การพัฒนาก้อนถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขันด้วยแอลกอฮอล์แข็งเพื่อการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง

Development of Charcoal Briquette Produced from Small Fragments Charcoal of Thong Saen Khan Community Biomass Power Plant Using Solid Alcohol to Ignite and Combust Charcoal Briquette

รัศมี สิทธิขันแก้ว[1 *] กรวิทย์ พุ่มพวง[2] ศักดิ์ดา แสงสุวรรณ[2] สกุลชาติ ขุนเพ็ชร[2] นฤมล สีพลไกร[2] และประเทือง โมราราย[3]

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

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[3] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

Russamee Sitthikhankaew[1*], Korawit Pumpuang[2], Sakda Sangsuwan[2], Sakunchat Kunphet[2], Narumon Seeponkai[2] and Prathung Moraray[3]

[1] School of Renewable Energy and Smart Grid Technology, Naresuan University
99 Moo 9 Thapo, Muang Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand, 65000

[2] Materials Engineering Division, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Naresuan University
99 Moo 9 Thapo, Muang Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand, 65000

[3] Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Naresuan University
99 Moo 9 Thapo, Muang Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand, 65000

[*]ผู้รับผิดชอบบทความ: russamees@nu.ac.th; russamee5@gmail.com เบอร์โทรศัพท์ 09-1778-9179

Received: 9 March 2020, Revised: 20 August 2020, Accepted: 28 August 2020

บทคัดย่อ

เศษถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน ซึ่งมีลักษณะเป็นเศษถ่านก้อนเล็ก ๆ เมื่อนำมาทำการติดไฟและทำให้เกิดการเผาไหม้ต่อเนื่องในเตาหุงต้มระดับครัวเรือนนั้นไม่สามารถทำได้ ในการวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาเศษถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขันให้เกิดการเพิ่มการติดไฟและการเผาไหม้ โดยใช้กระบวนการบดและอัดเศษถ่านให้เป็นก้อนถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอก และมุ่งเน้นการพัฒนาด้วยการผสมแอลกอฮอล์แข็งในกระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่ง ที่ค่าร้อยละ 2.16 4.48 7.04 และ 10.00 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการผลิตก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่มีการชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง และแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง ผลการศึกษาพบว่า การผสมด้วยแอลกอฮอล์แข็งและแบบที่มีการชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง ให้ผลดีกว่าแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง ทั้งระยะเวลาในการติดไฟและการเผาไหม้ก้อนถ่านเพื่อให้ถ่านแดงทั่วทั้งก้อน ส่วนพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง น้ำหนัก 200 กรัม เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน พบว่าถ่านอัดแท่งสูตรที่ 2 ซึ่งผสมแอลกอฮอล์แข็ง ร้อยละ 2.16 โดยน้ำหนัก ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด เท่ากับ 303,000 แคลอรี่ และทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มมีค่าสูงสุด (87 องศาเซลเซียส) ในระยะเวลาการเผาไหม้ 20 นาที ส่วนระยะเวลาการเผาไหม้ก้อนถ่านอัดแท่งจนมอดดับนาน 96 นาที ถ่านอัดแท่งสูตรที่ 2 จึงมีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน

คำสำคัญ การติดไฟ การเผาไหม้ ถ่านอัดแท่ง แอลกอฮอล์แข็ง โรงไฟฟ้าชีวมวล

Abstract

Charcoal fragments of Thong Saen Khan Community Biomass Power Plant are small in size. When ignited, it can not ignite and combust continuously in household furnace. The objective of this research is to develop small charcoal fragments of Thong Saen Khan Community Biomass Power Plant with increased ignition and combustion. The small fragments charcoal be done by cutting and milling and densification process to produce cylindrical charcoal briquette. In addition, the development focuses on charcoal briquette production process by mixing with solid alcohol (2.16 %, 4.48 %, 7.04 % and 10.00 % by weight) or alcohol dip coating, compared with charcoal briquette without mixed with solid alcohol. The result shows that solid alcohol mixing process and alcohol dip coating provide better results (the duration of ignition and combustion of charcoal briquette until the whole of charcoal briquette turned red) than non-mixing solid alcohol. The thermal energy generated by combustion reaction of 200 grams charcoal briquette when used as fuel in household furnace. It was found that the second formula of the charcoal briquette, which was mixed with solid alcohol 2.16 % by weight, gave the highest thermal energy as 303,000 calories. In addition, the highest water temperature in the pot (87 °C) was achieved in 20 minute of combustion time. While the total combustion time until the charcoal briquette extinguished was 96 minutes. The second formula of the charcoal briquette was the most suitable to be used as a biomass fuel in household stoves.

Keywords: Biomass Power Plant, Charcoal Briquette, Combustion, Ignition, Solid Alcohol

1. บทนำ

ปัจจุบันชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น นำไม้หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงสำหรับการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนในระดับครัวเรือน หรือโรงงานอุตสาหกรรม [1-3] ชีวมวลที่ได้กล่าวมานั้นยังสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการกระบวนการผลิตถ่านโดยนำมาเผาในเตาเผาถ่านโดยใช้กระบวนการเผาในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือการเผาแบบอับอากาศ) [4-6] หรือได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่มีใช้เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft Gasifier) จากวัตถุดิบชีวมวล [7]

จากการที่โรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน อำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการนำไม้กระถินยักษ์สับท่อน ไปเป็นเชื้อเพลิงในเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบไหลลง ซึ่งในกระบวนการผลิตไฟฟ้านั้นจะเกิดเศษถ่านซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนเล็ก ๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-5 เซนติเมตร (cm) รวมทั้งเกิดผงถ่านเกิดขึ้น เมื่อนำเศษถ่านและผงถ่านที่ถูกทำการบดละเอียดไปทำการทดสอบค่าพลังงานความร้อนของถ่านดังกล่าว โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ จะมีค่าเฉลี่ยของค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ ค่าความร้อนของเศษถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน 6,593 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (kCal/kg) ซึ่งเศษถ่านและผงถ่านที่เกิดขึ้นมีปริมาณประมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบเริ่มต้น ซึ่งเมื่อเทียบเป็นปริมาณสะสมในการดำเนินการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขันในแต่ละเดือนก็จะพบว่ามีปริมาณเศษถ่านและผงถ่านเกิดขึ้นปริมาณมาก

เศษถ่านและผงถ่านเหล่านี้สามารถที่จะนำมาจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้เพิ่มให้กับทางโรงไฟฟ้า แต่ก็มีราคาต่อหนึ่งหน่วยกิโลกรัมที่ต่ำ เนื่องจากไม่ได้รับความนิยมนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน อีกทั้งลักษณะทางกายภาพของเศษถ่านและผงถ่านที่มีขนาดเล็กมาก ๆ รวมทั้งเป็นผงละเอียด จะทำให้ไม่มีช่องว่างของอากาศที่ไหลผ่านภายในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน ซึ่งก่อให้เกิดการขัดขวางการลุกไหม้และเผาไหม้ในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน จากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น จึงนำมาสู่หัวข้อในการทำวิจัย

โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะทำการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของถ่านในลักษณะของการเพิ่มความหนาแน่นของถ่าน โดยจะทำการอัดแท่งเศษถ่านและผงถ่านที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน และนำมาสู่การพัฒนากระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่ง เพื่อเพิ่มการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง โดยจะเน้นไปที่การนำสารที่มีความสามารถในการติดไฟได้ง่าย ได้แก่ แอลกอฮอล์แข็ง มาใช้ในกระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่ง เนื่องจากแอลกอฮอล์แข็งถูกผลิตและนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนแก่อาหาร ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในร้านอาหาร ซึ่งแอลกอฮอล์แข็งสามารถผลิตมาจากแอลกอฮอล์ (ปริมาณที่ใช้ในการผลิตประมาณร้อยละ 95) โซดาไฟ และกรดสเตียริค [8]

จากการค้นคว้า และทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากชีวมวลต่าง ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว เปลือกมะขาม หญ้าแฝก

ใบยูคาลิปตัสและใบยางพารา เปลือกหมาก เปลือกทุเรียน [4-6, 9-13] โดยทำการค้นคว้าเปรียบเทียบวัสดุหรือสารเคมีที่ใส่ลงไปผสมในผงถ่าน ก่อนทำการผสม และทำการอัดแท่งก้อนถ่านในรูปทรงต่าง ๆ จะพบว่ายังไม่มีการนำแอลกอฮอล์แข็งผสมลงไปในผงถ่าน รวมถึงไม่มีการชุบเคลือบถ่านอัดแท่งด้วยแอลกอฮอล์แข็ง เพื่อเน้นไปที่การเพิ่มการติดไฟและการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง จะมีเพียงแต่การใส่แป้งมันสำปะหลังหรือกาวจากแป้งมันสำปะหลัง ลงไปในผงถ่าน เพื่อใช้เป็นตัวประสานระหว่างผงถ่านและน้ำ และทำให้ผงถ่านสามารถอัดขึ้นรูปเป็นก้อน และยังคงรูปได้ภายหลังการอัดแท่ง [4-6, 9-13]

โดยในบทความวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการใช้แอลกอฮอล์แข็งผสมที่มีต่อการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งซึ่งถูกผลิตจากเศษถ่านเหลือทิ้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน เพื่อที่จะนำกระบวนการ รวมถึงสูตรส่วนผสมแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่งดังกล่าว ไปถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน รวมถึงประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียงโรงไฟฟ้าอำเภอทองแสนขัน จังหวัดอุตรดิตถ์ หรือประชาชนทั่วไป เพื่อก่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่าของเศษถ่านจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ในเตาเผาที่ใช้ในภาคครัวเรือน หรือภาคธุรกิจในอนาคต

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

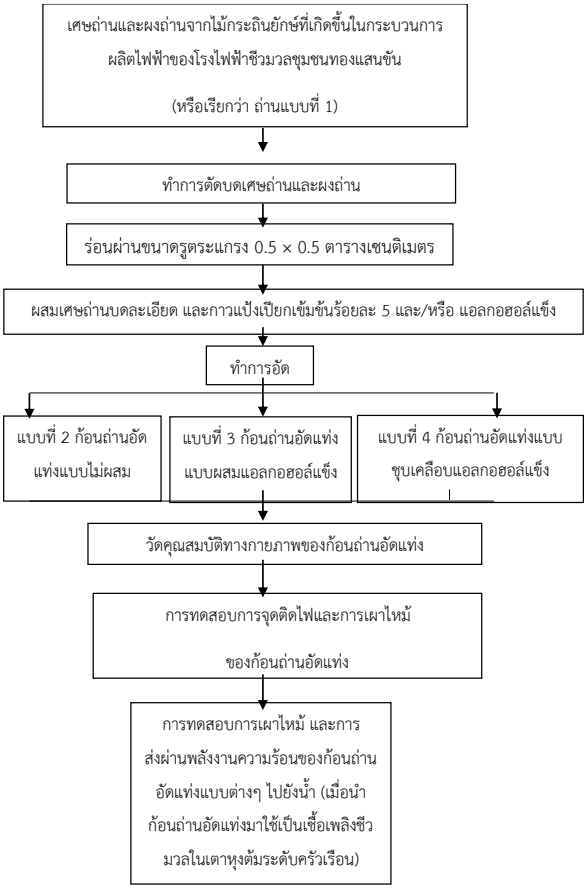
ถ่านที่ทำการพัฒนาและทดสอบ แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ
แบบที่ 1 เศษถ่านและผงถ่านจากไม้กระถินยักษ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน
แบบที่ 2 ถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง
แบบที่ 3 ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง
แบบที่ 4 ถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง
โดยถ่านแบบที่ 1 จะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4 ซึ่งขั้นตอนการผลิตและทดสอบก้อนถ่านอัดแท่ง ตารางที่ 1 และแสดงดังรูปที่ 1

2.1 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งแบบที่ 2 (ถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง)

เริ่มต้นจากนำถ่านแบบที่ 1 ดังรูปที่ 2 ก) ซึ่งมีขนาดประมาณ 1-2 เซนติเมตร นำไปตัดบด ด้วยเครื่องตัดบดแบบ Hammer Mill ซึ่งถ่านที่ผ่านการตัดบดและสามารถผ่านรูตะแกรงของเครื่องตัดบด (ขนาดประมาณ 6 มิลลิเมตร) ดังรูปที่ 2 ข) จะถูกนำไปผลิตถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4

ตารางที่ 1 ประเภทของถ่านที่ทำการวิจัย

ประเภทของถ่าน	ประเภทของถ่าน	ถ่านอัดแท่งสูตรที่	แอลกอฮอล์ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)
แบบที่ 1	เศษถ่านและผงถ่านจากไม้กระถินยักษ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน	ไม่ได้ทำการอัดแท่ง	0.00
แบบที่ 2	ถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง	1	0.00
แบบที่ 3	ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง	2	2.16
แบบที่ 3	ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง	3	4.48
แบบที่ 3	ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง	4	7.04
แบบที่ 3	ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง	5	10.00
แบบที่ 4	ถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง	6	ชุบเคลือบ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตและทดสอบก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4

ก) เศษถ่านและผงถ่านที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไฟฟ้า (ก่อนทำการตัดบด)

ข) ถ่านจากไม้กระถินยักษ์ที่เกิดในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ที่ผ่านการตัดบดด้วยเครื่อง Hammer Mill (ภายหลังการตัดบด)

รูปที่ 2 ถ่านแบบที่ 1 (ก่อนทำการตัดบด) และถ่านจากไม้กระถินยักษ์ จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน (ภายหลังการตัดบด)

จากนั้นนำถ่านที่ผ่านการบด 400 กรัม ไปผสมกับกาวแป้งเปียก 100 กรัม (สัดส่วนของกาวแป้งเปียกเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก) คลุกเคล้าถ่านและกาวแป้งเปียกให้เข้ากันด้วยมือ จากนั้นนำของผสมไปใส่ในแม่พิมพ์รูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร และความยาว 6 เซนติเมตร แล้วนำมาอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดแท่งไฮดรอลิกที่ความดัน 50 บาร์ (ดังรูปที่ 3)

รูปที่ 3 การอัดแท่งผงถ่านด้วยเครื่องอัดแท่งไฮดรอลิกที่ความดัน 50 บาร์

จากนั้นนำก้อนถ่านอัดแท่งไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อทำให้ก้อนถ่านแห้ง ซึ่งจะได้ก้อนถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์ ที่มีความแห้งและแข็งแรง มีรูปทรงกระบอกตัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร และความยาวอยู่ในช่วง 6-7 เซนติเมตร

รูปที่ 4 ก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2 (ถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง)

2.2 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งแบบที่ 3 ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและผลิตถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง ที่มีปริมาณของแอลกอฮอล์แข็งแตกต่างกัน ได้แก่ ร้อยละ 2.16 4.48 7.04 และ 10.00 โดยน้ำหนัก โดยกำหนดให้ปริมาณของแอลกอฮอล์แข็งไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เพื่อวัสดุหลักที่ผลิตได้ยังคงมาจากผงถ่าน และเพื่อให้ค่าความร้อนหลักยังคงมาจากถ่าน

นำถ่านที่ผ่านการบดละเอียด กาวแป้งเปียก และแอลกอฮอล์ มาทำการชั่งตามสัดส่วนต่าง ๆ ของแต่ละสูตร (สูตรที่ 2-5) ดังตารางที่ 2

แอลกอฮอล์แข็งถูกนำไปให้ความร้อนจากเตาไฟฟ้าและถาดน้ำมันร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที ซึ่งจะทำให้แอลกอฮอล์แข็งกลายเป็นของเหลว จากนั้นจึงนำของเหลวไปผสมกับถ่านและกาวแป้งเปียก และทำการคลุกเคล้าด้วยมือจนส่วนผสมทั้งสามเข้ากัน มองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำไปใส่ในแม่พิมพ์รูปทรงกระบอก ทำการอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดแท่งไฮดรอลิกที่ความดัน 50 บาร์ จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อทำให้ก้อนถ่านแห้ง ก่อนที่จะนำไปทำการทดสอบการติดไฟและการเผาไหม้ต่อไป

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของถ่านอัดแท่ง สูตรที่ 1-5 สำหรับการผลิตก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2 และแบบที่ 3

ประเภทของถ่านอัดแท่ง	สูตร	แอลกอฮอล์ (% โดยน้ำหนัก)	แอลกอฮอล์ (กรัม)	กาวแป้งเปียก (กรัม)	ถ่าน (กรัม)
แบบที่ 2	1	0.00	0.0	100	400.0
แบบที่ 3	2	2.16	10.8	100	389.2
	3	4.48	22.4	100	377.6
	4	7.04	35.2	100	364.8
	5	10.00	50.0	100	350.0

2.3 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งแบบที่ 4 (ถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง)

แอลกอฮอล์แข็ง น้ำหนัก 200 กรัม จะถูกนำไปให้ความร้อนจากเตาไฟฟ้าและถาดน้ำมันร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 แอลกอฮอล์แข็งที่ถูกนำไปให้ความร้อนจากเตาไฟฟ้าและถาดน้ำมันร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 นาที

ส่วนถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็งนั้น จะใช้ถ่านอัดแท่งที่ได้จากขั้นตอนการผลิตในข้อที่ 2.1 ไปทำการจุ่มในของเหลวที่ได้จากการหลอมแอลกอฮอล์แข็งให้กลายเป็นของเหลว ใช้เวลาในการจุ่ม 1 นาที ดังรูปที่ 6 ก)

ก) ก่อนเข้าตู้อบลมร้อน ข) หลังจากเข้าตู้อบลมร้อน

รูปที่ 6 ก้อนถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง ก่อนและหลังเข้าตู้อบลมร้อน

จากนั้นนำก้อนถ่านอัดแท่งไปทำการอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อทำให้ก้อนถ่านแห้ง ดังรูปที่ 6 ข) ก่อนที่จะนำไปทำการทดสอบการติดไฟและการเผาไหม้ต่อไป

2.4 การวัดคุณสมบัติทางกายภาพของก้อนถ่านอัดแท่ง

ก้อนถ่านอัดแท่ง แบบที่ 2-4 จะถูกทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ก้อนต่อ 1 แบบ ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาว และชั่งน้ำหนักก้อนถ่านอัดแท่ง จากนั้นคำนวณปริมาตรและความหนาแน่นของก้อนถ่านอัดแท่งแต่ละก้อน พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของก้อนถ่านอัดแท่งแต่ละแบบ

2.5 การทดสอบการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง

เนื่องจากถ่านแบบที่ 1 คือ เศษถ่านและผงถ่านจากไม้กระถินยักษ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน ซึ่งมีความยาว 1-2 เซนติเมตร (มีความยาวน้อยกว่าก้อนถ่านอัดแท่ง) และรูปทรงของถ่านแบบที่ 1 แตกต่างจากถ่านแบบที่ 2-4 ดังนั้นการทดสอบในข้อ 2.5 จะไม่มีการนำถ่านแบบที่ 1 มาทำการทดสอบ และจะทดสอบเฉพาะถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4

แหล่งที่ให้ความร้อนสำหรับการติดไฟเริ่มต้น คือ ตะเกียงแอลกอฮอล์ สำหรับการทดสอบการติดไฟของก้อนถ่านอัดแท่งนั้น จะนำก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4 จำนวน 1 ก้อน วางแนวตั้งบนตะแกรงที่อยู่สูงเหนือตะเกียงแอลกอฮอล์ 0.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 7 จากนั้นทำการจุดไฟที่ตะเกียงแอลกอฮอล์ เพื่อเป็นแหล่งให้ความร้อนกับถ่านอัดแท่ง

รูปที่ 7 การติดไฟและเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง

ทำการวัดระยะทางในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาที และ 5 นาที โดยจะทำการวัดจากปลายขอบของก้อนถ่านอัดแท่งด้านที่เกิดการเผาไหม้และมีสีแดงไปจนถึงจุดที่มีการเผาไหม้และมีสีแดง รวมถึงผู้ทำการวัดจะรับรู้ได้ถึงความแตกต่างของบริเวณที่สีของก้อนถ่านที่แตกต่างกันระหว่างสีแดงกับสีดำ จากนั้นบันทึกผลการทดสอบ ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง โดยกำหนดการทดสอบว่าก้อนถ่านอัดแท่งนั้นมีการติดไฟอย่างสมบูรณ์ เมื่อทำการหยุดให้ความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ แล้วพบว่าก้อนถ่านอัดแท่งสามารถเกิดการเผาไหม้ได้เองอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งมีสีแดงทั่วทั้งก้อนจึงจะถือว่าเป็นการติดไฟอย่างสมบูรณ์ เพื่อลดค่าความเคลื่อนจากสายตาของผู้สังเกตและทำการวัดค่า รวมถึงเมื่อทำการเปลี่ยนผู้ทำการสังเกตและวัดค่า และใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดทุกครั้ง ซึ่งการทดสอบนี้จะทำการทดสอบซ้ำละ

3 ครั้ง และทำการคำนวณค่าทางสถิติอย่างง่ายของการวัดระยะทาง ซึ่งในระยะเวลาต่อจากจุดที่เกิดการติดไฟอย่างสมบูรณ์นี้ ก้อนถ่านอัดแท่งก็ยังคงเกิดการเผาไหม้ต่อไปได้ และผลิตพลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้

2.6 การทดสอบการเผาไหม้ และการส่งผ่านพลังงานความร้อนของก้อนถ่านอัดแท่งแบบต่าง ๆ ไปยังน้ำ เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน

ตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่จะทำการทดสอบ ได้แก่ ถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4 โดยเลือกใช้เตามหาเศรษฐี ที่ผลิตตามแบบที่ส่งเสริมของกระทรวงพลังงาน เป็นตัวแทนของเตาหุงต้มระดับครัวเรือน ซึ่งเตามหาเศรษฐีเป็นเตาที่ออกแบบเพื่อให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงอย่างเต็มประสิทธิภาพและสามารถที่จะประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีเมื่อเทียบกับเตาหุงต้มชนิดอื่น ๆ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

นำถ่านอัดแท่งแต่ละแบบ น้ำหนักของ 200 กรัม ไปวางในเตามหาเศรษฐี จากนั้นทำการติดไฟถ่านอัดแท่งทุกก้อนด้วยเปลวไฟจากแก๊สหุงต้ม (LPG) ที่ถูกบรรจุไว้ในกระป๋อง เป็นระยะเวลา 3 นาที ซึ่งจะทำให้ถ่านอัดแท่งทุกก้อนเกิดการเผาไหม้ต่อไปได้เอง โดยไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งเปลวไฟและพลังงานความร้อนจากภายนอก

ทำการวางหม้อที่บรรจุน้ำ 1 กิโลกรัมลงบนเตาหุงต้ม โดยทำการวัดอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น และทำการวัดอุณหภูมิของน้ำ เมื่อให้ความร้อนต่อเนื่องพร้อมทั้งจดบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 2 นาที และจดบันทึกอุณหภูมิของน้ำสูงสุดในขณะต้มน้ำ และอุณหภูมิของน้ำในขณะที่สิ้นสุดการต้มน้ำ จนกระทั่งถ่านทั้งหมดถูกเผาไหม้จนหมด ซึ่งสังเกตได้จากอุณหภูมิของน้ำมีค่าคงที่และไม่เกิดการเพิ่มอุณหภูมิ โดยใช้ระยะเวลาทดลองทั้งหมดที่เท่ากัน นาน 96 นาที

ทำการชั่งน้ำหนักน้ำที่คงเหลืออยู่ภายในหม้อ และคำนวณหาปริมาณน้ำที่ได้รับความร้อนจนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ (ปริมาณน้ำที่ระเหยไป) และทำการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ได้รับความร้อนและการเพิ่มอุณหภูมิ จากนั้นทำการคำนวณหาปริมาณความร้อนทั้งหมดที่น้ำ 1 กิโลกรัมได้รับจากการส่งผ่านความร้อนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ดังสมการที่ (1) โดยพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งและส่งผ่านไปยังน้ำ 1 กิโลกรัมจะทำให้น้ำ 1 กิโลกรัมเกิดการเพิ่มอุณหภูมิ รวมถึงทำให้น้ำบางส่วนเกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ ซึ่งปริมาณความร้อนทั้งหมดที่น้ำได้รับ เมื่อนำไปคำนวณตามสมการที่ (1) ซึ่งอยู่ในหน่วยกิโลจูล (kJ) จะถูกทำการแปลงค่าให้อยู่ในหน่วยแคลอรี่

$$Q = m_w c_w \Delta T + m_e L \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่น้ำได้รับ (kJ)
m_w คือ มวลของน้ำ (kg)
m_e คือ มวลของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ (kg)
c_w คือ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (เท่ากับ 4.187 kJ/kg·°C)
ΔT คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (อุณหภูมิน้ำสูงสุด-อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น; หน่วย °C)
L คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (เท่ากับ 2,257 kJ/kg)

ถ่านแบบที่ 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นเศษถ่านก้อนเล็ก ๆ รวมถึงผงถ่านนั้น เมื่อนำเศษถ่านและผงถ่านน้ำหนัก 200 กรัม ไปวางในเตามหาเศรษฐี จากนั้นทำการติดไฟถ่านอัดแท่งทุกก้อนด้วยเปลวไฟจากแก๊สหุงต้มที่ถูกบรรจุไว้ในกระป๋อง เป็นระยะเวลา 3 นาที และหยุดให้เปลวไฟ พร้อมทั้งทำการสังเกตการติดไฟและการเผาไหม้

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของก้อนถ่านอัดแท่ง

ความหนาแน่นเฉลี่ยของก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4 แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่าง ๆ จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.48 - 0.52 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ก้อนถ่านอัดแท่งทั้ง 6 สูตรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร และความยาวอยู่ในช่วง 6-7 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นเฉลี่ยของก้อนถ่านอัดแท่งแต่ละสูตร

ประเภทของถ่านอัดแท่ง	ถ่านอัดแท่งสูตรที่	แอลกอฮอล์ (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
แบบที่ 2	1	0.00	0.48 ± 0.01
แบบที่ 3	2	2.16	0.51 ± 0.03
แบบที่ 3	3	4.48	0.50 ± 0.01
แบบที่ 3	4	7.04	0.52 ± 0.01
แบบที่ 3	5	10.00	0.51 ± 0.03
แบบที่ 4	6	ชุบเคลือบ	0.52 ± 0.05

3.2 ผลการทดสอบการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง

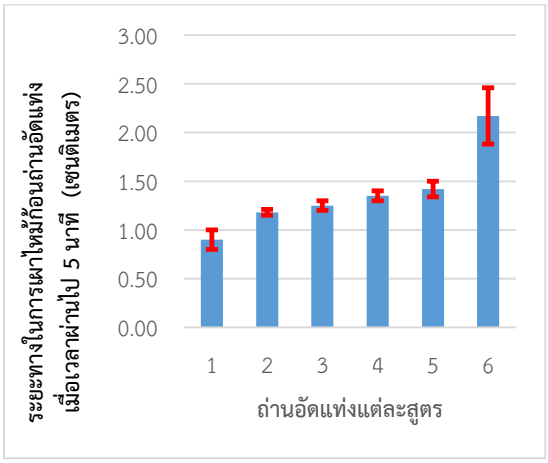
ผลการทดสอบ การติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4 ซึ่งมีการทดสอบซ้ำละ 3 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4 และรูปที่ 8-14

เมื่อทำการทดสอบจุดติดไฟและการเผาไหม้ก้อนถ่านอัดแท่ง ระยะเวลา 5 นาที (ดังรูปที่ 8-14) พบว่า สำหรับถ่านอัดแท่งแบบที่ 3 ซึ่งก็คือถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง (สูตรที่ 2-5) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของแอลกอฮอล์แข็งในส่วนผสมของก้อนถ่านอัดแท่ง จะส่งผลให้ระยะทางในการเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้น โดยที่ปริมาณแอลกอฮอล์แข็ง ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ให้ระยะทางในการเผาไหม้สูงที่สุด (1.42 ± 0.08 เซนติเมตร) นอกจากนั้นถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง (สูตรที่ 2-5) มีระยะทางการเผาไหม้ที่มากกว่าถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบต่าง ๆ

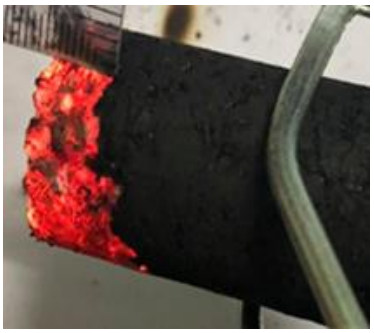
สูตรที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	ระยะทางในการเผาไหม้เมื่อผ่านไป 3 นาที (เซนติเมตร)	ระยะทางในการเผาไหม้เมื่อผ่านไป 5 นาที (เซนติเมตร)	ระยะเวลาการเผาไหม้ก้อนถ่านเพื่อให้ถ่านแดงทั่วก้อน (นาที)
1	0	0.28 ± 0.03	0.90 ± 0.10	75 ± 4.51
2	2.16	0.37 ± 0.06	1.18 ± 0.03	68 ± 2.65
3	4.48	0.43 ± 0.06	1.25 ± 0.05	64 ± 1.00
4	7.04	0.65 ± 0.05	1.35 ± 0.05	62 ± 1.04
5	10.00	0.78 ± 0.08	1.42 ± 0.08	59 ± 0.76
6	ชุบเคลือบ	0.77 ± 0.12	2.17 ± 0.29	45 ± 3.00

หมายเหตุ -ในกรณีที่หยุดให้ความร้อนด้วยตะเกียงแอลกอฮอล์ แล้วพบว่าถ่านอัดแท่งสามารถเกิดการเผาไหม้ได้เองอย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งมีสีแดงทั่วทั้งก้อน จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งนั้นได้เกิดการติดไฟอย่างสมบูรณ์

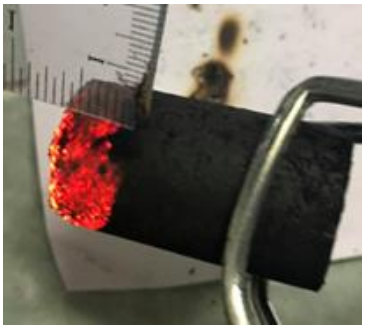


รูปที่ 8 ระยะทางในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งสูตรต่าง ๆ เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที

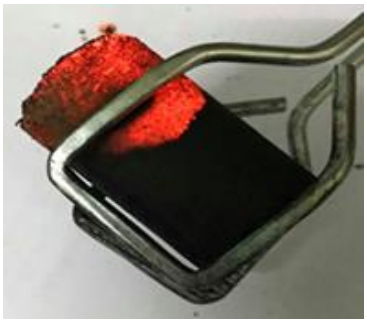
รูปที่ 9 ระยะทางการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง หรือสูตรที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที



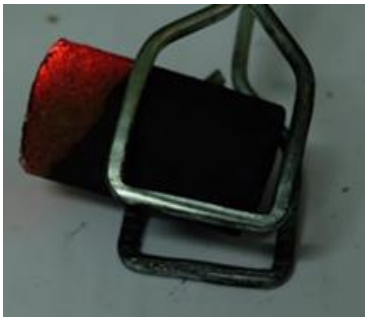
รูปที่ 10 ระยะทางการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง สูตรที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที



รูปที่ 11 ระยะทางการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง สูตรที่ 3 เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที



รูปที่ 12 ระยะทางการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง สูตรที่ 4 เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที



รูปที่ 13 ระยะทางการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง สูตรที่ 5 เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที

รูปที่ 14 ระยะทางการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง หรือสูตรที่ 6 เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที

สำหรับถ่านอัดแท่งแบบที่ 4 ซึ่งก็คือถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง เมื่อนำไปทำการทดสอบจุดติดไฟและการเผาไหม้ เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที ดังรูปที่ 9 และรูปที่ 14 จะพบว่า ระยะทางในการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง เท่ากับ 2.17 ± 0.29 เซนติเมตร ซึ่งมีระยะทางการเผาไหม้ที่มากกว่าถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง และถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง เนื่องจากถ่านอัดแท่งแบบชุบแอลกอฮอล์แข็งจะมีแอลกอฮอล์แข็งเกาะอยู่บริเวณผิวของถ่าน ทำให้เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ จะเกิดการเผาไหม้ที่บริเวณของแอลกอฮอล์แข็งก่อน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีกว่า

ผลการศึกษาการใช้แอลกอฮอล์แข็งที่มีต่อการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง พบว่า เมื่อปริมาณร้อยละของแอลกอฮอล์แข็งเพิ่มขึ้น จะทำให้ระยะเวลาในการเผาไหม้ก้อนถ่านเพื่อให้ถ่านแดงทั่วทั้งก้อนมีระยะเวลาลดลง ดังตารางที่ 4 นอกจากนั้นก้อนถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง (สูตรที่ 2-5) มีระยะเวลาการติดไฟและการเผาไหม้สั้นกว่าก้อนถ่านอัดแท่งที่ไม่มีการผสมแอลกอฮอล์แข็ง ดังตารางที่ 4

เมื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่งที่มีการใช้แอลกอฮอล์แข็งในกระบวนการผลิต ทั้งสองแบบ (แบบที่ 3 คือนำแอลกอฮอล์แข็งทำการผสมไว้ภายในและภายนอกเนื้อถ่านอัดแท่ง และแบบที่ 4 คือการเคลือบแอลกอฮอล์แข็งไว้ที่พื้นผิวด้านนอกของก้อนถ่านอัดแท่ง) พบว่า ก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่มีการชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง มีระยะเวลาการเผาไหม้ก้อนถ่านให้แดงทั่วทั้งก้อน น้อยกว่าก้อนถ่านอัดแท่งที่มีการผสมแอลกอฮอล์แข็ง (ดังตารางที่ 4) ซึ่งบ่งบอกว่า การเคลือบแอลกอฮอล์แข็งไว้ที่ผิวด้านนอกก้อนถ่านอัดแท่งนั้นจะมีส่วนช่วยให้เกิดการติดไฟและการเผาไหม้ได้อย่างดีและรวดเร็วกว่าการผสมแอลกอฮอล์แข็งไว้ในเนื้อก้อนถ่าน

ตามหลักการของปฏิกิริยาการเผาไหม้ของชีวมวลหรือวัสดุใด ๆ นั้น องค์ประกอบ 3 อย่างที่ก่อให้เกิดการติดไฟของชีวมวลได้แก่ ชีวมวล ก๊าซออกซิเจน และแหล่งให้พลังงานความร้อน (หรือเปลวไฟ) [12, 14] ซึ่งเมื่อนำก้อนถ่านอัดแท่งซึ่งคือชีวมวลไปจ่อกับเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้และให้พลังงานความร้อนของตะเกียงแอลกอฮอล์ รวมถึงก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในบรรยากาศและอยู่บริเวณรอบนอกของผิวนอกก้อนถ่านอัดแท่ง จะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้และให้ผลลัพธ์คือพลังงานความร้อน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) [7], [14]

สำหรับก้อนถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็งซึ่งที่ผิวนอกก้อนถ่านอัดแท่งจะมีองค์ประกอบของแอลกอฮอล์ที่เป็น Ethanol เคลือบอยู่ผิวภายนอก ซึ่ง Ethanol มีจุดเดือดเท่ากับ 78.42 องศาเซลเซียส [15] ซึ่งมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำ และเมื่อ Ethanol ได้รับพลังงานจากแหล่งเปลวไฟของตะเกียงแอลกอฮอล์ จนเกิดการติดไฟและการเผาไหม้ ย่อมจะก่อให้เกิดพลังงานความร้อนที่ช่วยส่งเสริมให้ก้อนถ่านอัดแท่งได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น จึงสามารถทำให้เกิดการติดไฟและการเผาไหม้ได้เร็วขึ้น เช่นเดียวกับแอลกอฮอล์แข็งที่ทำการผสมไว้ในเนื้อถ่านอัดแท่ง

นอกจากนั้นผลการทดสอบในหัวข้อ 3.3 ซึ่งใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ถ่านอัดแท่งที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์และแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์นั้นจะมีระยะเวลาสั้นกว่า ถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์

3.3 การทดสอบการเผาไหม้ และการส่งผ่านพลังงานความร้อนของก้อนถ่านอัดแท่งแบบต่าง ๆ ไปยังน้ำ เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน

ถ่านแบบที่ 1 คือ เศษถ่านและผงถ่านจากไม้กระถินยักษ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน มีการจัดเรียงตัวที่แน่นและซ้อนทับกันหลายชั้น ทำให้การติดไฟเกิดขึ้นที่ชั้นบนสุด ซึ่งเป็นบริเวณที่สามารถสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนอยู่รอบ ๆ ถ่าน เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ได้เพียงชั่วขณะหนึ่งเท่านั้น เมื่อไม่มีปริมาณออกซิเจนหรือไม่มีเปลวไฟจากภายนอก เศษถ่านและผงถ่านเหล่านั้น ก็จะไม่ติดไฟและไม่เผาไหม้ อีกทั้งถ่านในชั้นถัด ๆ ไป ไม่สามารถทำการติดไฟและเผาไหม้ได้ ซึ่งพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นไม่สามารถที่จะทำให้น้ำ 1 กิโลกรัมที่บรรจุไว้ในหม้อ นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งหมายความว่าพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ถ่านแบบที่ 1 นั้นมีปริมาณน้อยมาก จนไม่สามารถแผ่และส่งผ่านพลังงานความร้อนไปยังน้ำได้ รวมถึงไม่สามารถทำการวัดค่าพลังงานความร้อนของถ่าน โดยวิธีการวัดแบบทางอ้อมได้

ผลการทดสอบการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่ 2-4 ซึ่งมีน้ำหนัก 200 กรัม เมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน และการให้พลังงานความร้อนของก้อนถ่านอัดแท่งแต่ละแบบ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการเผาไหม้ และการส่งผ่านพลังงานความร้อนของก้อนถ่านอัดแท่งแบบต่าง ๆ ไปยังน้ำ

สูตรที่	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	ระยะเวลาการเผาไหม้ที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด (นาที)	อุณหภูมิสูงสุดของน้ำ (องศาเซลเซียส)	พลังงานความร้อนที่น้ำได้รับจากการเผาไหม้ก้อนถ่านอัดแท่ง 200 กรัม (แคลอรี่)
1	0	36	73	159,710
2	2.16	20	87	303,000
3	4.48	24	76	249,020
4	7.04	24	76	232,834
5	10.00	24	74	203,860
6	ชุบเคลือบ	20	69	171,885

ถ่านอัดแท่ง แบบที่ 2-4 เมื่อเกิดการติดไฟและเผาไหม้ย่อมก่อให้เกิดพลังงานความร้อนเป็นผลลัพธ์ของปฏิกิริยาการเผาไหม้ ซึ่งพลังงานความร้อนบางส่วนจะถูกถ่ายเทและส่งผ่านไปยังน้ำ 1 กิโลกรัม ที่ทำการบรรจุในหม้อที่ถูกวางไว้เหนือเตาถ่านที่เกิดการเผาไหม้ ซึ่งน้ำเมื่อรับพลังงานความร้อนดังกล่าว จะเกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของน้ำ จะมีเพียงน้ำบางส่วนที่ได้รับความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิจนถึง 100 องศาเซลเซียส จากนั้นน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะนำพลังงานความร้อนไปทำการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ ซึ่งค่าพลังงานความร้อนที่น้ำได้รับจากการส่งผ่านพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ก้อนถ่านอัดแท่ง 200 กรัม (แคลอรี่) จะเป็นแค่พลังงานความร้อนบางส่วนของปฏิกิริยาการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง ที่เกิดการส่งผ่านพลังงานความร้อนไปสู่น้ำในหม้อต้ม ไม่ใช่พลังงานงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ถ่านอัดแท่งในระบบเปิด ซึ่งจะมีการสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม หรือบรรยากาศที่อยู่ล้อมรอบเตาเผาและหม้อต้มน้ำ

ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง ทั้ง 4 สูตร ที่สัดส่วนร้อยละของแอลกอฮอล์แข็ง 2.16 4.48 7.04 และ 10.00 โดยน้ำหนัก ทำให้ระยะเวลาการเผาไหม้ถ่านอัดแท่งที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุด มีระยะเวลาสั้นกว่า ก้อนถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง

3.4 การนำไปใช้งานจริง

ถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็ง ร้อยละ 2.16 โดยน้ำหนัก (ถ่านอัดแท่ง สูตรที่ 2) ทำให้เกิดค่าพลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ สูงสุด (303,000 แคลอรี่ ต่อถ่าน 200 กรัม) และทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มมีค่าสูงสุด (87 องศาเซลเซียส) โดยที่ระยะเวลาการเผาไหม้ถ่านอัดแท่งที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุดนั้น เป็นระยะเวลาสั้นที่สุด (20 นาที) เมื่อเปรียบเทียบกับก้อนถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง และถ่านอัดแท่งแบบชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็ง ดังนั้นถ่านอัดแท่งสูตรที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน

4. บทสรุป

การผสมแอลกอฮอล์แข็งในกระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนทองแสนขัน ที่ค่าร้อยละ 2.16 4.48 7.04 และ 10.00 โดยน้ำหนัก รวมทั้งกระบวนการผลิตก้อนถ่านอัดแท่งแบบที่มีการชุบเคลือบแอลกอฮอล์แข็งส่งผลดีต่อการติดไฟและการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง (ทั้งระยะเวลาในการติดไฟและการเผาไหม้ก้อนถ่านเพื่อให้ถ่านแดงทั่วทั้งก้อน) และให้ผลการทดสอบดีกว่า ก้อนถ่านอัดแท่งแบบไม่ผสมแอลกอฮอล์แข็ง

พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของก้อนถ่านอัดแท่ง น้ำหนัก 200 กรัม เมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน พบว่าถ่านอัดแท่งแบบผสมแอลกอฮอล์แข็งร้อยละ 2.16 โดยน้ำหนัก ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด เท่ากับ 303,000 แคลอรี่ และทำให้อุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มมีค่าสูงสุด (87 องศาเซลเซียส) ในระยะเวลาการเผาไหม้ 20 นาทีมีระยะเวลาการเผาไหม้ก้อนถ่านอัดแท่งจนมอดดับ 96 นาที ดังนั้นถ่านอัดแท่งสูตรที่ 2 มีความเหมาะสมมากที่สุดใน

การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาหุงต้มระดับครัวเรือน

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 (สัญญาเลขที่ R2561B106) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมาร์ตกริดเทคโนโลยี และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Chaiwattanapipat W, Manonai J, Feungoui P, Phiphattanaphiphop C. The study of property and ingredients of wood pellet from bamboo. Thai Industrial Engineering Network Journal. 2018; 4(2):21-7.Thai.

[2] Wattanachira L, Laapan N, Chatchavarn V, Thanyacharoen A, Rakruam P. Development of biobriquettes from mixed rice-straw and longan waste residues. KMUTT Research and Development Journal. 2016; 39(2):239-255.Thai.

[3] Tangmankongworakoon N. The production of fuel briquettes from bio-agricultural wastes and household wastes. Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology). 2014; 11:66-77.Thai.

[4] Jutajan W. A study of charcoal burning process and properties of briquetted charcoal from vetiver grass. Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University. 2019; 9(2):135-46.Thai.

[5] Wilaipon P, Chareonsawan P, Srihawong N, Menkoed C, Prakobkasikorn P, Kumboon P. Briquette ratio investigation of charcoal briquette produced from brick-burning-process residual charcoal. RMUTL. Eng. J. 2019; 4(1):43-50.Thai.

[6] Chanchaiphoom H. Charcoal from shell tamarind. In: RTUNC 2018: Proceedings of the 3rd National Conference; 2018 May 25; Thailand, p. 288-96.

[7] Jangsawang W. Gas technology for production of producer gas from biomass. Bangkok: Danax Inter Corporation Company; 2013.

[8] Koolwattanaporn S. Resource center, food and drug administration. Production of solid alcohol. Available from: http://elib.fda.moph.go.th/library/default.asp?page2=subdetail&id_L1=27&id_L2=15672&id_L3=1128 [Accessed 11th February 2020].

[9] Soontraruk S, Makmoon D, Wongmalee W. The development of charcoal fuel briquettes from eucalptus leaves and brasiliensis leaves. In: NIRC II 2018: Proceedings of the 2rd National and International Research Conference; Thailand, p. 339-348.

[10] Chuaythong T, Chaichana T, Amloy S. Properties of charcoal from areca catechu linn shells. Thaksin University Journal. 2014; 39(2):68-75.Thai.

[11] Chutsawang N. Charcoal briquette from durian husk in Tombol Kwuanhuk community enterprise, Khlung, Chanthaburi. M.Eng. Thesis. Rambhai Barni Rajabhat University; 2013.

[12] Torsakul S, Thongsri K, Supharattana C. Development of charcoal briquette from scrapped coconut for alternative energy. In: IE Network Conference 2012: Proceedings of the Industrial Challenges in the ASEAN Economic Community; 2012 October 17-19; Thailand, p. 1381-86.

[13] Boontheung N. The physical and thermal properties of compressed corncob coconut shell compostie charcoal using bio-fermentation as a binding agent. M.Sc.Thesis. Chiang Mai Rajabhat University; 2011.

[14] Tippayawong N. Gas Technology for Biomass Transformation. Bangkok: TPA Publishing; 2012.

[15] Wikipedia. Ethanol. Available from: https://en. wikipedia. org/wiki/Ethanol [Accessed 15th April 2020].