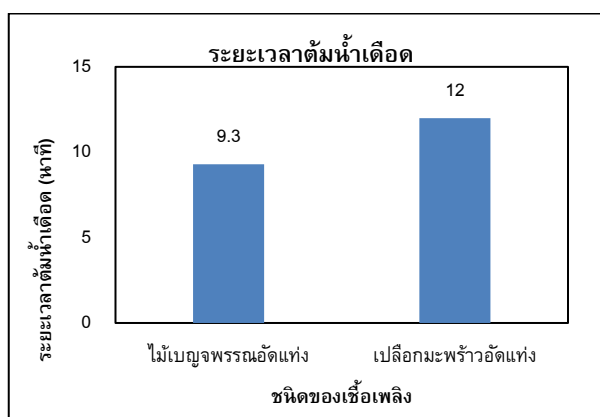
มากกว่าเชื้อเพลิงเปลือกมะพร้าวอัดแท่ง [17-18] ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบช่วงเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำเดือดก็ให้ผลที่ตรงกันคือ เชื้อเพลิงไม้เบญจพรรณอัดแท่งใช้เวลาในการต้มน้ำจนเดือดน้อยกว่าเชื้อเพลิงเปลือกมะพร้าวอัดแท่ง ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13 ตามลำดับ



ภาพที่ 11 อัตราการผลิตก๊าซชีววมวล



ภาพที่ 12 อุณหภูมิเปลวไฟ



ภาพที่ 13 ระยะเวลาต้มน้ำเดือด

เมื่อนำผลการทดลองอัตราการผลิตก๊าซชีววมวลของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กขนาด 1.96 ลิตร เทียบกับอัตราการผลิตจากเตาปฏิกรณ์ระดับห้องปฏิบัติการขนาด 66.15 ลิตร ซึ่งมีอัตราการผลิต 14.28 และ 11.53 นาที่/กิโลกรัม สำหรับเชื้อเพลิงไม้เบญจพรรณอัดแท่งและเปลือกมะพร้าวอัดแท่งตามลำดับ [19] พบว่าอัตราการผลิตก๊าซชีววมวลของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กมีค่าน้อยกว่าเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันระดับห้องปฏิบัติการ 7.14% และ 4.82% สำหรับชีววมวลไม้เบญจพรรณ และเปลือกมะพร้าว ตามลำดับ จึงนับได้ว่า การปรับลดขนาดความจุเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันลงนั้นมีผลกระทบต่ออัตราการผลิตก๊าซชีววมวลเพียงเล็กน้อย และสามารถนำเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กไปใช้งานทดแทนเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีกระป๋องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้เตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กโดยใช้เชื้อเพลิงชีววมวลไม้เบญจพรรณอัดแท่งและเปลือกมะพร้าวอัดแท่งกับการใช้เชื้อเพลิง LPG กระป๋อง โดยใช้หัวเผาชนิดเดียวกัน โดยการเก็บข้อมูลจากร้านอาหารซึ่งใช้งานวันเตาแก๊สแอลพีจีกระป๋องเฉลี่ย 10 ชั่วโมง/วัน พบว่าเตาแก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กสามารถคืนทุนและทำกำไรได้ภายในเดือนแรกที่เริ่มใช้งานเนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำและค่าเชื้อเพลิงราคาต่ำกว่าแอลพีจีมากถึงแม้จะมีพลังงานเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าใช้จ่ายของเตาแก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็ก

เชื้อเพลิง	ราคาอุปกรณ์	เชื้อเพลิง/เดือน	กำไร/บาท
ไม้เบญจพรรณ	1,415	3,214.5	13,880.5
เปลือกมะพร้าว	1,415	3,270	13,825
LPG	240	18,000	-

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า เตาแก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชันสามารถดำเนินไปได้โดยสมบูรณ์และมีความเสถียร

อัตราการผลิตก๊าซชีววมวลของเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กต่ำกว่าเตาปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชันระดับห้องปฏิบัติการขนาด 66.15 ลิตร เพียงเล็กน้อย คือ 7.14% และ 4.82% สำหรับชีววมวลไม้เบญจพรรณ และเปลือกมะพร้าว ตามลำดับ

เตาแก๊สซิฟิเคชันขนาดเล็กมีอัตราการผลิตก๊าซชีววมวล 14 นาที่/กิโลกรัม และ 11 นาที่/กิโลกรัม อุณหภูมิเปลวไฟ 450 C° และ 418 C° ก๊าซชีววมวลจากกระบวนการสามารถต้มน้ำเดือดได้โดยใช้เวลา 9.3 นาที และ 12 นาที สำหรับชีววมวลไม้เบญจพรรณและเปลือกมะพร้าว ตามลำดับ

การลดขนาดของเตาแก๊สซิฟิเคชันระดับห้องปฏิบัติการ เป็นขนาดเล็กโดยมีความจุเพียง 1.96 ลิตร เตาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถผลิตก๊าซชีววมวลได้ซึ่งปริมาณที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีววมวล จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สซิฟิเคชันลงจมนั้นขนาดเล็กนั้นส่งผลกระทบต่ออัตราการผลิตก๊าซชีววมวลเพียงเล็กน้อย เทคโนโลยีนี้จึงสามารถนำไปใช้ถ่ายทอดสู่ชุมชนหรือสถานประกอบการขนาดเล็กเพื่อช่วยลดต้นทุนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2563 จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์นครินทร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลยานยนต์ สำหรับโอกาสในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Demirbas, A. (2009). *Biofuels*. Springer: London, UK.
- [2] Holm, J. K., Henriksen, U. B., Hustad, J. E., and Sørensen, L. H. (2006). Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production. *Energy and Fuels*, 20(6), 2686-2694.
- [3] UNFCCC. (2005). *Clarifications of definition of biomass and consideration of changes in carbon pools due to a CDM project activity*. EB-20, Appendix 8, July.
- [4] Basu, P. (2018). *Biomass Gasification Pyrolysis and Torrefaction* (3th ed.). An imprint of Elsevier: NS, Canada.
- [5] Medic, D. (2012). *Investigation of torrefaction process parameter and characterization of torrefied biomass*. Iowa: Iowa state university.
- [6] Hugo, T. J. (2010). *Pyrolysis of sugarcane bagasse* [Unpublished master's thesis]. University of Stellenbosch.
- [7] Ciolkoze, D., and Wallace, R. (2011). A review of torrefaction for bioenergy feedstock production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5(3), 317-329.
- [8] Antal Jr. M.J., and Grønli, M. (2003). The art, science, and technology of charcoal production. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 42(8), 1619-1640.
- [9] Bell, M. J., and Worrall, F. (2011). Charcoal addition to soil in NE England: A carbon sink with environmental co-benefit?. *Sci. Total Environ*, 409, 1704-1714.
- [10] Neathery, J. K. (2010). Biomass gasification. In M. Croker (Ed.), *Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels and Chemical* (pp. 68-94). RSC Publishing: Cambridge. UK.
- [11] Sabpayasan, P., Thongbunchoo, J., Chaichana, T., Kongsune, P., and Kaew-On, J. (2018). Analysis of Producer Gas from Downdraft Gasifier by Using Coconut Shell as Fuel. *Thaksin University Journal*, 1(2), 61-68.
- [12] Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (2005). *Research and development of gasification burner in ceramic industry*. Science and Technology minister.
- [13] Graham, R. L. (1994). An analysis of the potential land base for energy crops in the conterminous United States. *Biomass and Bioenergy*, 6(3), 175-189.
- [14] Antal Jr. M. J., Allen, S. G., Dai, X., Shimizu, B., Tam, M. S., and Grønli, M. (2000). Attainment of the theoretical yield of carbon from biomass. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 39(11), 4024-4031.

- [15] Rousset, P., Figueiredo, C., De Souza, M., and Quirino, W. (2011). Pressure effect on the quality of eucalyptus wood charcoal for the steel industry: A statistical analysis approach. *Fuel Processing Technology*, 92(10), 1890-1897.
- [16] Mohan, D., Pittman Jr. C. U., and Steele, P. H. (2006). Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review. *Energy and Fuels*, 20(3), 848-889.
- [17] Prins, M. J., Ptasiński, K. J., and Janssen, F. J. J. G. (2006). More efficient biomass gasification via torrefaction. *Energy*, 31(15), 3458-3470.
- [18] Repellin, V., Govin, A., Rolland, M., and Guyonnet, R. (2010). Modelling anhydrous weight loss of wood chips during torrefaction in a pilot kiln. *Biomass and Bioenergy*, 34(5), 602-609.
- [19] Chonlaphan, S. (2020). *Application of Using Gasification Process with a Water Wheel for Conservation Environment and Self-Reliant as Sufficiency Economy*. Research funding of National Research Council of Thailand.