การผลิตและการประเมินศักยภาพของหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง

Production and Potential Evaluation of Napier Grass Pellets Using Bio-fermented Solution as a Binder for Utilizing Biomass Fuel in a Downdraft Gasifier

รัศมี สิทธิขันแก้ว[1*] พีระพงษ์ ยืนยงชัยวัฒน์[2] วรานนท์ อินต๊ะธรรม[3] และรวิภา ยงประยูร[4]

[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
1061 ซอยอิสรภาพ 15 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพ 10600

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานสู่ชุมชน, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

[4] สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

Russamee Sitthikhankaew[1*] Peerapong Yuenyongchaiwat[2] Waranon Intathum[3] and Rawipha Yongprayun[4]

[1] School of Renewable Energy Technology, Naresuan University
99 M.9 Thapo, Muang Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand, 65000

[2] Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, 1061 Isaraphab 15, Isaraphab Rd., Dhonburi, Bangkok, Thailand, 10600

[3] Research and Development Centre of Energy for Community, Energy Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University
119 Lampang-Mae Ta Rd., Chompoo, Muang, Lampang, Thailand, 52100

[4] Energy Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University
119 Lampang-Mae Ta Rd., Chompoo, Muang, Lampang, Thailand, 52100

[*] ผู้รับผิดชอบบทความ: russamees@nu.ac.th, russamee5@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 0-86658-5283

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอกระบวนการผลิตหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน(อัตราส่วนหญ้าเนเปียร์ต่อน้ำหมักชีวภาพ เท่ากับ 10: 4 โดยน้ำหนัก) โดยใช้เครื่องอัดเม็ดแบบ flat die ซึ่งจะทำให้ได้หญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 657 kg/m^3 และมีค่าความร้อนสูงเฉลี่ย 18.10 MJ/kg นอกจากนั้นหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ผลิตได้น้ำหนัก 12 kg จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง ซึ่งจะได้ก๊าซเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของก๊าซ H_2 10.96 % v/v ก๊าซ CH_4 10.74 % v/v และก๊าซ CO 3.64 % v/v ซึ่งจะมีการทดสอบศักยภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเตาแก๊สหุงต้มเพื่อผลิตพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนที่ผลิตได้ (10,699 kJ) สามารถต้มน้ำที่มีน้ำหนัก 30.0 kg ให้เดือดและกลายเป็นไอได้ นอกจากนี้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถที่จะผลิตไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ เป็นระยะเวลานาน 22 นาที โดยผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและสามารถดึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 100 – 1100 W ได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 45.94 kW·h

คำสำคัญ การอัดเม็ด ชีวมวล น้ำหมักชีวภาพ หญ้าเนเปียร์ เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง

Abstract

This paper presents the production process of Napier grass pellets using a flat die pelletizer and bio-fermented solution as a binder, using a 10 to 4 ratio of Napier grass and bio-fermented solution. The average

bulk density and average heating value of the Napier grass pellets is 657 kg/m^3 and 18.10 MJ/kg, respectively. In addition, 12 kg of the Napier grass pellets were utilized as biomass fuel in the downdraft model "Extreme Power" gasifier. The fuel gases which were produced from the gasification of the Napier grass pellets contained 10.96% v/v of H_2 , 10.74% v/v of CH_4 and 3.64% v/v of CO. Potential evaluation of the fuel gases that were utilized as fuel in a cooking stove for thermal energy production was tested. The thermal energy produced was 10,699 kJ. The heat produced was transferred from the air above the cooking stove to 30 kg of water continuously, thus 30 kg of water was boiled an was changed from liquid to gas. Furthermore, the fuel gases were utilized as fuel in the generator to produce electricity. The generator continuously produced electricity which had the potential of 220 volts for 2 minutes. The electricity produced was utilized by various electrical appliances which consume energy in the range of 100 – 1100 watts. The produced electrical energy was 45.94 KW/hour.

Keywords: bio-fermented solution, biomass, downdraft gasifier, Napier grass, pelletizing**.**

1. บทนำ

หญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่มีลักษณะคล้ายกับอ้อย ลำต้นใหญ่ โตเร็ว ดอกไม่ติดเมล็ด จึงไม่มีปัญหาการเป็นวัชพืช เดิมกรมปศุสัตว์ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกไว้สำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ช้าง โคนม โคเนื้อ ต่อมาพัฒนาจนได้สายพันธุ์ที่ดี คือพันธุ์ปากช่อง 1 ที่เป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์จากประเทศออสเตรียและเนเธอแลนด์ กับหญ้าไข่มุกของไทย มีทรงตั้งตรงคล้ายอ้อยและมีลักษณะเป็นกอแตกกอดี มีระบบรากแข็งแรง ทนแล้ง ไม่มีโรคและแมลงรบกวน อีกทั้งยังเจริญเติบโตเร็ว มีอายุหลายปี สามารถเก็บเกี่ยวได้ปีละ 5-6 ครั้ง [1] เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าชนิดอื่นจะพบว่าหญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าชนิดอื่นเกือบ 7 เท่า อีกทั้งหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ให้ค่าความร้อน (heating value) เท่ากับ 17.79 เมกะจูลต่อกิโลกรัม (MJ/kg) ซึ่งให้ค่าความร้อนสูงกว่าไม้กระถินยักษ์ (15.91 MJ/kg) เง้ามันสำปะหลัง (14.59 MJ/kg) และแกลบ (12.39 MJ/kg) จึงทำให้หญ้าเนเปียร์ได้รับความสนใจและส่งเสริมจากกระทรวงพลังงานให้เป็นพืชพลังงาน โดยสามารถนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตพลังงานได้ 2 รูปแบบคือ การเผาโดยตรง หลังจากผ่านกระบวนการลดความชื้น หรือนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ [1-3]

ชุมชนวัดเขาน้อย ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก เป็นพื้นที่แห้งแล้ง ห่างไกลแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว เดิมทีพื้นที่แห่งนี้ได้มีการปลูกมันสำปะหลังเป็นจำนวนมากแต่ประสบปัญหาราคาผลผลิตที่ตกต่ำ อีกทั้งต้นทุนในการปลูกมันสำปะหลังมีค่าสูง จึงทำให้ชาวบ้านมีรายได้ไม่เพียงต่อ ดังนั้นเกษตรกรในชุมชนเขาน้อยจึงหันมาปลูกหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลสำรวจของเบญจมาภรณ์ ถนอมปิ่น และได้รายงานไว้ในวิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557 พบว่าปริมาณผลผลิตหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 เฉลี่ยเท่ากับ 26.68 ตัน/ไร่/ปี (ทำการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 4 เดือน) [2] นอกจากนั้นวิสาหกิจชุมชนเขาน้อยได้วางแผนที่จะใช้หญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนขนาด 1 MW (จะใช้เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง (downdraft gasifer)) ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อที่จะสร้างแหล่งพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากพืชพลังงานในชุมชน

เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลแบบไหลลง มีหลักการทำงานโดยอาศัยกระบวนการทางเคมีความร้อน (thermochemical conversion) ในการสลายโมเลกุลของเชื้อเพลิงชีวมวลที่อยู่ในรูปของของแข็งซึ่งมีองค์ประกอบหลัก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน ในสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณของออกซิเจนให้อยู่ในสัดส่วนที่ต่ำกว่าจุดที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (stoichiometric fuel air ratio) เปลี่ยนรูปแบบของเชื้อเพลิงชีวมวลให้อยู่ในรูปแบบของก๊าซที่เผาไหม้ได้หรือเรียกว่า ก๊าซสังเคราะห์ (synthesis gas) ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อเป็นต้นกำลังขับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ให้ความร้อนในการหุงต้มอาหาร หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในกระบวนการอบแห้ง เป็นต้น [4-5]

เนื่องจากเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงนั้นต้องการชีวมวลที่มีความชื้นต่ำ มีความหนาแน่นสูงและมีขนาดที่เหมาะสมที่จะทำให้อากาศสามารถแทรกเข้าไประหว่างชีวมวลได้ดี ซึ่งจะส่งผลดีต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีความร้อน (thermo-chemical reaction) ภายในเตาเผา [4] ดังนั้นกระบวนการอัดเม็ดชีวมวลถือเป็นกระบวนการที่จำเป็นและสำคัญในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อที่จะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง

ในอดีตวิสาหกิจชุมชนเขาน้อยยังคงขาดการทำการศึกษาทางด้านการแปรรูปหญ้าเนเปียร์สดไปเป็นหญ้าเนเปียร์แห้งอัดเม็ดสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล และการทดสอบศักยภาพการนำหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ไปใช้กับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง ดังนั้นทางทีมวิจัยจึงได้เล็งเห็นการทำงานวิจัยเพื่อที่จะช่วยสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นกับประชาชนในพื้นที่ชุมชนวัดเขาน้อย โดยเน้นไปที่กระบวนการผลิตหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง โดยในระหว่างกระบวนการผลิตนั้นจะเลือกใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานหญ้าเนเปียร์แห้งที่บดละเอียดเพื่อให้สามารถทำการอัดเม็ดในสภาวะที่ไม่มีการให้ความร้อนจากแหล่งภายนอกเข้าไปที่เครื่องอัดเม็ด ซึ่งเราจะเรียกการอัดเม็ดลักษณะนี้ว่าการอัดเย็นโดยใช้ตัวประสาน ซึ่งการใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานสำหรับการผลิตหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดนั้นยังไม่มีการทำวิจัยและมีการรายงานผล จะมีก็เพียงแต่การใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่ง [6]

นอกจากนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางความร้อนของหญ้าเนเปียร์สด หญ้าเนเปียร์แห้งและหญ้าเนเปียร์อัดเม็ด รวมถึงการประเมินศักยภาพของหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานเมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง และการทดสอบศักยภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเตาแก๊สหุงต้มเพื่อผลิตพลังงานความร้อน และนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อรองรับการใช้พลังงานในระดับครัวเรือน

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยจะประกอบด้วยการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากหญ้าเนเปียร์ การตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและทางความร้อนของหญ้าเนเปียร์สด หญ้าเนเปียร์แห้งและหญ้าเนเปียร์อัดเม็ด รวมถึงการประเมินศักยภาพของหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง

2.1 การผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากหญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์สดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ปากช่อง 1 ที่ปลูกในพื้นที่ชุมชนวัดเขาน้อย ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก และจะต้องเป็นหญ้าเนเปียร์ที่โตเต็มที่ อายุการปลูกประมาณ 4 เดือนหรือมากกว่า 4 เดือนซึ่งเป็นหญ้าเนเปียร์ที่แก่และมีปริมาณเส้นใยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินที่สูง [1-2] ซึ่งจะเป็นวัตถุดิบที่เหมาะแก่การนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อการเผาไหม้ในเตาเผา

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดจากหญ้าเนเปียร์จะเริ่มต้นจากการตัดต้นหญ้าเนเปียร์สดทั้งลำต้นและใบด้วยมีด (ดังรูปที่ 1) จากนั้นทำการลำเลียงต้นหญ้าเนเปียร์มาตากแดดที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก โดยจะทำการตากแดดทั้งใบและลำต้นเป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อลดความชื้นของพืช จากนั้นจึงนำต้นหญ้าเนเปียร์ไปทำการตัดบดแบบหยาบด้วยเครื่องตัดบดกิ่งไม้ (ดังรูปที่ 2) จากนั้นนำหญ้าเนเปียร์ที่ถูกตัดบดแบบหยาบมาตากแห้งในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่ ณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นระยะเวลา 2 วัน (ดังรูปที่ 3) ซึ่งอุณหภูมิภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันจะประมาณ 90 องศาเซลเซียส (°C) การตากหญ้าเนเปียร์ที่ถูกตัดบดหยาบไว้ภายในตู้อบดังกล่าวจะทำให้ความชื้นของหญ้าเนเปียร์ลดลง รวมทั้งความร้อนจะทำให้เส้นใยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินในพืชถูกทำให้มีขนาดสั้นลง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการนำหญ้าเนเปียร์แห้งไปทำการตัดบดละเอียดด้วยเครื่องตัดบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ (ดังรูปที่ 4) สำหรับการตัดบดหญ้าเนเปียร์แห้งด้วยเครื่องตัดบดวัตถุดิบอาหารสัตว์จะทำให้หญ้าเนเปียร์แห้งที่ถูกตัดบดมีขนาด 2-20 มิลลิเมตร (ดังรูปที่ 5 (ก)) และสามารถที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการอัดเม็ดได้

รูปที่ 1 หญ้าเนเปียร์สด

รูปที่ 2 เครื่องตัดบดหยาบ

รูปที่ 3 การตากแห้งหญ้าเนเปียร์ที่ตัดบดหยาบในตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

รูปที่ 4 เครื่องตัดบดละเอียด

จากนั้นจะทำการอัดเม็ดหญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียดด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ แบบ flat die ที่มีขนาดของรูแม่พิมพ์เท่ากับ 6 มิลลิเมตร (ดังรูปที่ 6) โดยก่อนที่จะทำการอัดเม็ดหญ้าเนเปียร์จะทำการผสมคลุกเคล้าหญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียดด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง (ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของหญ้าเนเปียร์บดละเอียดต่อน้ำหมักชีวภาพ เท่ากับ 10 ต่อ 4) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้น้ำหมักชีวภาพเจือจางที่สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลกจัดทำแจกประชาชน เมื่อทำการอัดเม็ดหญ้าเนเปียร์เสร็จสิ้นแล้ว จะต้องนำหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดไปตากแห้งในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เป็นเวลา 1 วัน เพื่อลดความชื้นของเม็ดอัด จึงจะได้หญ้าเนเปียร์อัดเม็ดโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ย่อในบทความนี้คือ NPG-FS (ดังรูปที่ 5 (ข))

(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) หญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียด
(ข) หญ้าเนเปียร์อัดเม็ดโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน

รูปที่ 6 เครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์ แบบ flat die

2.2 การวัดค่าความชื้น (moisture content) ในชีวมวล

การวัดค่าความชื้นของหญ้าเนเปียร์สด แห้ง และอัดเม็ด จะใช้วิธีการวัดอ้างอิงตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุของอเมริกันสมาคม ASTM D-871-82 โดยจะทำการอบชีวมวลน้ำหนัก 1 กรัม ภายในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนักชีวมวลภายหลังการอบ และคำนวณเปอร์เซ็นต์ (%) ความชื้นในชีวมวลตามมาตรฐานเปียกดังสมการ (1) ในการวัดค่าความชื้นของชีวมวลจะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

$$M_{wet} = ((W_a - W_b)/ W_a) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ M_{wet} คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นในชีวมวลตามมาตรฐานเปียก
W_a คือ น้ำหนักชีวมวลก่อนอบ
W_b คือ น้ำหนักชีวมวลหลังอบ

2.3 การวัดปริมาณเถ้า (ash content) ในชีวมวล

การวัดปริมาณเถ้าในหญ้าเนเปียร์แห้งและอัดเม็ดจะใช้วิธีการวัดอ้างอิงตาม ASTM E-1755-01 โดยจะนำชีวมวลตัวอย่างน้ำหนัก 1 กรัม ที่ผ่านการอบไล่ความชื้น นำมาเผาไหม้ภายใต้สภาวะที่มีอากาศเพียงพอที่อุณหภูมิ 250 °C นาน 30 นาที จากนั้นจึงทำการเผาต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 575 °C เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงปล่อยให้สารตัวอย่างที่อยู่ภายในเตาเผาลดอุณหภูมิลงมาที่อุณหภูมิห้องและทำการชั่งน้ำหนักชีวมวลที่หลงเหลือภายหลังการเผาไหม้ คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าในชีวมวล ดังสมการ (2) ในการวัดปริมาณเถ้าในชีวมวลจะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

$$P_{ash} = (W_{remaining}/ W_{biomass}) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ P_{ash} คือ เปอร์เซ็นต์เถ้าในชีวมวล
$W_{remaining}$ คือ น้ำหนักชีวมวลที่หลงเหลือภายหลังการเผาไหม้
$W_{biomass}$ คือ น้ำหนักชีวมวล

2.4 การวัดค่าความหนาแน่นรวม (bulk density) ของชีวมวล

ความหนาแน่นรวม คือ ความหนาแน่นที่คิดจากมวลของชีวมวลต่อปริมาตรของภาชนะที่บรรจุชีวมวลนั้น ดังแสดง

ในสมการ (3) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการบรรจุหญ้าเนเปียร์แห้งที่บดละเอียด หรือหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วทำการชั่งน้ำหนักของชีวมวล จากนั้นทำการคำนวณหาความหนาแน่นรวมดังสมการ (3)

$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{มวลของชีวมวล}}{\text{ปริมาตรของภาชนะที่บรรจุชีวมวล}} \quad (3)$$

2.5 ค่าความร้อนสูงของชีวมวล (higher heating value; HHV)

ค่าความร้อนสูงของชีวมวลสามารถหาได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่าบอมบ์แคลอริมิเตอร์ โดยในงานวิจัยนี้จะทำการส่งชีวมวลตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ทางเคมี ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

2.6 องค์ประกอบของเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง

สำหรับการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ จะใช้เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง ซึ่งเป็นเครื่องของสาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 5 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ ตัวเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบไหลลง, ไซโคลนแยกฝุ่นออกจากก๊าซ, อุปกรณ์ล้างทำความสะอาดก๊าซ, พัดลมดูด-จ่ายก๊าซเชื้อเพลิง และระบบนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์ (ดังรูปที่ 7)

รูปที่ 7 เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากชีวมวลแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง

2.7 การผลิตและทดสอบก๊าซเชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง

1.บรรจุเชื้อเพลิงชีวมวลเนเปียร์อัดแท่งจำนวน 12 กิโลกรัม ผ่านช่องป้อนเชื้อเพลิงที่อยู่ด้านบนของเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

2.จุดไฟผ่านทางช่องจุดไฟ และสังเกตควันที่ออกจากท่อระบายควัน แล้วเปิดอากาศเข้าเตาเพื่อให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ในโซนเผาไหม้ (combustion zone) ทำการวัดอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่บริเวณที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา reduction (reduction zone) รวมถึงการวัดอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง โดยจะทำการวัดอุณหภูมิทุก ๆ 10 วินาที และทำการเก็บข้อมูลบันทึกลงเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ

3. เมื่อเวลาของการทดลองผ่านไปประมาณ 13 นาที เปิดวาล์วจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงเข้าเตาแก๊สทั้งหมด 2 เตา และจุดไฟที่หัวเตาแก๊สและให้ความร้อนแก่น้ำที่บรรจุในหม้อที่วางบนหัวเตาแก๊ส น้ำหนักของน้ำในแต่ละหม้อประมาณ 15 กิโลกรัม ทำการวัดอุณหภูมิของเปลวไฟ และน้ำในหม้อที่เปลี่ยนแปลงไป ทุก ๆ 1 นาที และบันทึกน้ำหนักของน้ำทั้งก่อนและหลังต้มน้ำ (ดังรูปที่ 8)

4. ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงลงในถุงเก็บตัวอย่างก๊าซเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบและปริมาณของก๊าซชนิดต่างๆ ที่มีในก๊าซเชื้อเพลิงตัวอย่างด้วยเครื่องแก๊สโครมาโท กราฟี ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

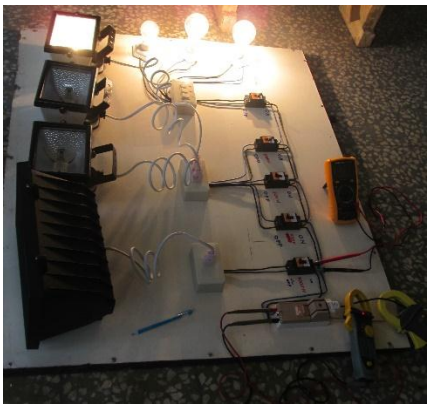
5. เมื่อเวลาของการทดลองผ่านไปประมาณ 16 นาที ทำการสตาร์ทเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันเบนซิน 91 เป็นเชื้อเพลิง (ดังรูปที่ 9)

รูปที่ 8 การทดสอบศักยภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเตาแก๊สหุงต้ม เพื่อผลิตพลังงานความร้อน

รูปที่ 9 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีการดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งน้ำมันเบนซิน 91 และก๊าซเชื้อเพลิง

ทำการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยน้ำมันเบนซินเป็นระยะเวลาประมาณ 7 นาที พร้อมกับทำการดึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นจะเปลี่ยนมาใช้ก๊าซเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทำการเปิดวาล์วจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า และทำการหมุนปรับวาล์วจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับการเดินเครื่องยนต์ และทำการดึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น หลอดไฟฟ้าขนาด 200 และ100 วัตต์ (W) สปอร์ตไลท์ขนาด 500 และ 1000 W (ดังรูปที่ 10) ในขณะที่มีการโหลดกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะทำการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า รวมถึงกำลังไฟฟ้าที่มีการจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยจะทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 นาที จนกระทั่งไม่สามารถที่จะโหลดกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามายังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ จึงจะสิ้นสุดการทดลอง

6. เมื่อปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ก็จะทำการทำการหยุดการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปิดหัวเตาแก๊ส ปิดวาวล์ท่อก๊าซเชื้อเพลิงที่เชื่อมต่อกับระบบนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ประโยชน์ และเปิดวาล์วท่อก๊าซที่จะทำการปล่อยก๊าซที่เหลือเพียงเล็กน้อยทิ้งสู่บรรยากาศภายนอกอาคาร



รูปที่ 10 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซเชื้อเพลิงเป็นแหล่งเชื้อเพลิง

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

หญ้าเนเปียร์สดที่ถูกตัดบดแบบหยาบ (ทั้งใบและลำต้น) มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 83.5 % (ดังตารางที่ 1) เมื่อเทียบกับหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านกระบวนการตากแห้งและการตัดบดจนละเอียดเรียบร้อยแล้วจะมีความชื้นลดลงอย่างมาก และจะมีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 7.5 % ซึ่งถือว่ามีความชื้นไม่สูง และจะไม่ทำให้เกิดเชื้อราบนพืชเมื่อเราจัดเก็บพืชไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทเพื่อรอการนำไปอัดเม็ดชีวมวล ในงานวิจัยนี้จะทำการแปรรูปต้นหญ้าเนเปียร์สดให้กลายเป็นหญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียดในปริมาณมาก (การแปรรูปแต่ละครั้งจะใช้หญ้าเนเปียร์สดน้ำหนักประมาณ 200 กิโลกรัม) ดังนั้นการตากหญ้าเนเปียร์ที่บดละเอียดให้มีปริมาณความชื้นต่ำจึงเป็นสิ่งที่คำนึงถึงในการจัดเก็บชีวมวล และการตากแห้งหญ้าเนเปียร์ที่ถูกตัดบดในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิภายในตู้อบสูงกว่าภายนอกถึงสามเท่า จะช่วยลดเวลาในการลดความชื้นในพืช และช่วยให้การตัดบดหญ้าเนเปียร์ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยที่มีความเหนียว ทำได้ง่ายขึ้น

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางความร้อนของหญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียด และหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดซึ่งใช้น้ำหมักเป็นเป็นตัวประสานในระหว่างกระบวนการอัดเม็ด แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งจะพบว่าการอัดเม็ดหญ้าเนเปียร์จะทำให้ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของหญ้าเนเปียร์อัดเม็ด (657 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) มีค่าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์บดละเอียด (196 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งส่งผลดีต่อการจัดเก็บเชื้อเพลิงชีวมวลเนื่องจากต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บน้อยลงเมื่อเทียบกับชีวมวลที่มีน้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้การอัดเม็ดหญ้าเนเปียร์จะทำให้ชีวมวลมีขนาดและลักษณะที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับกระบวนการ gasification ของหญ้าเนเปียร์ในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง ขนาดของเชื้อเพลิงชีวมวลมีอิทธิพลอย่างมากต่อค่าความดันลด (pressure drop) ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และมีผลต่อกำลังของพัดลมที่ใช้งานในการจ่ายอากาศ และความเร็วของแก๊สที่ไหลผ่านชั้นของชีวมวล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ที่บดละเอียดซึ่งมีขนาดเล็กมากๆ จะทำให้อากาศแทรกเข้าไปในระหว่างชีวมวลได้น้อย ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีความร้อนเกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอ [4]

ตารางที่ 1 ปริมาณความชื้นเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหญ้าเนเปียร์สด แห้ง และอัดเม็ด (NPG-FS)

ชีวมวลตัวอย่าง	ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (%)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (%)
หญ้าเนเปียร์สด	83.5	0.1
หญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียด	7.5	0.2
หญ้าเนเปียร์อัดเม็ด (NPG-FS)	4.7	0.1

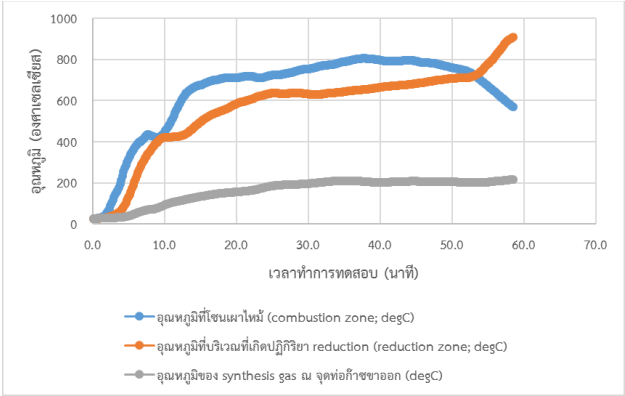
ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย ปริมาณความชื้นเฉลี่ย ปริมาณเถ้าเฉลี่ย และค่าความร้อนสูงเฉลี่ยของหญ้าเนเปียร์แห้ง และอัดเม็ด (NPG-FS)

ชีวมวลตัวอย่าง	ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย (kg/m^3)	ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (%)	ปริมาณเถ้าเฉลี่ย (%)	ค่าความร้อนสูงเฉลี่ย (MJ/kg)
หญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียด	196 ± 1	7.5 ± 0.2	8.1 ± 0.17	16.98 ± 0.09
หญ้าเนเปียร์อัดเม็ด (NPG-FS)	657 ± 3	4.7 ± 0.1	8.4 ± 0.6	18.10 ± 0.04

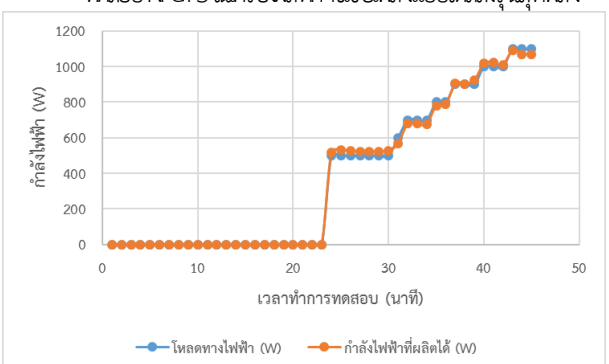
นอกจากนี้ หญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานมีขนาดความยาวเฉลี่ย 18.31 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 5.34 มิลลิเมตร ปริมาณความชื้นเฉลี่ย 4.7% ปริมาณเถ้าเฉลี่ย 8.1% และมีค่าความร้อนสูงเฉลี่ย 18.10 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าหญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียด (16.98 MJ/kg) และมีค่าความร้อนสูงกว่าไม้กระถินยักษ์ (15.91 MJ/kg) เง้ามันสำปะหลัง (14.59 MJ/kg) และแกลบ (12.39 MJ/kg) [2]

สำหรับการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน ในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลังดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.7 นั้น จะพบว่าก๊าซที่ผลิตได้จะประกอบด้วยก๊าซไฮโดรเจน 10.96 % v/v ก๊าซมีเทน 10.74 % v/v และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 3.64 % v/v ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 5.94 % v/v และก๊าซออกซิเจน (O_2) 4.49 % v/v ซึ่งก๊าซ CH_4 ก๊าซ H_2 และก๊าซ CO จะเป็นก๊าซที่สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซ O_2 ได้และจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบศักยภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเตาแก๊สหุงต้มเพื่อผลิตพลังงานความร้อน โดยทำการเริ่มต้นจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงเข้าเตาแก๊สทั้งหมด 2 เตาเมื่อเวลาของการทดลองผ่านไป 13.2 นาที (นับเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจุดเตา gasifier) ซึ่งอุณหภูมิที่โซนเผาไหม้ อุณหภูมิที่บริเวณที่เกิดปฏิกิริยา reduction ของ downdraft gasifier และอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 600 °C, 428 °C และ 115 °C ตามลำดับ (ดังรูปที่ 11) จากนั้นจึงทำการจุดไฟที่หัวเตาแก๊สทั้ง 2 เตา เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงและปลดปล่อยความร้อนออกมา ซึ่งความร้อนที่ผลิตได้จะถูกส่งผ่านความร้อนไปยังหม้อทั้ง 2 ใบ และส่งผ่านความร้อนไปยังน้ำ (น้ำหนักประมาณ 15 kg) ในแต่ละหม้อ (ดังรูปที่ 8) โดยเมื่อทำการจ่ายก๊าซเชื้อเพลิงเข้าเตาแก๊สอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 45.3 นาที ผลปรากฏว่าอุณภูมิของเปลวไฟที่หัวเตาแก๊สจะมีค่าอยู่ในช่วง 400 – 650 °C และพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จะถูกส่งผ่านความร้อนไปยังหม้อและน้ำจนทำให้น้ำเดือดและกลายเป็นไออย่างต่อเนื่อง ซึ่งเมื่อนำข้อมูลจากการทดสอบมาคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ (น้ำ 30.00 kg) จากอุณหภูมิ 28 °C ไปที่อุณหภูมิ 100 °C และพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวกลายเป็นไอ จะมีค่าเท่ากับ 9028.8 kJ และ 1,670.2 kJ ตามลำดับ ค่าพลังงานความร้อนรวมเท่ากับ 10,699 kJ

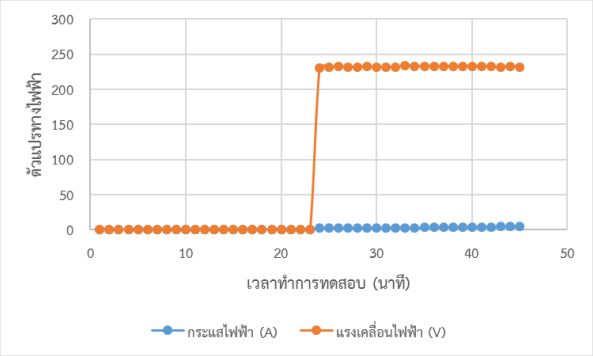
ผลการทดสอบศักยภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลง เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นพบว่า ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถที่จะผลิตไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ เป็นระยะเวลานาน 22 นาที โดยผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถดึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น หลอดไฟฟ้าขนาด 200 และ100 W สปอร์ตไลท์ขนาด 500 หรือ 1000 W ได้ (ดังรูปที่ 10 และ 12 – 13) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 45.94 kW·h



รูปที่ 11 อุณหภูมิที่โซนเผาไหม้ อุณหภูมิที่บริเวณที่เกิดปฏิกิริยา reduction และอุณหภูมิของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากการทดสอบ NPG-FS ในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง



รูปที่ 12 โหลดทางไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ เมื่อเทียบกับเวลาที่ทำการทดสอบศักยภาพของ NPG-FS ในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง



รูปที่ 13 กระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งใช้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากกระบวนการ gasification ของหญ้าเนเปียร์อัดเม็ด เมื่อเทียบกับเวลาที่ทำการทดสอบ

ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตพลังงานจากกระบวนการ gasification ของหญ้าเนเปียร์อัดเม็ด ในเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง คือ การติดตั้งถังบรรจุก๊าซ (gas storage tank) เพื่อใช้เป็นแหล่งกักเก็บก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ก่อนที่จะนำไปใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้มีปริมาณก๊าซมากเพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงเกิน 1100 วัตต์ต่อ 1 นาที และอัตราการไหลของก๊าซเชื้อเพลิงมีอัตราที่สม่ำเสมอและเพียงพอต่อปริมาณการถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อีกทั้งจะทำให้มีก๊าซเพียงพอที่จะนำไปใช้กับเตาแก๊สได้มากกว่า 2 เตา ซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

4. บทสรุป

การผลิตหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดจะทำการตัดบดหญ้าเนเปียร์ให้มีขนาด 2-20 มิลลิเมตร และทำการตากหญ้าเนเปียร์จนกระทั่งคงเหลือความชื้นเท่ากับ 7.5 % จากนั้นจึงทำการผสมคลุกเคล้าหญ้าเนเปียร์แห้งบดละเอียดด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง (ในอัตราโดยน้ำหนักของส่วนหญ้าเนเปียร์บดละเอียดต่อน้ำหมักชีวภาพเท่ากับ 10 ต่อ 4) จากนั้นทำการอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดแบบ flat die ซึ่งจะทำให้ได้หญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่มีขนาดความยาวเฉลี่ย 18.31 mm และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 5.34 mm ปริมาณความชื้นเฉลี่ย 4.7% ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 657 kg/m^3 และค่าความร้อนสูงเฉลี่ย 18.10 MJ/kg

นอกจากนั้นหญ้าเนเปียร์อัดเม็ดที่ใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน น้ำหนัก 12 kg จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงแบบไหลลงรุ่นสุดพลัง ซึ่งจะได้ก๊าซเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบของก๊าซ H_2 10.96 % ก๊าซ CH_4 10.74 % และก๊าซ CO 3.64 % ซึ่งจะมีการทดสอบศักยภาพของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเตาแก๊สหุงต้มเพื่อผลิตพลังงานความร้อนที่ผลิตได้ (10,699 kJ) สามารถต้มน้ำที่มีน้ำหนัก 30.0 kg ให้เดือดและกลายเป็นไอได้ นอกจากนี้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถที่จะผลิตไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ เป็นระยะเวลานาน 22 นาที โดยผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องและสามารถดึงกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 100–1100 W ได้ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้เท่ากับ 45.94 kW·h

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ของมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 (รหัสโครงการวิจัย R2558C164)

ขอขอบคุณหน่วยงานกองอาคารสถานที่ สถานีวิจัยและฝึกอบรมบึงราชนก และภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องตัดกิ่งไม้ เครื่องตัดบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ และเครื่องอัดเม็ดอาหารสัตว์

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรลาศ เขียวทอง. *คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1*. Available from: http://extension.dld.go.th/th1/images/stories/cattle_buff_bord/napiagrass.pdf [Accessed 4th February 2017].

[2] เบญจมาภรณ์ ถนอมปิ่น. *การประเมินวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2557.

[3] ชนาภา วรรณศรี. *การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชั่นของไม้โตเร็ว.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551.

[4] วรนุช แจ้งสว่าง. *เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล*. กรุงเทพมหานคร: บริษัท แดแน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น; 2556.

[5] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. *คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล*. Available from: http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=774&filename=index/ [Accessed 4th February 2017].

[6] วิไลพร ลักษมีวาณิชย์, กาญจนา สิริกุลรัตน์ และณัฐธนัญา บุญถึง. พฤติกรรมการยอมรับถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าวของชุมชนตำบลช่างเคิ่ง

อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. *รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่*; 2554.