

ศักยภาพการผลิตแก๊สชีววมวลจากขี้เลื่อยแบบฉีดไอน้ำและฉีดอากาศ : กรณีศึกษาจังหวัดพัทลุง

Potential of Producer Gas Production from Sawdust by Using Steam Injection and Air Injection : A Case Study of Phatthalung Province

พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร^{1*}, จอมภพ แววศักดิ์², มารินา มะหนิ², กรพนา บัวเพชร³

ปีติ พานิชายุนนท์และ อุดร นามเสน⁴

Pongsak Jittabut^{1*}, Jompob Waewsak², Marina Mani², Pornpana Buaphet³,

Piti Panichayunon³ and Udon Namsan⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพทางพลังงานของขี้เลื่อยในจังหวัดพัทลุงและองค์ประกอบของแก๊สชีววมวลที่ได้จากการจำลองแบบและจากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผล ซึ่งแก๊สชีววมวลที่ได้จากกระบวนการผลิตแก๊สชีววมวลสามารถนำไปเดินเครื่องยนต์แก๊สได้โดยตรง สามารถนำแก๊สที่ได้ไปเป็นเชื้อเพลิงประกอบอาหาร และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล จากแผนที่ศักยภาพทางพลังงานของขี้เลื่อยในจังหวัดพัทลุงพบว่าอำเภอเมืองมีศักยภาพทางพลังงานของขี้เลื่อยสูงสุดประมาณ 97,667 ตัน/ปี รองลงมาได้แก่อำเภอควนขนุนประมาณ 79,975 ตัน/ปี และอำเภอเขาชัยสนประมาณ 7,169 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งระบบผลิตแก๊สชีววมวล เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งเชื้อเพลิงขี้เลื่อย ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของขี้เลื่อยมีค่าปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ 65.9% โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าเท่ากับ 15.6% และปริมาณเถ้า 1.5% ที่ค่าความชื้น 17.0% ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุของขี้เลื่อยมีคาร์บอน 46.4% ไฮโดรเจน 7.1% ออกซิเจน 44.8% ไนโตรเจน 0.33% ซัลเฟอร์ 0.03% ตามลำดับ สูตรทางเคมีของขี้เลื่อยคือ $CH_{1.83}O_{0.72}$ ผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบผลิตแก๊สชีววมวลแบบเครื่องยนต์ชนิดเบดหยดน้ำ พบว่าในกรณีที่ฉีดอากาศและกรณีที่ฉีดไอน้ำแก๊สชีววมวลมีองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 9-36%Vol. คาร์บอนไดออกไซด์ 0-21%Vol. มีเทน 1-4%Vol. และไฮโดรเจน 7-32%Vol. ค่าความร้อนสูงของแก๊สชีววมวลมีค่าอยู่ในช่วง 4.6-8.8 MJ/Nm³ และ ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สชีววมวลเท่ากับ 69-90% นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเปรียบเทียบโดยทำการทดลองเดินระบบผลิตแก๊สชีววมวลแบบเครื่องยนต์เบดหยดน้ำแปลงไฟไหลลง

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

³ อาจารย์ สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

⁴ อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 90000

* Corresponding author: โทร. 080-7065152 โทรสาร 074-693975 Email: pongsak_ey@hotmail.com

ในกรณีนี้คืออากาศและน้ำในในช่วงอุณหภูมิ 100-800°C โดยใช้เชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงพบว่าในกรณีที่ผลิตอากาศและกรณี
ที่ผลิตไอน้ำแก๊สชีววมวลจะมีองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 8-32%Vol. คาร์บอนไดออกไซด์ 9-22%Vol. มีเทน
2-4.6%Vol. และไฮโดรเจน 6-33%Vol. ค่าความร้อนสูงของแก๊สชีววมวลมีค่าอยู่ในช่วง 6.9-12.0 MJ/Nm³ โดยมีประสิทธิภาพ
ของระบบผลิตแก๊สชีววมวลเท่ากับ 64-75% ซึ่งทั้งสองกรณีสูงพอสำหรับการเดินเครื่องยนต์แก๊สเพื่อการผลิตไฟฟ้า

คำสำคัญ : แก๊สชีววมวล ค่าความร้อนสูง เชื้อเพลิง แก๊สชีววมวล ศักยภาพทางพลังงาน

Abstract

The main objective of this research is to study the energy potential of the sawdust and producer gas production by using steam and air injections. The energy potential map of sawdust revealed that Muang district was the highest potential sawdust resource approx 97,667 ton/year. The second was Khuankanon district approx 79,975 ton/year. In addition, Muang, Khao Chai Son and Khao Chai Son districts were the high potential sawdust resources approx 7,169 ton/year. Results by proximate analysis showed that the contents of compounds in sawdust are of follows; VM 65.9%, the FC was the same as 15.6% and AC 17.1% and 1.5% at the MC of 17.0% respectively. Results by ultimate analysis indicated that sawdust were composed of C 46.4%, H 7.1%, O 44.8%, N 0.12% and S 0.03% respectively corresponding to the chemical formula of sawdust was $CH_{1.83}O_{0.72}$. The simulation of a fixed bed gasifier was accomplished using the stationary model developed by S. A. Klien and F. L. Alvarado. Results showed that using the air as an agent, CO was 9-35%Vol., CO₂ was 0-21%Vol., CH₄ was 1-4%Vol., and H₂ was 7-31%Vol. The high heating value was in the range of 4.6-8.7 MJ/Nm³ and the gasification efficiency was 69-88%. While using the steam as agent, CO was 10-36%Vol., CO₂ was 0-21%Vol., CH₄ was 1-4%Vol., and H₂ was 9-32%Vol. The high heating value was in the range of 4.8-8.8 MJ/Nm³ and the gasification efficiency was 72-90%. And The composition and heating value of product gas operated with/without steam injection condition were investigated based on experimentation. The operating temperature varied in the range of 100-800°C. Experimental results showed that the gas composition was composed of CO approx 8-32%Vol., CO₂ approx 9-22%Vol., H₂ approx 6-33%, CH₄ approx 2-5%. The high heating value of product gas with/without steam injection was 6.9-8.6 MJ/Nm³ and 10.8-12 MJ/Nm³. The gasification efficiency was 64-75%. Finally, the use of either air or steam as an agent could produce the product gas which composed sufficient combustible gases for internal combustion engine in the power generation.

Keywords: Gasification, High Heating Value, Sawdust, Producer Gas, Energy Potential

คำนำ

จากการที่ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นรวมทั้งผลกระทบ
ทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งผลให้
การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้รับความนิยมสนใจ

เพิ่มขึ้นอย่างมากทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชน โดยภาคร
รัฐได้ตั้งเป้าหมายในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงาน
หมุนเวียนให้ได้ 20.3% จากปริมาณการผลิตพลังงาน
ไฟฟ้าภายในปี พ.ศ. 2565 [1] พลังงานจากชีววมวลเป็น

พลังงานหมุนเวียนอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพสูงในประเทศไทย [2] อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากชีวมวลผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันยังมีปัญหาอยู่บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการปริมาณน้ำมันดิน (Tar) [3] และความชื้นในชีวมวลซึ่งจะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการเลือกเทคโนโลยีของกระบวนการเปลี่ยนรูปชีวมวล ยกตัวอย่างเช่น ชีวมวลที่มีความชื้นสูงมักจะอาศัยกระบวนการหมักในการเปลี่ยนรูปพลังงาน สำหรับชีวมวลที่มีความชื้นต่ำมักจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน กระบวนการไพโรไลซิสหรือการเผาไหม้ เป็นต้น ชีวมวลซึ่งกำลังเป็นที่ได้รับความสนใจกันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงชีวมวลพวกชี้เลื้อย เนื่องจากมีศักยภาพและปริมาณแหล่งเชื้อเพลิงอยู่มากในประเทศไทย [4-7] จังหวัดพัทลุงเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีกิจกรรมทางด้านเกษตรกรรมค่อนข้างสูงและมีวิสัยทัศน์ที่จะมุ่งเน้นเป็นเมืองเกษตรกรรม จังหวัดพัทลุงยังเป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญแห่งหนึ่งในภาคใต้ [8] พืชที่สำคัญมีทั้งพืชสวน พืชไร่และพืชผัก ผลผลิตนอกจากจะใช้ในการบริโภคภายในจังหวัดแล้วยังส่งไปจำหน่ายยังจังหวัดใกล้เคียงอีกด้วย ทำให้การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นการใช้เพื่อเกษตรกรรมโดยมีการทำสวนยางพาราเป็นหลัก ดังนั้นจึงทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เศษไม้ยางพาราและชี้เลื้อยเป็นจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาศักยภาพทางพลังงานของชี้เลื้อยและการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันชนิดเบดหยุดนิ่งซึ่งเป็นระบบที่กำนัลน้ำมันดินได้ดี และค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถูกกว่าระบบอื่น รวมทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากเชื้อเพลิงชี้เลื้อยโดยใช้ไอน้ำและอากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยา

ในระบบแก๊สซิฟิเคชันชนิดเบดหยุดนิ่งโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบหยุดนิ่ง (Stationary Model) [9] และได้ทำการทดสอบเดินระบบโดยใช้ชี้เลื้อยเป็นเชื้อเพลิงเพื่อศึกษาอัตราส่วนสมมูล (Equivalent Ratio) และเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของระบบ และทำการวิเคราะห์หองค์ประกอบของแก๊สชีวมวล และท้ายสุดจะประเมินประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงานและประสิทธิภาพรวมของระบบเพื่อทำนายของค์ประกอบและความร้อนของแก๊สชีวมวลและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแก๊สก่อนนำไปเผาไหม้เพื่อนำไปใช้สำหรับเครื่องยนต์แก๊สและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1.1 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับศักยภาพทางพลังงานของชี้เลื้อยในจังหวัดพัทลุง ได้อาศัยข้อมูลปริมาณชี้เลื้อยเฉลี่ยต่อวัน (kg/day) จากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพัทลุงในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544-2551 (2001-2008) ซึ่งมีผู้ประกอบการโรงเลื่อยรวมกันทั้งสิ้น 53 รายในปี พ.ศ. 2551 โดยมีรายละเอียดของจำนวนผู้ประกอบการโรงเลื่อยแสดงดังตารางที่ 1

ในการหาผลผลิตของชี้เลื้อยรายปีได้ใช้ข้อมูลปริมาณชี้เลื้อยเฉลี่ยต่อวันแล้วนำมาคำนวณกับจำนวนวันทำการของโรงเลื่อยจะได้ปริมาณผลผลิตของชี้เลื้อยในหน่วยตันต่อปี หลังจากนั้นจึงนำไปคำนวณกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชี้เลื้อยที่ได้จากการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D2105 โดยชี้เลื้อยมีค่าความร้อนเท่ากับ 16,149 kJ/kg หลังจากนั้นจึงนำค่าผลผลิตทางพลังงานของชี้เลื้อยในหน่วยล้านจูล (GJ) ที่ได้มาทำการเทียบเท่ากับน้ำมันโดยใช้ตัวแปลง 1 ton oil equivalent (toe)

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ประกอบการโรงเลื่อยในจังหวัดพัทลุง

ปี พ.ศ.	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551
โรงเลื่อย	43	45	47	49	50	52	53	53

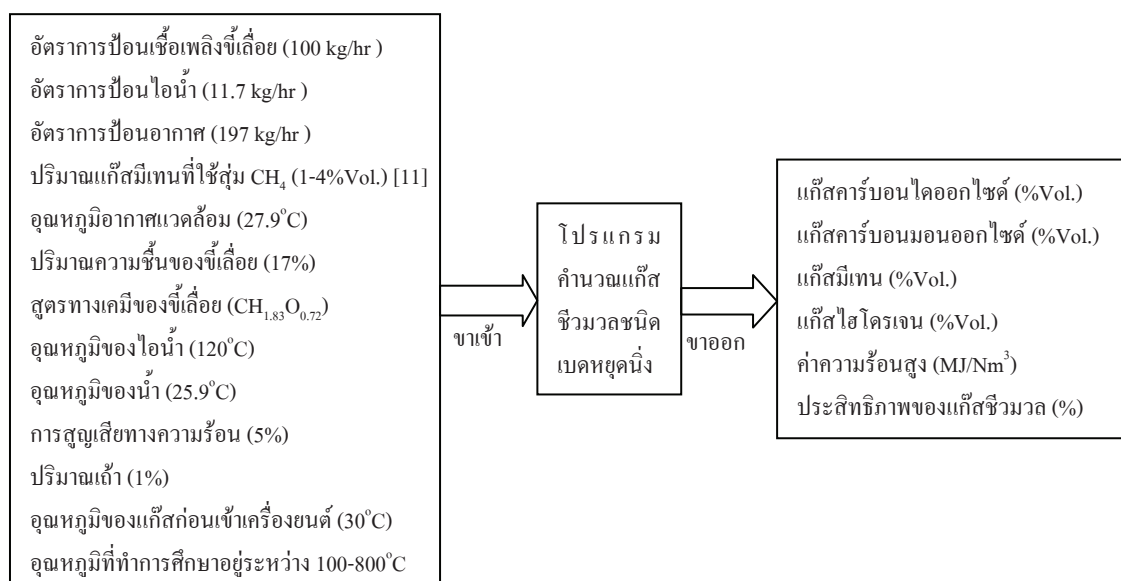
= 10,800 kcal/kg โดยที่ 1 cal = 4.184 J สำหรับปริมาณเทียบเท่าน้ำมันของชี้เลี้ยงแสดงอยู่ในรูปของกิโกลตันเทียบเท่าน้ำมัน (ktoe) [10] โดยในส่วนสุดท้ายได้ทำการสร้างแผนที่ปริมาณผลิตผล (Yield) และแผนที่ศักยภาพทางพลังงานของชี้เลี้ยง โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป Arc GIS 9.2

1.2 คุณลักษณะทางเชื้อเพลิงของชี้เลี้ยงในจังหวัดพัทลุง ซึ่งถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส (Gaseous Fuel) โดยผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) จะมีค่าความร้อนที่สูงกว่าการนำเชื้อเพลิงชีวมวลในรูปของแข็งไปเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) ดังนั้นการวิเคราะห์คุณลักษณะ (Characteristics) ของเชื้อเพลิงจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการออกแบบระบบแก๊สซิฟิเคชัน การวิเคราะห์และทดสอบเชื้อเพลิงแข็งสามารถทำได้โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งในที่นี้จะขอกกล่าวถึงแต่เฉพาะมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การวิเคราะห์ โดยประมาณ (Proximate Anaysis) ตามมาตรฐาน ASTM D3172 การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D3176

และการหาค่าความร้อน (Heating Value) ตามมาตรฐาน ASTM D2105

1.3 การจำลองแบบระบบผลิตแก๊สชีวมวล โดยใช้เงื่อนไขในการทดสอบ 2 เงื่อนไข คือ เคนเครื่องกำเนิดไอน้ำและไม่เคนเครื่องกำเนิดไอน้ำ ขาเข้าและขาออกพารามิเตอร์ของการจำลองแบบแสดงดังรูปที่ 1

1.4 การทดสอบระบบแก๊สซิฟิเคชันชนิดเบดหยุดนิ่งเปลวไฟไหลลงโดยใช้เงื่อนไขในการทดสอบ 2 เงื่อนไข คือ เคนเครื่องกำเนิดไอน้ำและไม่เคนเครื่องกำเนิดไอน้ำ โดยทำการจับเวลาสำหรับหาระยะเวลาที่ใช้ในการเริ่มเดินเครื่อง (start up time) จากนั้นทำการทดสอบส่วนประกอบของแก๊สชีวมวล โดยทำการวัดองค์ประกอบและปริมาณขององค์ประกอบของแก๊สแต่ละตัว (ppm) ที่ออกมาจากเตาแก๊สซิฟิเคชัน ไสโคลนสกรับเบอร์ชนิดเปียก ตัวกรองอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ดังต่อไปนี้ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สไนโตรเจน แก๊สไฮโดรเจน และแก๊สมีเทน จากนั้นทำการวัดอุณหภูมิบริเวณชั้นต่างๆ ได้แก่ ชั้นเผาไหม้ ชั้นรีดักชัน ชั้นไพโรไลซิส ชั้นการอบแห้ง เพื่อศึกษา



รูปที่ 1 การจำลองแบบโปรแกรม Stationary model พัฒนาโดย S. A. Klien และ F. L. Alvarado

โปรไฟล์ อุณหภูมิในเตาผลิตแก๊สชีววมวล ทำการคำนวณหา อัตราการบริโภคเชื้อเพลิง จากนั้นคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศสำหรับระบบแก๊สซิฟิเคชันของชี้เลี้ยง และทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบแก๊สซิฟิเคชัน สำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันจากชี้เลี้ยง

ผลการวิจัยและอภิปราย

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณพลังงานจากชี้เลี้ยง ในปี พ.ศ. 2546-2551 มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.244-2.245 TJ และมีค่าเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2544-2546 ประมาณ 0.0035 TJ ซึ่งปริมาณพลังงานดังกล่าวมีค่า เทียบเท่าน้ำมันประมาณ 49.66-49.69 ktoe แสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 3-4 และตารางที่ 2 แสดงแผนที่ผลิตผล ชี้เลี้ยงและศักยภาพทางพลังงานของชี้เลี้ยงในจังหวัด พัทลุง ปี พ.ศ. 2551 จากแผนที่พลังงานแสดงให้เห็น ว่าอำเภอเมืองมีศักยภาพทางพลังงานของชี้เลี้ยงมากที่สุด รองลงมาคือ อำเภอควนขนุน และอำเภอเขาชัยสน ตามลำดับ ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมใน การก่อสร้างหรือติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ ชีวมวลโดยอาจจะเป็นระบบแบบแยกศูนย์ (Decentralized) เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งเชื้อเพลิงชีววมวล

จากผลการวิเคราะห์โดยประมาณของชี้เลี้ยงมีค่า ปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ 65.9% โดยปริมาณคาร์บอน

คงตัวมีค่าเท่ากับที่ 15.6% และปริมาณเถ้า 1.5% ที่ค่า ความชื้น 17.0% ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์แบบ แยกธาตุแสดงให้เห็นว่าชี้เลี้ยงมีค่าคาร์บอน 46.4% ไฮโดรเจน 7.1% ออกซิเจน 44.8% ไนโตรเจน 0.33% ซัลเฟอร์ 0.03% ตามลำดับ นอกจากนี้ชี้เลี้ยงในจังหวัด พัทลุงมีค่าความร้อนเท่ากับ 16,149 KJ/kg โดยชี้เลี้ยงตาม ผลการวิเคราะห์นี้มีสูตรเคมีคือ $CH_{1.83}O_{0.72}$

ผลจากการจำลองระบบผลิตแก๊สซิฟิเคชันชนิด เบนดยูคนิ่งเปลวไฟไหลลง 2 กรณี คือกรณีที่ฉีดอากาศ และฉีดไอน้ำ ซึ่งทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิ 100-800°C โดยใช้ชี้เลี้ยงเป็นเชื้อเพลิง พบว่าแก๊สชีววมวลจะมีองค์ ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 9-36%Vol. คาร์บอน- ไดออกไซด์ 0-21%Vol. มีเทน 1-4%Vol. ไฮโดรเจน 7-32%Vol. และค่าความร้อนสูง (High Heating Value) ของแก๊สชีววมวลในกรณีที่ฉีดอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 4.6-8.7 MJ/Nm³ และกรณีที่ฉีดไอน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 4.8-8.8 MJ/Nm³ โดยมีประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊ส ซิฟิเคชันเท่ากับ 69-90% แสดงดังตารางที่ 3

ผลจากการทดลองระบบผลิตแก๊สซิฟิเคชันชนิด เบนดยูคนิ่งเปลวไฟไหลลง 2 กรณี คือกรณีที่ฉีดอากาศ และฉีดไอน้ำซึ่งทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิ 100-800°C โดยใช้ชี้เลี้ยงเป็นเชื้อเพลิง พบว่าแก๊สชีววมวลจะมี องค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 8-32%Vol.

ตารางที่ 2 ปริมาณชี้เลี้ยงในแต่ละอำเภอของจังหวัดพัทลุง

อำเภอ	ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)	จำนวนโรงเลี้ยง
เมือง	97,667	19
ควนขนุน	79,975	12
เขาชัยสน	7,169	7
ป่าบอน	5,879	3
ศรีบรรพต	807	1
บางแก้ว	470	8
ตะโหมด	110	2
ศรีนครินทร์	108	1

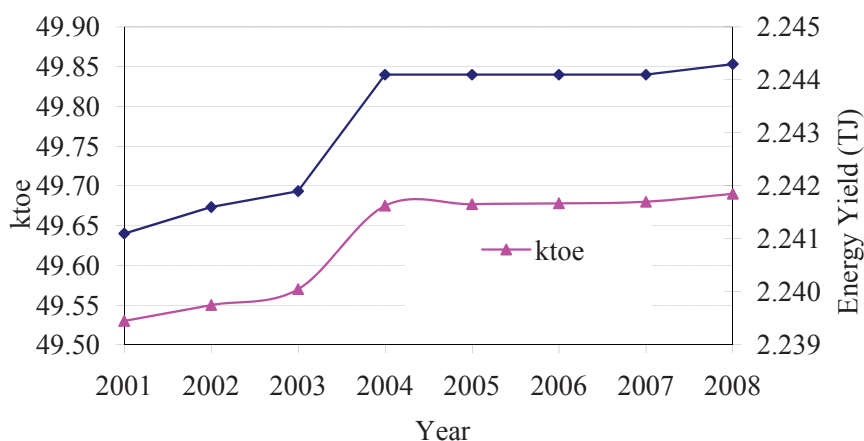
คาร์บอนไดออกไซด์ 9-22%Vol. มีเทน 2-5%Vol. ไฮโดรเจน 6-33%Vol. และค่าความร้อนสูง (High Heating Value) ของแก๊สชีวภาพในกรณีที่ฉีดอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 6.9-8.6 MJ/Nm³ และกรณีที่ฉีดไอน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 10.8-12.0 MJ/Nm³ โดยมีประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สชีวภาพเท่ากับ 64-75% แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 องค์ประกอบและค่าปริมาณความร้อนสูงของแก๊สชีวภาพจากขี้เลื่อย

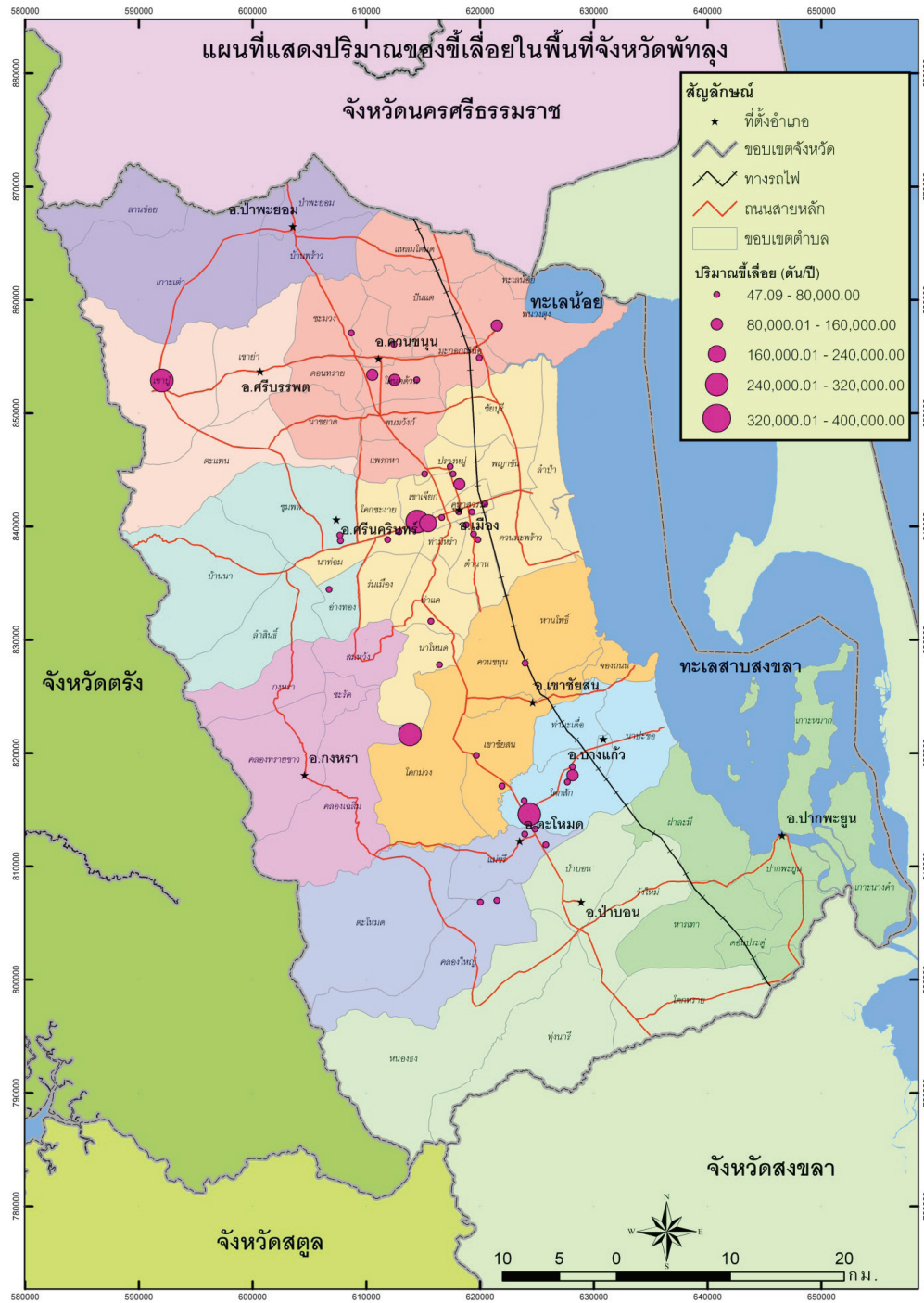
เงื่อนไข	คาร์บอนมอนอกไซด์ (%Vol.)	คาร์บอนไดออกไซด์ (%Vol.)	ไฮโดรเจน (%Vol.)	มีเทน (%Vol.)	ประสิทธิภาพของแก๊สชีวภาพ (%)	ค่าความร้อนสูง (MJ/Nm ³)
ฉีดอากาศ	9-35	0-21	7-31	1-4	69-88	4.6-8.7
ฉีดไอน้ำ	10-36	0-21	9-32	1-4	72-90	4.8-8.8

ตารางที่ 4 องค์ประกอบและค่าความร้อนสูงของแก๊สชีวภาพจากขี้เลื่อย

เงื่อนไข	คาร์บอนมอนอกไซด์ (%Vol.)	คาร์บอนไดออกไซด์ (%Vol.)	ไฮโดรเจน (%Vol.)	มีเทน (%Vol.)	ประสิทธิภาพของแก๊สชีวภาพ (%)	ค่าความร้อนสูง (MJ/Nm ³)
ฉีดอากาศ	8-12	9-10	6-7	2-3	64	6.9-8.6
ฉีดไอน้ำ	16-32	17-22	21-33	3-4.6	75	10.8-12.0



รูปที่ 2 ปริมาณพลังงานจากขี้เลื่อยและปริมาณเทียบเท่าน้ำมัน



รูปที่ 3 แผนที่ศักยภาพของผลิตผลชีเลื่อยในจังหวัดพัทลุง ปี พ.ศ. 2551



รูปที่ 4 แผนที่ศักยภาพทางพลังงานของชีเลื้อยในจังหวัดพัทลุง ปี พ.ศ. 2551

สรุปผลการวิจัย

ศักยภาพของชี้เลี้ยงซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ในจังหวัดพัทลุง โดยอาศัยข้อมูลสถิติปริมาณชี้เลี้ยงจากอุตสาหกรรมจังหวัดในช่วง 8 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2551 พบว่าพื้นที่ศักยภาพทางพลังงานของเชื้อเพลิงชี้เลี้ยงที่อำเภอเมืองมีศักยภาพสูงสุดประมาณ 97,667 ตัน/ปี รองลงมาได้แก่อำเภอควนขนุนประมาณ 79,975 ตัน/ปี อำเภอเขาชัยสนประมาณ 7,169 ตัน/ปี และอำเภอป่าบอนประมาณ 5,879 ตัน/ปี ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณชี้เลี้ยงรวมประมาณ 192,185 ตัน/ปี สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงผลิตแก๊สชีวมวลแทนน้ำมันดิบได้ประมาณ 50 ktoe ปริมาณพลังงานจากชี้เลี้ยงในปี พ.ศ. 2546-2551 มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.244-2.245 TJ และมีค่าเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2544-2546 ประมาณ 0.0035 TJ ซึ่งปริมาณพลังงานดังกล่าวมีค่าเทียบเท่าน้ำมันประมาณ 49.66-49.69 ktoe ผลการวิเคราะห์ โดยประมาณ แสดงให้เห็นว่าชี้เลี้ยงมีค่าปริมาณสารระเหยที่เผาไหม้ได้ 65.9% โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่าเท่ากับ 15.6% และปริมาณเถ้า 1.5% ที่ค่าความชื้น 17.0% ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุแสดงให้เห็นว่าชี้เลี้ยงมีค่าคาร์บอน 46.4% ไฮโดรเจน 7.1% ออกซิเจน 44.8% ไนโตรเจน 0.33% และซัลเฟอร์ 0.03% ตามลำดับ นอกจากนี้ชี้เลี้ยงในจังหวัดพัทลุงมีค่าความร้อนเท่ากับ 16,149 kJ/kg โดยชี้เลี้ยงตามผลการวิเคราะห์นี้มีสูตรเคมีคือ $\text{CH}_{1.83}\text{O}_{0.72}$

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิดเบดหยดน้ำซึ่งพัฒนาโดย S. A. Klien และ F. L. Alvarado 1992-2001 ของระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์ชนิดเบดหยดน้ำเปลวไฟไหลลงในกรณีที่ดินอากาศและน้ำในช่วงอุณหภูมิ 100-800°C โดยใช้ชี้เลี้ยงเป็นเชื้อเพลิงพบว่าในกรณีที่ดินอากาศแก๊สชีวมวลจะมีองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 9-35%Vol. คาร์บอนไดออกไซด์ 0-21%Vol. มีเทน 1-4%Vol. ไฮโดรเจน 7-31%Vol. และปริมาณค่าความร้อนสูงของแก๊สชีวมวลมีค่าอยู่ใน

ช่วง 4.6-8.7 MJ/Nm³ และประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์เท่ากับ 69-88% ส่วนในกรณีที่น้ำแก๊สชีวมวลจะมีองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 10-36%Vol. คาร์บอนไดออกไซด์ 0-21%Vol. มีเทน 1-4%Vol. ไฮโดรเจน 9-32%Vol. และค่าความร้อนสูงของแก๊สชีวมวลมีค่าอยู่ในช่วง 4.8-8.8 MJ/Nm³ และประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์เท่ากับ 72-90%

ผลจากการทดลองเดินระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์ชนิดเบดหยดน้ำเปลวไฟไหลลงในกรณีที่ดินอากาศและน้ำในช่วงอุณหภูมิ 100-800°C โดยใช้ชี้เลี้ยงเป็นเชื้อเพลิงพบว่าในกรณีที่ดินอากาศแก๊สชีวมวลจะมีองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 8-12% Vol. คาร์บอนไดออกไซด์ 9-10% Vol. มีเทน 2-3% Vol. ไฮโดรเจน 6-7%Vol. และค่าความร้อนสูงของแก๊สชีวมวลมีค่าอยู่ในช่วง 6.9-8.60 MJ/Nm³ และประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์เท่ากับ 64% ส่วนในกรณีที่น้ำแก๊สชีวมวลจะมีองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ 16-32% Vol. คาร์บอนไดออกไซด์ 17-22% Vol. มีเทน 3-4.6% Vol. ไฮโดรเจน 21-33%Vol. และค่าความร้อนสูงของแก๊สชีวมวลมีค่าอยู่ในช่วง 10.8-12.0 MJ/Nm³ โดยที่ประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์เท่ากับ 75% ดังนั้นเมื่อพิจารณาองค์ประกอบและค่าความร้อนสูงของแก๊สชีวมวล พบว่าระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์ชนิดเบดหยดน้ำเปลวไฟไหลลงในกรณีที่น้ำดีกว่าระบบผลิตแก๊สชีวไฟเออร์ชนิดเบดหยดน้ำเปลวไฟไหลลงในกรณีที่ดินอากาศ ซึ่งสามารถนำไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สสำหรับการผลิตไฟฟ้าได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยทักษิณปี พ.ศ. 2549-2550 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปี พ.ศ. 2551 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพัทลุงที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

และสถานีตรวจอากาศเกษตรจังหวัดพัทลุงสำหรับข้อมูล
อุตุนิยมวิทยาและขอขอบคุณ คุณฉลอง แก้วประเสริฐ
ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยทักษิณสำหรับให้ความอนุเคราะห์ในการ
จัดทำแผนที่ศักยภาพทางพลังงานของชี้เลี้ยง

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน. (2553). **แผนพัฒนาพลังงาน
ทดแทน 15 ปี**. สืบค้นจาก : [http://www.dede.
go.th/dede/fileadmin/upload/nov50/mar52/
REDP_present.pdf](http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/upload/nov50/mar52/REDP_present.pdf).
- [2] Zainal, Z. A., Ali, R., Lean, C. H. and Seetharamu,
K. N.(2001). Prediction of Performance of
a Downdraft Gasifier using Equilibrium
Modeling for Different Biomass Materials.
Energy Conversion and Management,42,
1499-1511.
- [3] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่ง
ชาติ. (2545). การส่งเสริมการใช้พลังงานจาก
ชีวมวลของประเทศไทย. **วารสารนโยบายพลังงาน.
ฉบับที่55**. มกราคม-มีนาคม 2545. กรุงเทพ
มหานคร.
- [4] Prasertsan, S. and Sajjakulnukit. (2006). Biomass
and Biogas Energy in Thailand: Potential
Opportunity and Barriers. **Renewable Energy**.
31, 599-610.
- [5] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2543).รายงาน
พลังงานของประเทศไทย ปี 2543. **วารสารรายงาน
พลังงานของประเทศไทย**. ฉบับที่ 1, 2-10.
- [6] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2544). **อัตราส่วน
วัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิตแปรรูปของการใช้เป็น
พลังงาน และแปรรูปวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการ
นำไปใช้**. รายงานผลการสำรวจวัสดุเหลือใช้
ทางการเกษตร.
- [7] ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2542). **อัตราส่วนวัสดุ
เหลือใช้ต่อผลผลิต**. สถิติการเกษตรของประเทศ-
ไทย.ปีเพาะปลูก 2543/2544. กรุงเทพฯ.
- [8] จตุพร แก้วอ่อน จอมภพ แวศักดิ์ มารินา มะหนิ
และ สุวิทย์ เพชรห้วยลึก. (2548). การเปลี่ยนรูป
พลังงานจากชีวมวล: แก๊สซิฟิเคชั่น. **วารสาร
วิทยาศาสตร์ทักษิณ**. ปีที่ 2. ฉบับที่ 2, 56-67.
- [9] Klien, S.A. and Alvarado, F.L. (2001). **Engineer-
ing Equation Solver Distributable version
6.163**. Available from [http://www.fhart.com/ees/
eesexmpl/shtml](http://www.fhart.com/ees/eesexmpl/shtml).
- [10] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
(พพ.) กระทรวงพลังงาน. (2551). **ศักยภาพ
ชีวมวลในประเทศไทย**, Available from:[http://
www.dede.go.th/dede/index.php?id=437](http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=437).
- [11] Wander, P. R., Altafinib, C. R., Ronaldo and
Barretob, M. (2004). Assessment of a Small
Sawdust Gasification Unit. **Biomass and
Bioenergy**,27, 467-476.