

การใช้กากมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นตัวประสานในการอัดแท่ง ผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด*

Utilization of Cassava Residue from Agro-Industry as Binder with Powder of Palmyra Palm fruit Peel Charcoal for Briquettes Fuel Production

Received:	August	1, 2019
Revised:	October	22, 2019
Accepted:	October	29, 2019

กนกวรรณ สุกรนันท์ (Kanokwan Sukaranandana)**

นิพนธ์ ตันไพบุลย์กุล (Nipon Tanpaiboonkul)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำกากมันสำปะหลังที่เป็นของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาเป็นตัวประสานร่วมกับผงถ่านจากเปลือกตาลโตนดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นชุดการทดลองควบคุม เพื่อศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของเชื้อถ่านอัดแท่งที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งรวมถึงมีการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงก่อนนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547) โดยออกแบบอัตราส่วนของผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด: ตัวประสาน เป็น 5 ชุดการทดลองคือ 3:0.5, 3:1.0, 3:1.5, 3:2.0 และ 3:2.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

จากการศึกษาพบอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง ผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด:แป้งมันสำปะหลังและผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด:กากมันสำปะหลัง คืออัตราส่วน 3:2.0 และ 3:1.5 มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.48 และ 0.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดัชนีการแตกร่วนเท่ากับ 0.84 และ 0.93 ความชื้นเท่ากับ 6.62 และ 10.45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารระเหยเท่ากับ 11.82 และ 6.61 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.36 และ 1.22 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนคงตัวเท่ากับ 81.19 และ 78.70 เปอร์เซ็นต์ ค่าความร้อน 5,690 และ 5,241 แคลอรีต่อกรัม และประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง 24.60 และ 23.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งพบว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกตาลโตนดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปพัฒนาเพื่อการใช้งานได้

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง/เปลือกตาลโตนด/กากมันสำปะหลัง/แป้งมันสำปะหลัง

* เพื่อเผยแพร่ในงานวิจัยหลักสูตร วท.บ.เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

** อาจารย์ประจำ หลักสูตร วท.บ.เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (Lecturer, Department of Environment Technology, Faculty of Environment and Resource Studies Maharakham University) Email: pinkdao_9@hotmail.com

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำหลักสูตร วท.บ.เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(Assistant Professor, Department of Environment Technology, Faculty of Environment and Resource Studies, Maharakham University) Corresponding author, Email: nipon.t@msu.ac.th

Abstract

This research investigated the utilization of the cassava waste from the agricultural industry as the binding agent in the compressed fuel production by combining it with the charcoal powder made of palmyra palm shells. In the control sets, the tapioca starch as the binding agent. The characteristics and properties of the charcoal briquettes made of the waste materials were studied and the fuel quality was also examined and compared to the Thai Community Product Standard of charcoal briquettes (TCPS 238/2004). In total of 5 sets, the different mixing ratios of the charcoal powder to the binding agent were determined by weight as 3:0.5, 3:1.0, 3:1.5, 3:2.0, and 3:2.5 respectively.

The study found that the appropriate mixing ratios of the charcoal powder to the tapioca starch and to the cassava waste were 3:2.0 and 3:1.5. These ratios showed the density of 0.48 and 0.43 kg/m³, the shatter index of 0.84 and 0.93, the 6.62% and 10.45% of moisture, the 11.82% and 6.61% of volatile matter, the 0.36% and 1.22% of ash content, the 81.19% and 78.70% of fixed carbon, the calorific value of 5,690 and 5,241 Cal/g, and the 24.60% and 23.26% of combustion efficiency. Compared to the TCPS of charcoal briquettes, the produced charcoal briquettes from the palmyra palm shells exceeded the standard and can be improved for practical uses.

Keywords: Briquetted charcoal / Palmyra palm / Tapioca starch/ Cassava Residue

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน สถานะด้านพลังงานเป็นปัญหาที่วิกฤตต่อภาวะเศรษฐกิจและสังคมของประเทศเป็นอย่างมาก มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นช่วงเดือนมกราคมถึง พฤษภาคม ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งสิ้น 80,752 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ โดยคิดเป็นพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิมเพียงร้อยละ 6.6 ของปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด(กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) ทุกหน่วยงานจึงพยายามหามาตรการลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมันที่มีราคาแพง จึงมีการสนับสนุนให้ใช้พลังงานเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานฟอสซิล เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีศักยภาพในการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ในรูปแบบที่ได้จากพลังงานชีวมวล เศษวัสดุเหลือทิ้งสามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือแปรรูปให้เป็นพลังงานทดแทนหรือเชื้อเพลิงทดแทนการใช้ น้ำมันและมุ่งหวังให้การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นชีวมวลจึงเป็นแหล่งพลังงานที่เหมาะสมต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนได้เป็นอย่างดี การแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นพลังงานที่นิยมรูปแบบหนึ่ง คือ การอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งเป็นวิธีที่มีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากและมีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถทำได้ง่ายในชุมชนได้เชื้อเพลิงที่จุดติดไฟทำได้ง่ายกว่าฟืนและถ่านและยังเป็นพลังงานสะอาด จากการศึกษาพบว่า

งานวิจัยทดลองนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เช่น เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง (อัจฉรา อัครวิบูลย์ชัย, ชลันดา เสมสายัณห์, นัฐพร ประภักดี, ญัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ และ นิภาวรรณ ชูชาติ. (2554) เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว (ธนาพล ตันตีสัตย์กุล , กะชามาศ สายดำ, สุจิตรา ภู่งสี และ ศิวพร เงินเรืองโรจน์ (2558) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากชาและกาแฟ (นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุลและพัชรี ปรีดาสุริยะชัย. 2558) และ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากผักตบชวา (นิพนธ์ ตันไพบุลย์กุล และ ธรพร บุศย์น้ำเพชร 2559) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าสามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ฟืนได้เป็นอย่างดี ตาลโตนดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีมากในพื้นที่ภาคกลาง โดยเฉพาะจังหวัดเพชรบุรีซึ่งผลของตาลโตนดที่เกิดจากตาลตัวเมียนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายได้แก่ถนอมตาลสด หรือการนำเปลือกของผลตาลมาทำเป็นส่วนผสมทำขนมหรือส่วนอื่นมาทำเป็นอาหารเป็นต้น นับว่าตาลโตนดจึงเป็นพืชที่มีความสำคัญทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม รวมถึงวัฒนธรรมของจังหวัดเพชรบุรีมาโดยตลอด (นภสมน นิจรัตน์ 2014) ของเหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์ของตาลโตนดจัดเป็นวัสดุที่มีคุณค่าสามารถนำมาเป็นทั้งวัสดุตั้งต้นผลิตปุ๋ยและเชื้อเพลิงอัดแท่ง (จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และพิทักษ์ อุปัญญา 2556) หรือ การใช้วัสดุเหลือใช้จากตาลโตนดเป็นเชื้อเพลิงในระบบแก๊สซิไฟเออร์เบดนิ่ง ได้ (อนุรักษ์ เกษวัฒนากุล และ สุนันทศักดิ์ ระวังวงศ์ 2559)

โดยทั่วไปแล้วการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นมีการใช้ตัวประสานในส่วนผสมเพื่อให้ถ่านอัดแท่งสามารถเชื่อมประสานเป็นก้อนเมื่ออัดขึ้นรูปได้ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้วัสดุประเภทแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำและให้ความร้อนเพื่อให้มีลักษณะเป็นกาวเหนียว ดังนั้นเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากของเสียเหลือทิ้งจากด้านอุตสาหกรรม การเกษตร ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำกากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมันมาเป็นส่วนผสมในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำกากมันสำปะหลังผสมน้ำและให้ความร้อนเพื่อให้มีลักษณะเหนียวก่อนนำมาผสมกับวัสดุที่เตรียมไว้ขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่งต่อไป ซึ่งกากมันสำปะหลังเป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันอาจมีการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตก๊าซชีวภาพหรือนำไปเลี้ยงสัตว์ แต่การนำมาใช้เป็นส่วนผสมเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นเป็นทางเลือกถึงการนำของเสียมาใช้ประโยชน์เพื่อความยั่งยืนด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้ต่อไป

ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกตาลโตนด โดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิดได้แก่ แป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง และเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งที่ได้ในอัตราส่วนผสมระหว่างผงถ่านจากเปลือกตาลโตนดและตัวประสานต่อตัวประสานที่อัตราส่วนแตกต่างกันนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช 238/2547) ต่อไป

วิธีการศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

เปลือกตาลโตนดจากในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม (รูปที่ 1 ก) นำมาตากให้แห้งใช้ระยะเวลา 2-3 สัปดาห์ ก่อนนำไปเผาให้เป็นถ่านในถัง 200 ลิตร ที่ออกแบบสำหรับการเผาถ่าน (รูปที่ 1 ข) จากนั้นนำถ่านที่ได้มาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงและนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 1 ค) เก็บไว้ในถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้น, แป้งมันสำปะหลังซื้อจากร้านค้าในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

(รูปที่ 1 ง) ผสมกับน้ำประปาอัตราส่วน น้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง 250 : 25 (ลิตร/กิโลกรัม) กวนให้เข้ากันก่อนอุ่น ให้มีความร้อนประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส จนมีความเหนียว เพื่อนำไปใช้เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง และกากมันสำปะหลังนำมาจากโรงงานผลิตแป้งมันในพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ (รูปที่ 1 จ) นำกากมันสำปะหลัง ตากแดดกลางแจ้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จนแห้งซึ่งจะมีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ จากนั้นนำไปทุบให้ละเอียด หรือให้มีขนาดเล็กกลงก่อนนำไปผสมกับน้ำประปาที่อัตราส่วนน้ำต่อกากมันสำปะหลัง 125 : 25 (ลิตร/กิโลกรัม) กวนผสมให้เข้ากัน อุ่นให้ความร้อนประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส กวนจนเป็นเนื้อเดียวกันและมีความเหนียว เพียงพอก่อนใช้เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผงถ่านตาลโตนดต่อตัวประสาน 3.0:0.5, 3.0:1.0, 3.0:1.5, 3.0:2.0 และ 3.0:2.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ตามลำดับ โดยวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดนำไปทดสอบสมบัติโดยประมาณ (Proximate Analysis) และค่าความร้อนก่อนนำไปขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่ง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เตาเผาถ่านเตรียมจากถัง 200 ลิตร แบบมีฝาปิด, เครื่องขึ้นรูปถ่านอัดแท่งโดยใช้แรงคนของสำนักงานพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จังหวัดมหาสารคาม, เครื่องบดลดขนาด, ตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร, เตาอังไล่ขนาดปานกลาง, หม้อเบอร์ 24, เครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น cal 2k e2k, เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle Furnace), เทอร์โมมิเตอร์, นาฬิกาจับเวลา, ตราชั่งดิจิตอลและอุปกรณ์เครื่องแก้วขนาดต่างๆ

3. การขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งมีอัตราส่วนผสมตามตารางที่ 1 โดยนำตัวประสานที่ผสมน้ำเตรียมไว้แล้ว มาผสมกับผงถ่านจากเปลือกตาลโตนดคลุกให้เข้ากันก่อนนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยแรงคน เหยียบ โดยอัตราส่วนที่ออกแบบเป็นการออกแบบเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปได้ของถ่านอัดแท่ง แสดงดังรูปที่ 2 ที่มีการบรรจุผงถ่านที่คลุกด้วยตัวประสานลงในแบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 4 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร สูง 4-6 เซนติเมตร โดยการขึ้นรูป 1 ครั้งได้ ก้อนตัวอย่างถ่านอัดแท่งจำนวน 2 ก้อน และใช้เวลาการเหยียบค้ำไว้ 30 วินาที

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของผงถ่านตาลโตนด : ตัวประสาน

ชุดการทดลอง	ผงถ่านตาลโตนด:แป้งมัน	ผงถ่านตาลโตนด:กากมันสำปะหลัง
1	3 : 0.5	3 : 0.5
2	3 : 1.0	3 : 1.0
3	3 : 1.5	3 : 1.5
4	3 : 2.0	3 : 2.0
5	3 : 2.5	3 : 2.5



รูปที่ 1 วัสดุที่ใช้ทำถ่านอัดแท่ง (ก) เปลือกตาลโตนด (ข) เต้าเผาถ่านถึง 200 ลิตร (ค) ผงถ่านบดละเอียด (ง) แป้งมันสำปะหลัง และ (จ) กากมันสำปะหลัง



รูปที่ 2 เครื่องขึ้นรูปถ่านอัดแท่งด้วยแรงคน

4. การทดสอบ

4.1 วัตถุประสงค์

ในการทดสอบคุณสมบัติวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ผงถ่านจากตาลโตนด, แป้งมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลัง ด้วยการวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ประกอบไปด้วยเป็นการหาปริมาณ ความชื้น (Moisture content) ปริมาณสารระเหย (Volatile solid) ปริมาณเถ้า (Ash) และปริมาณคาร์บอน คงตัว (Fixed carbon) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D7582-15

4.2 ก่อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ในการทดลองครั้งนี้มีการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงดังนี้

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความสามารถในการขึ้นรูป เป็นการประเมินลักษณะการขึ้นรูปก่อนตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่ง
2. ความหนาแน่น (Density) คำนวณค่าความหนาแน่นจากความสัมพัทธ์

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), m คือมวลของชีวมวลอัดแท่ง (กรัม) และ V คือปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3. ค่าดัชนีการแตกร่วน (Shatter index) ตามมาตรฐาน ASTM D3038-93 คำนวณค่าดัชนีแตกร่วนจากความสัมพัทธ์

$$R = \frac{Wf}{Wi} \quad (2)$$

เมื่อ R คือค่าดัชนีการแตกร่วน, Wf คือน้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือจากการทดลอง (กรัม) และ Wi คือน้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนการทดสอบ (กรัม)

4.2.2 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง

1. ค่าความร้อน (Heating Value) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3286-96
2. ปริมาณความชื้น (Moisture Content) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D7582-15
3. ปริมาณเถ้า (Ash Content) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D7582-15
4. ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D7582-15
5. ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D7582-15
6. ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากความสัมพัทธ์

$$Hu = \frac{(MiCp(T2-T1)+(MeL)*100)}{MH} \quad (3)$$

เมื่อ **Hu** คือประสิทธิภาพ (ร้อยละ), **Mi** คือมวลของน้ำเริ่มต้น (กรัม), **Cp** คือค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.184 กิโลจูล/กิโลกรัม), **T2** คืออุณหภูมิที่น้ำเดือด (องศาเซลเซียส), **T1** คืออุณหภูมิที่น้ำเดือด (องศาเซลเซียส), **Me** คือมวลของน้ำที่ระเหย (กรัม), **L** คือค่าความร้อนแฝงของน้ำ 2,260 กิโลจูล/กิโลกรัม, **M** คือมวลของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กิโลกรัม) และ **H** คือค่าความร้อนของถ่าน (กิโลจูล/กิโลกรัม)

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

1. คุณสมบัติของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ของถ่านจากเปลือกตาลโตนดและตัวประสานแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง ก่อนนำไปอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแสดงได้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์โดยประมาณของผงถ่านตาลโตนดและตัวประสาน

ตัวอย่าง	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	สารระเหย (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (Cal/g) มผช.238-2547* (>5000 แคลลอรี่/กรัม)
ผงถ่านเปลือกตาลโตนด	4.08	1.20	10.16	84.56	5,962
แป้งมันสำปะหลัง	9.43	0.09	90.07	0.41	3,496
กากมันสำปะหลัง	9.28	2.92	48.90	38.90	3,616

* มผช.238-2547 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

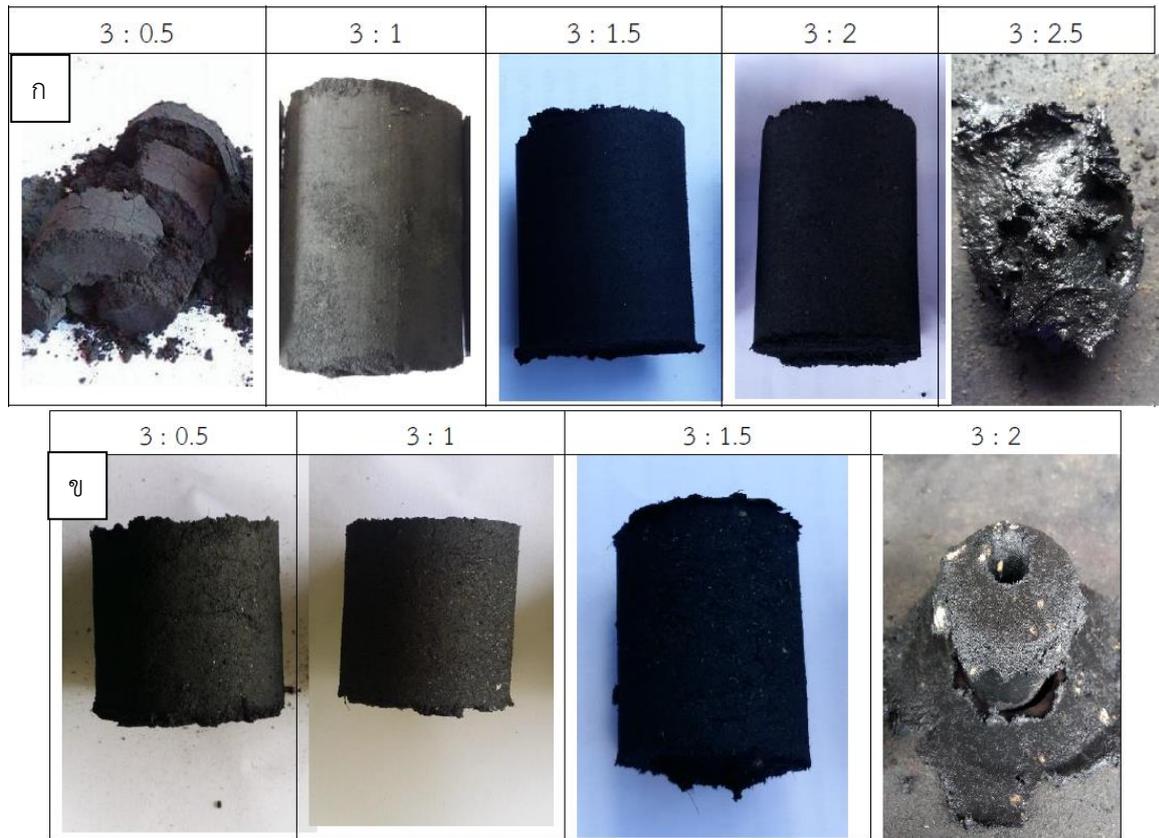
จากตารางรายงานผลการวิเคราะห์คุณสมบัติโดยประมาณของวัตถุดิบก่อนนำไปอัดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ประเภท พบว่าปริมาณค่าความร้อนของผงถ่านตาลโตนดมีค่า 5,962 Cal/g เมื่อพิจารณาร่วมกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช 238-2547) นั้นมีค่าสูงกว่า แต่ทั้งนี้หากมีการนำผงถ่านมาใช้งานอาจยังไม่สะดวกนักเนื่องจากผงถ่านมีลักษณะเป็นผง ดังนั้นเพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการนำไปใช้งานผู้วิจัยจึงนำมาผสมกับตัวประสานเพื่อทำให้ผงถ่านอัดแท่งเป็นก้อนโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ได้แก่กากมันสำปะหลังในอัตราส่วนที่แตกต่างกันและมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวควบคุม ซึ่งมีค่าความร้อน 3,496 และ 3,616 Cal/g ตามลำดับ ค่าความร้อนของตัวประสานทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกันโดยกากมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการใช้กากมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะไม่ส่งผลให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลงได้ ส่วนความสามารถต่อการนำมาผสมพบว่ากากมันสำปะหลังมีความชื้นเหนียวคล้ายแป้งมันเมื่อนำมาผสมน้ำและให้ความร้อนจึงสามารถนำมาเป็นส่วนผสมในเชื้อเพลิงอัดแท่งได้เช่นเดียวกับแป้งมันสำปะหลัง เมื่อพิจารณาด้านความเหมาะสมด้านต้นทุนและความสะดวกในการจัดหาสำหรับใช้งานแล้วพบว่ากากมันสำปะหลังมีต้นทุนที่ถูกกว่าอีกด้วย

2. ความสามารถในการขึ้นรูปของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการทดลองการอัดแท่งจากผงถ่านตาลโตนดและตัวประสาน 2 ชนิด ด้วยวิธีการอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดแบบแรงงานคนซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 4 – 6 เซนติเมตร และได้ทำการประเมินความสามารถในการอัดขึ้นรูปในอัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 และ รูปที่ 3 ผู้วิจัยมีเกณฑ์การประเมินโดยพิจารณาจาก คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ดี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ข้อ คือ คุณสมบัติด้านการจัดการ ถ่านอัดที่ได้ไม่ควรร่วน หรือแตกแยกออกเป็นส่วนๆ ในระหว่างการจัดเก็บรักษาและการเคลื่อนย้าย และคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงโดยจะเกี่ยวข้องกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้รูปร่างและความหนาแน่นที่ได้ (กรมวิทยาศาสตร์บริการ,2559) การศึกษาวิจัยนี้จึงประเมินการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งได้ดังต่อไปนี้ 1) ความสามารถในการอัดส่วนผสมออกมาจากกระบอกอัด ถ้าส่วนผสมออกมาง่ายอย่างสม่ำเสมอถือว่าอยู่เกณฑ์ดีแต่หากส่วนผสมออกมาไม่สม่ำเสมอถือว่าความสามารถในการอัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ดีและถ้าหากส่วนผสมไม่สามารถเคลื่อนตัวออกมาได้จะถือว่าไม่สามารถอัดได้ 2) ความสามารถในการขึ้นรูปของส่วนผสม หลังจากออกจากกระบอกอัดแล้วหากส่วนผสมคงรูปทรงกระบอกได้แสดงว่าความสามารถในการอัดขึ้นรูปอยู่ในเกณฑ์ดี 3) ผิวของส่วนผสมหลังจากที่อัดออกมาหากมีผิวสม่ำเสมอตลอดแท่งถือว่าเป็นผิวเรียบ และ 4) ความแข็งแรงหรือการแตกหัก ถ่านมีความแข็งแรงไม่เปราะหรือแตกหักแสดงว่าเชื้อเพลิงมีความแข็งแรง

ตารางที่ 3 ลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดโดยใช้แรงคน

ชนิดเชื้อเพลิง	อัตราส่วนผสม โดยน้ำหนัก	ความสามารถ ในการอัดขึ้นรูป	ความสามารถ ในการขึ้นรูป	ลักษณะผิว	ความแข็งแรง (การแตกหัก)
ผงถ่าน ตาลโตนด/ แป้งมัน สำปะหลัง	3 : 0.5	ไม่สามารถขึ้นรูปได้(ยังคงมีลักษณะเป็นผง)			
	3 : 1.0	อัดได้	ไม่ดี	มีรอยร้าว	แตก
	3 : 1.5	อัดได้	ดี	เรียบ	ไม่แตก
	3 : 2.0	อัดได้	ดี	เรียบ	ไม่แตก
	3 : 2.5	ไม่สามารถขึ้นรูปได้(มีลักษณะเหลวเกินไป)			
ผงถ่าน ตาลโตนด/ กากมัน สำปะหลัง	3 : 0.5	อัดได้	ไม่ดี	มีรอยร้าว	แตก
	3 : 1.0	อัดได้	ดี	เรียบ	ไม่แตก
	3 : 1.5	อัดได้	ดี	เรียบ	ไม่แตก
	3 : 2.0	ไม่สามารถขึ้นรูปได้(มีหลักลักษณะเหลวเกินไป)			



รูปที่ 3 การขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง

(ก) ผงถ่านตาลโตนดและแป้งมันสำปะหลัง (ข) ผงถ่านตาลโตนดและกากมันสำปะหลัง

จากตารางที่ 3 และรูปที่ 3 ผลการประเมินความสามารถในการอัดขึ้นรูปของถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งจากผงถ่านตาลโตนดกับตัวประสานแป้งมันสำปะหลังสามารถขึ้นรูปได้ดี 2 อัตราส่วนคือ 3 : 1.5 และ 3 : 2.0 ขณะที่ถ่านอัดแท่งจากผงถ่านตาลโตนดกับกากมันสามารถขึ้นรูปได้ดี 2 อัตราส่วนคือ 3 : 1.0 และ 3 : 1.5 ตามลำดับ โดยมีลักษณะขึ้นรูปได้ดี ผิวเรียบและไม่แตกหักง่าย ในขณะที่อัตราส่วนอื่นๆพบปัญหาจากการขึ้นรูป เช่น มีรอยแตกร้าว ไม่แข็งแรงและขึ้นรูปไม่ได้เป็นต้น

3. คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.1 การวิเคราะห์โดยประมาณของเชื้อเพลิง (Proximate Analysis) และค่าความร้อน (Heating Value)

จากผลการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านการเป็นเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจาก ผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 3 : 1.0, 3 : 1.5 และ 3 : 2.0 และผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 3 : 0.5, 3 : 1.0 และ 3 : 1.5 แสดงในรูปที่ 4 ดังนี้

ปริมาณความชื้น

จากการศึกษาพบปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงอัดแท่งผง่านกับแ่งมันสำปะหลังสูงสุดที่ 7.09 ในอัตราส่วน 3 : 1.5 และผง่านกับกากมันสำปะหลังสูงสุดที่ 11.29 ในอัตราส่วน 3 : 1.0 ซึ่งตามมาตรฐานชุมชนเชื้อเพลิงอัดแท่ง มผช 238/2547 กำหนดความชื้นเชื้อเพลิงอัดแท่งไม่เกินร้อยละ 8 โดยถ่านอัดแท่งที่ใช้กากมันมีค่าความชื้นสูงถึงร้อยละ 11.29 เป็นผลจากระยะเวลาการตากแห้งน้อยเกินไปและอากาศค่อนข้างชื้นจากฤดูฝน ซึ่งหากมีระยะเวลาการตากแห้งยาวนานขึ้นนั้นปริมาณความชื้นสามารถลดลงได้โดยไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 8 (มผช 238/2547) โดยความชื้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงนั้นมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ลดลง

ปริมาณสารระเหย

จากการศึกษาพบปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากถ่านเปลือกตาลโตนด : แ่งมันสำปะหลัง เท่ากับร้อยละ 11.89 ในอัตราส่วนที่ 3 : 1.5 และ ถ่านเปลือกตาลโตนด : กากมันสำปะหลัง เท่ากับร้อยละ 12.63 ในอัตราส่วนที่ 3 : 0.5 เห็นได้ว่าเชื้อเพลิงจากถ่านเปลือกตาลโตนด : กากมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าถ่านจากถ่านเปลือกตาลโตนด : แ่งมันสำปะหลังเล็กน้อยและมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากทั้งกากมันและแ่งมันมีปริมาณสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ โดยมีการกำหนดปริมาณสารระเหยในถ่านไม้สำหรับการหุงต้มกำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช 657/2547) ไว้ไม่เกินร้อยละ 25 ซึ่งจากการศึกษานี้มีค่าไม่เกินเกณฑ์ทุกอัตราส่วน

ปริมาณเถ้า

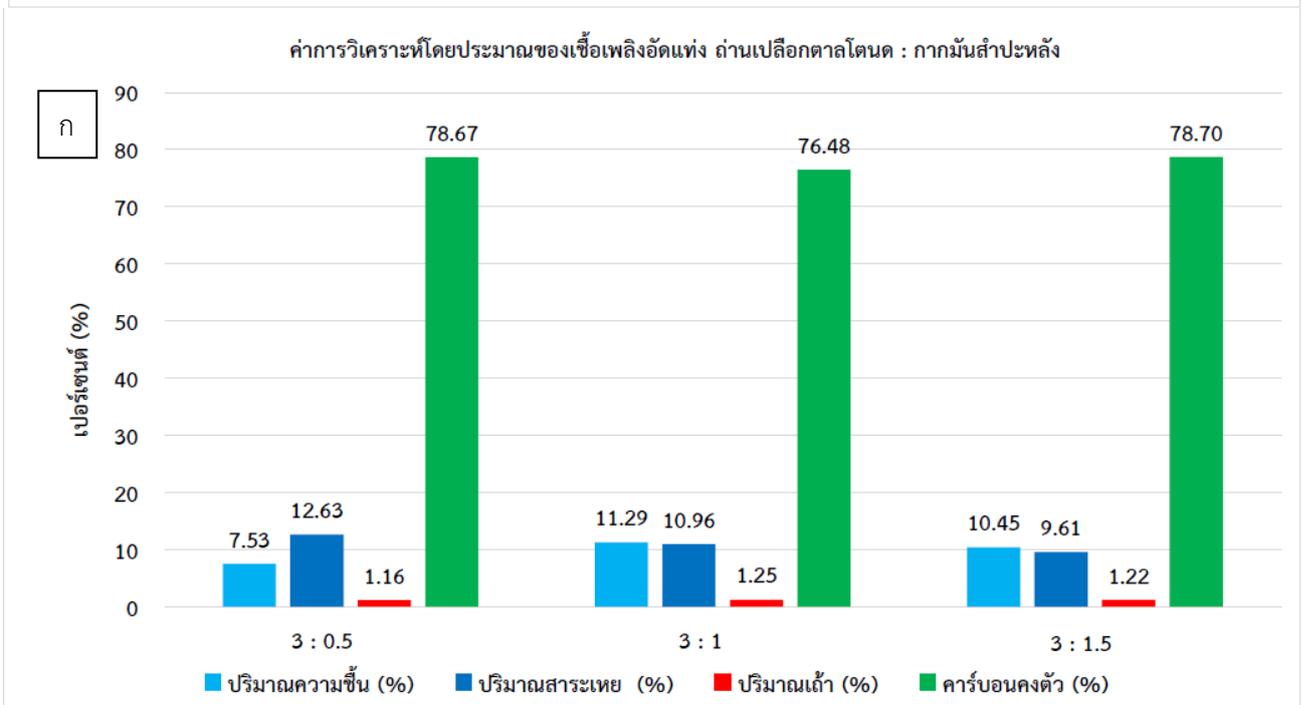
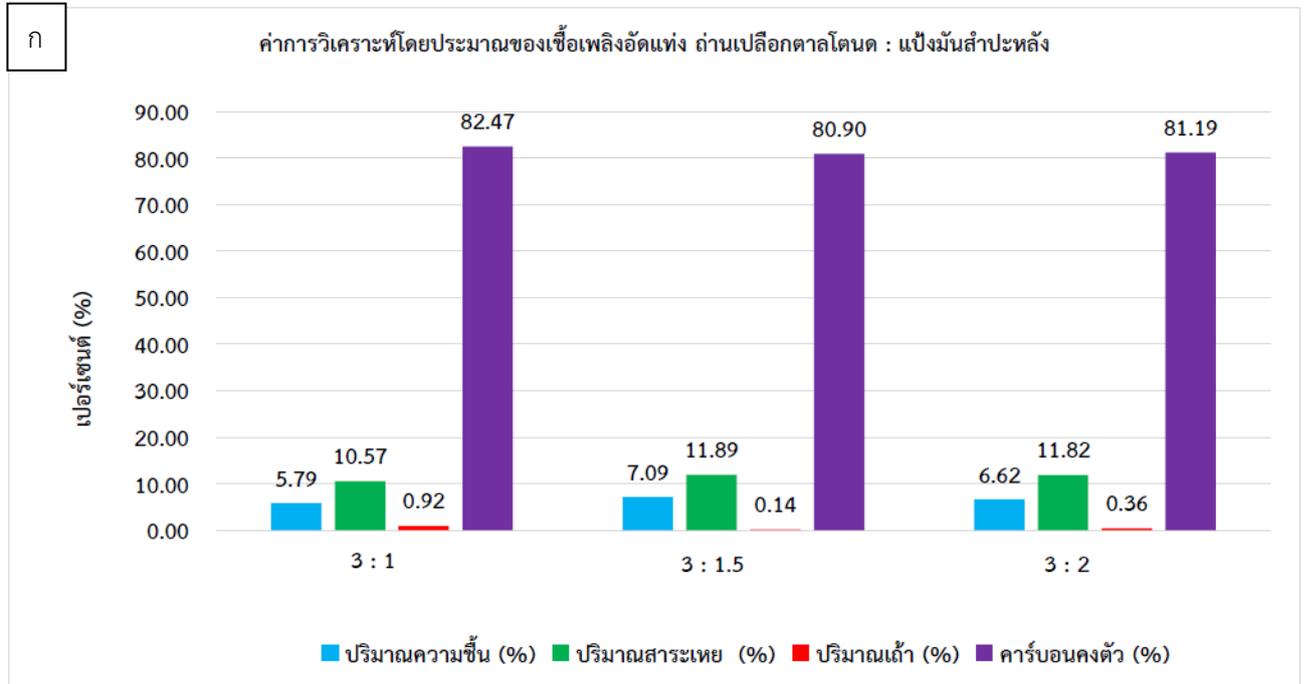
จากการศึกษาพบปริมาณเถ้าสูงสุดของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากผง่านตาลโตนด : แ่งมันสำปะหลัง ร้อยละ 0.36 ที่อัตราส่วน 3 : 1.0 และปริมาณเถ้าของถ่านจากถ่านเปลือกตาลโตนด : กากมันสำปะหลัง เท่ากับ ร้อยละ 1.25 ที่อัตราส่วน 3 : 1.0 โดยปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงจากผง่านตาลโตนดกับกากมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าเนื่องจากยังคงมีส่วนกากหลงเหลือปะปนอยู่ในส่วนผสม ปริมาณเถ้าหากมีมากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานและความร้อนความร่อนลดลงไปด้วย (ทองทิพย์ พูลเกษม. 2542) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช 657/2547) กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ดังนั้นถ่านที่ได้จากการศึกษานี้มีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด จึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

ปริมาณคาร์บอนคงตัว

จากผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 2 ชนิด พบค่าปริมาณคาร์บอนสูงสุดในอัตราส่วน 3 : 1.0 ของผง่านเปลือกตาลโตนด: แ่งมันสำปะหลัง ร้อยละ 82.47 และ อัตราส่วน 3 : 1.5 ของผง่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง ร้อยละ 78.70 ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราส่วนในส่วนผสมในแต่ละชนิดของตัวประสานมีปริมาณคาร์บอนคงตัวใกล้เคียงกัน โดยปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูงนี้ส่งผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งเนื่องจากสามารถเผาไหม้ให้ความร้อนได้ดี (ทองทิพย์ พูลเกษม. 2542)

จากผลการศึกษาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด แสดงในตารางที่ 4 พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งผง่านเปลือกตาลโตนด: แ่งมันสำปะหลัง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแ่งมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 5,443 5,540 5,690 แคลอรีต่อกรัม ขณะที่เชื้อเพลิงอัดแท่งผง่านเปลือกตาลโตนด:

กากมันสำปะหลัง มีค่า 5,555 5,362 5,242 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งการใช้กากมันมีส่วนทำให้ค่าความร้อนลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณกากมันมากขึ้นเนื่องจากเชื้อเพลิงที่นำมาทดลองมีความชื้นค่อนข้างสูงในอัตราส่วนกากมันที่ 1.0 และ 1.5 และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช 238/2547) พบว่าค่าความร้อนมีค่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนด



รูปที่ 4 การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่อัตราส่วนแตกต่างกัน
(ก) ผงถ่านเปลือกตาลโดนด: แป้งมันสำปะหลัง (ข) ผงถ่านเปลือกตาลโดนด: กากมันสำปะหลัง

ตารางที่ 4 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	
	ผงถ่านเปลือกตาลโตนด:แป้งมันสำปะหลัง	ผงถ่านเปลือกตาลโตนด:กากมันสำปะหลัง
3 : 0.5	-	5,555
3 : 1.0	5,443	5,362
3 : 1.5	5,540	5,241
3 : 2.0	5,690	-

3.2 ความหนาแน่น

จากผลการทดสอบความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกตาลโตนด : แป้งมันสำปะหลัง และผงถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งเห็นได้ว่าคุณสมบัติความหนาแน่นของผงถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง อยู่ระหว่าง 0.41 - 0.48 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และผงถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.48 – 0.43 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	
	ผงถ่านเปลือกตาลโตนด:แป้งมันสำปะหลัง	ผงถ่านเปลือกตาลโตนด:กากมันสำปะหลัง
3 : 0.5	-	0.42
3 : 1.0	0.41	0.43
3 : 1.5	0.43	0.47
3 : 2.0	0.48	-

ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงทั้ง 2 ส่วนผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณตัวประสาน เช่นเดียวกับการศึกษาของ นิพนธ์ ตันไพบุลย์กุล และธรรพร บุศย์น้ำเพชร (2559) ที่พบว่าหากใช้แป้งมันสำปะหลังมากขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงสูงขึ้นและถ้าใช้ปริมาณแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนผสมน้อยจะทำให้ค่าความหนาแน่นน้อยตามไปด้วย ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีผลต่อการนำไปใช้งานช่วยให้เกิดการลุกไหม้และให้ความร้อนได้นาน เมื่อมีความหนาแน่นสูง ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็วไม่สะดวกต่อการใช้งานและต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อยๆ แต่ข้อเสียของเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากเกินไปทำให้การลุกไหม้เกิดไม่สะดวกและบางครั้งอาจทำให้เชื้อเพลิงติดไฟยากอีกด้วย (ศิริชัย ต่อสกุล กุณฑล ทองศรี และ จงกล สุภารัตน์ 2555)

3.3 ดัชนีการแตก่วน

จากผลการศึกษาค่าดัชนีการแตก่วนของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกตาลโตนด : แป้งมันสำปะหลัง ทั้ง 3 อัตราส่วน (3:1.0 ,3:1.5 และ 3:2.0) มีค่าดัชนีที่ 0.28, 0.35 และ 0.84 และผงถ่านอัดแท่งจากถ่านเปลือกตาลโตนด : กากมันสำปะหลัง ทั้ง 3 อัตราส่วน (3:0.5 ,3:1.0 และ 3:1.5) มีค่าดัชนีอยู่ระหว่าง 0.17, 0.84 และ 0.93 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งเห็นได้ว่าค่าดัชนีการแตก่วนของถ่านอัดแท่ง 2 ชนิด มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ตามอัตราส่วนปริมาณของแป้งมันและกากมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความสามารถของการยึดเกาะประสานของตัวประสานทั้ง 2 ชนิด (วีระ พันอินทร์ และพิภพ แซ่ตั้ง,2557) โดยความหมายของค่าดัชนีการแตก่วนนั้นหากมีค่าใกล้เคียง 1.0 วัสดุมีการจับตัวกันดีและไม่แตกหัก การทดสอบดัชนีการแตก่วนของเชื้อเพลิงนั้นค่าควรอยู่ระหว่าง 0.5-1.0 ซึ่งค่าดัชนีการแตก่วนแสดงถึงคุณสมบัติที่มีความเหมาะสมในการนำไปเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน แสดงถึงความสามารถของเชื้อเพลิงในการทนต่อแรงกระแทกในการขนส่งได้

ดังนั้นจากการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพของการเป็นเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้ง 2 ตัวประสาน จึงพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของผงถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง คืออัตราส่วนที่ 3 : 2.0 และ ผงถ่านเปลือกตาลโตนด : กากมันสำปะหลัง คืออัตราส่วนที่ 3 : 1.5 ซึ่งจากการทดลองที่ผ่านมาเชื้อเพลิงอัดแท่งในอัตราส่วนดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงลักษณะถ่านที่ดี เช่น ขึ้นรูปเป็นแท่งได้ดี อัดได้สม่ำเสมอ ไม่มีรอยแตกร้าว มีลักษณะผิวของถ่านเรียบ สม่ำเสมอ ไม่โค้งงอ และให้ค่าความร้อนสูง

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีการแตก่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	
	ผงถ่านเปลือกตาลโตนด:แป้งมันสำปะหลัง	ผงถ่านเปลือกตาลโตนด:กากมันสำปะหลัง
3 : 0.5	-	0.17
3 : 1.0	0.28	0.84
3 : 1.5	0.35	0.93
3 : 2.0	0.84	-

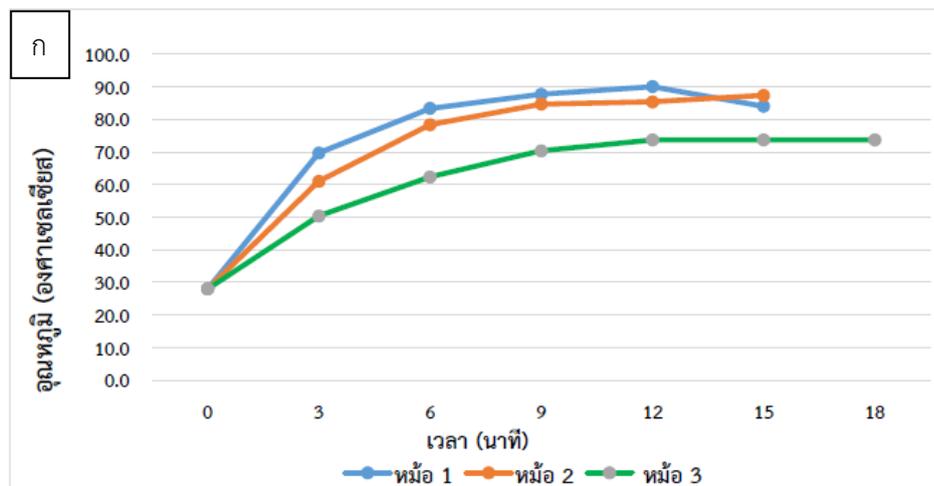
3.4 ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

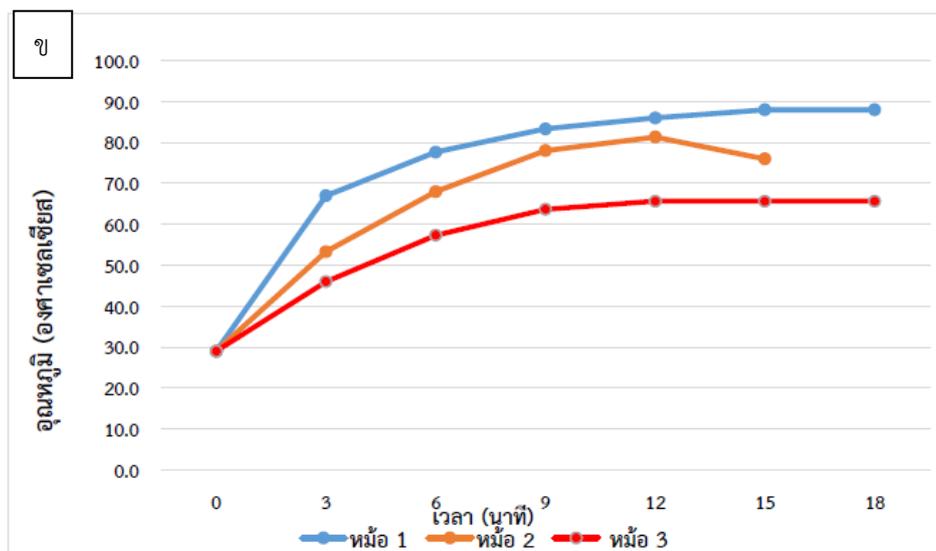
จากผลการทดสอบการต้มน้ำของเชื้อเพลิงทั้ง 2 อัตราส่วน ในแต่ละตัวประสาน ซึ่งเลือกจากข้อมูลจากการทดลองก่อนหน้าว่าเชื้อเพลิงทั้ง 2 อัตราส่วนมีสมบัติที่เหมาะสมทั้งด้านกายภาพและความสามารถในการเป็นเชื้อเพลิงที่ดี ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช 238/2547) โดยใช้หม้อต้มน้ำเบอร์ 24 ทำการทดสอบซ้ำกัน 3 ครั้ง ใช้ปริมาณเชื้อเพลิง 250 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ใช้น้ำมันก๊าดในการจุดติดไฟ จากนั้นต้มน้ำจนเริ่มเดือดและวัดอุณหภูมิน้ำจนสิ้นสุดการต้ม ดังแสดงได้ในรูปที่ 5 ที่พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกตาลโตนด : แป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วน 3 : 2.0 เชื้อเพลิงจุดติดไฟง่าย ลูกไหมดี มีควันน้อย เเผาไหม้นานต่อเนื่องและสามารถต้มน้ำให้เดือดได้ภายใน 6 นาที โดยอุณหภูมิเฉลี่ย หม้อ 1 หม้อ 2 และ หม้อ 3 คือ 90 , 87 และ 73 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ให้ความร้อนสม่ำเสมอและระยะเวลาการให้ความร้อนได้นานรวมระยะเวลา

การมอดดับเฉลี่ยของการทดสอบการต้ม น้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เท่ากับ 46 นาที ส่วนผลการต้ม น้ำจากเชื้อเพลิงอัดแท่งจากผงถ่านเปลือกตาลโตนด : กากมันสำปะหลัง อัตราส่วน 3 : 1.5 พบว่าสามารถต้ม น้ำได้ทั้งหมด 3 หม้อ และต้ม น้ำให้เดือดได้ภายใน 6 นาที เช่นเดียวกัน ติดไฟได้ง่าย การลุกไหม้ดี โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย หม้อ 1 หม้อ 2 และ หม้อ 3 คือ 88, 81 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีระยะเวลาการมอดดับเฉลี่ยของการต้ม 44 นาที นอกจากนี้จากการทดลองพบว่า การทดลองการต้ม หม้อที่ 3 อุณหภูมิ น้ำมีค่าต่ำที่สุดเนื่องจากการต้ม หม้อที่ 3 เป็นช่วงที่เชื้อเพลิงมีการเผาไหม้ใกล้หมดแล้วจากปริมาณที่นำมาใช้ในการทดลอง

เมื่อนำข้อมูลมาคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งของผงถ่านเปลือกตาลโตนด : แป้งมันสำปะหลัง และผงถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง มีค่า 24.60 และ 23.26 ตามลำดับ โดยการใช้กากมันมีประสิทธิภาพน้อยกว่าเพราะองค์ประกอบคาร์บอนคงตัวมีค่าน้อยกว่าการใช้แป้งมัน ซึ่งถ่านที่มีประสิทธิภาพดีจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากกว่า (ทองทิพย์ พูลเกษม. 2542)

เห็นได้ว่าเมื่อนำมาทดสอบการใช้งานจริงของเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด นั้นสามารถนำไปใช้งานจริงได้เนื่องจากติดไฟได้ดี ให้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอ มีควันไม่มาก โดยเชื้อเพลิงที่ทำจากกากมันจะมีควันมากกว่า และให้ความร้อนน้อยกว่าแต่เมื่อประเมินถึงความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานนั้นสามารถนำมาใช้งานได้จริงทั้ง 2 ชนิด แต่การใช้กากมันเป็นตัวประสานในเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถลดทุนการผลิตได้มากกว่า เนื่องจากกากมันสำปะหลังเป็นของเหลือทิ้งจากทางอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งแตกต่างจากการใช้แป้งมันเป็นตัวประสานเพราะมีต้นทุนสูงกว่า ดังนั้นเพื่อช่วยลดการใช้ทรัพยากรและเป็นการนำของเสียจากอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ใหม่ จึงมีความเหมาะสมที่นำมาใช้งานจริง โดยเฉพาะประชาชนในพื้นที่ชนบทที่มีความต้องการใช้เชื้อเพลิงแข็งในการหุงต้มใน นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงต่างๆ ที่ผลิตขึ้นสามารถใช้ทดแทนแก๊สหุงต้มได้โดยมีข้อดีคือ ติดไฟง่ายแต่ไม่ไวไฟและไม่มีอันตรายจากการระเบิด ใช้วัสดุอื่นที่มีลักษณะเดียวกันที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้นๆ และสามารถขยายผลเพื่อส่งเสริมให้เกิดการเสริมสร้างอาชีพหรือรวมกลุ่มกันก่อให้เกิดรายได้ในชุมชนได้อีกด้วย





รูปที่ 5 การใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ก) ผงถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลังอัตราส่วน 3 : 2:0 (ข) ผงถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วน 3 : 1.5

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เพื่อการศึกษาการนำเปลือกตาลโตนดมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากผลการศึกษาระบบการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกตาลโตนดต่อตัวประสานแป้งมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง มีข้อสรุปดังนี้

1. การขึ้นรูปของถ่านจากเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง และถ่านจากเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง สามารถขึ้นรูปได้ไม่ได้อัตราส่วน
2. ค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง มีค่าระหว่าง 0.41 - 0.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง มีค่าระหว่าง 0.43-0.54 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
3. ค่าดัชนีการแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง มีค่าระหว่าง 0.28 - 0.84 และ ถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง มีค่าระหว่าง 0.17 - 0.93
4. อัตราส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง คือ อัตราส่วน 3: 2 และเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง คือ อัตราส่วน 3: 1.5
5. คุณสมบัติด้านการเป็นเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง และ ถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง) มีปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งร้อยละ 6.62 และ 10.45 มีปริมาณซีเถ้าร้อยละ 0.36 และ 1.22 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 11.82 และ 9.61 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 81.19 และ 78.70 ตามลำดับ
6. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ของถ่านเปลือกตาลโตนด: แป้งมันสำปะหลัง และ ถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลัง มีค่าทำ 5,690 และ 5,241 แคลลอรี่ต่อกรัม

7. ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ของถ่านเปลือกตาลโตนด: แปะมัน
สำปะหลัง และ ถ่านเปลือกตาลโตนด: กากมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพร้อยละ 24.69 และ 23.26 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงานที่ยั่งยืน(SEER) ห้องปฏิบัติการคณะ
สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ที่สนับสนุนเครื่องมือเครื่องใช้ และขอขอบคุณหลักสูตร วท.บ.เทคโนโลยี
สิ่งแวดล้อม ที่สนับสนุนงบประมาณงานวิจัยและขอขอบคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้
เป็นอย่างดี

References

- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1993. Standard Test Method for Drop Shatter Test for Coke : D 3038-93 In ASTM. Annual Book of American Standard Testing Methods, Vol 05.06.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 1996. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Isooperibol Bomb Calorimeter : D3286-96 In ASTM. Annual Book of American Standard Testing Methods, Vol 05.06.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2015. Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis : D 7582-15 In ASTM. Annual Book of American Standard Testing Methods, Vol 05.06.
- Anurak Katwattanakul, A. & Ravangvong, S. (2016). “kānchai watsadu lūachai chāk tān tanōt pen chuāphlōēng nai rabop fai ‘ēbēt ning” [THE USE OF PALMYRA WASTE AS FUEL IN A FIXED BED DOWNDRAFT GASIFIER]. VRU Research and Development Journal Science and Techonology 11,2 (May-August) : 141-151
- Chumsang, C., & Uphun, P. 2013. “kānsāng mūnlakhā phoēm watsadu lūa thing chāk tān tanōt” [Creating Value Added Waste from Palmyra Palm fruit]. Research Report. Uttaradit. Uttaradit rajabhat university.
- Department of Alternative Energy Development and Efficiency, (2017). “rāingān phalangngān thothhān khōng prathēt Thai pī sōngphanhārōjhoksip” [Thailand Alternative Energy Situation 2017] . Online 20 August, Retrieved from https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=47340
- Department of Science Service. (2016). “pramūān sārasonthēt phrōm chai rūāng kānphatthana khunnaphāp thān ‘at thāēng” [Quality Improvement of Briquette Charcoal] . Online 20 August, Retrieved from <https://www.siweb.dss.go.th/repack> > fulltext
- Nitcharun, N.(2014). “khwāmyangyūn khōng namtān tanōt kap khwāmankhong thāng ‘āhān duāi withī kānphalit doī phūmpanya thōngthin” [Sustainability of Palmyra Palm fruit and food security through the landscape production method Local intelligence]. National Defence Studies Institute Journal 5,3 (June-September) : 58-66.
- Poonkasem, T.(2000) “kānsuksā kānphalit chuāphlōēng ‘at thāēng chāk pluāk thurīān phūā thothhān fūn lāe thānmai nai kān hung tom khruārūān” [A study of fuel briquette from durian peel substitute for Firewood and Charcoal in Household Uses]. Master Science Thesis. Nakhon Pathom. Mahidol University.

- Pun in,W., & Sae Tang,P. (2014). “kaṅphalit thān ‘at thāeng dōi chai khōng lūa thing chāk khaōphōt tambonnākæ ‘amphœ ngāo chāngwat lampāng” [Production of briquette charcoal using waste from corn, Na Kae Subdistrict, Ngao District, Lampang Province]. Research Report. Lampang. Lampang rajabhat university.
- Tangmankongworakoon, N. & Preedasuriyachai, P.(2015). “kānsuksā kāk kāfæ læ kāk chamāchai prayōt nai rūp chuāphlōeng ‘at thāeng” [A STUDY ON HOW TO UTILIZE COFFEE RESIDUE AND TEA RESIDUE FOR THE PRODUCTION OF BRIQUETTES]. Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology) 7,13(January-June) : 15-26.
- Tanpaiboonkul,N. & Budnumpecth,T.(2016). “laksana kān chua rūp læ tuā prasān thī tæktāng kan tō sombat khōng chuāphlōeng thī phalit chāk phaktopchawā” [Molding and binding method on properties of fuel from water hyacinth]. Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University 3,6 (November-December) : 86-100.
- Tantisattayakul, T., Saidam, K., Phusongsri, S. & Ngeruengroj, S.(2015). “kānsuksā khwām moṣom kānphalit chuāphlōeng chīwamūan ‘at thāeng chāk pluāk sapparot” [Feasibility Study of Biomass Briquettes Production from Pineapple Peel]. Thai Sci. Technol. J. 23,5(Special Issue) : 754-773.
- Thailand Industrial Standard Institute, Ministry of Industry. (2004) “mātrathān phalittaphan chumchon : thān ‘at thāeng (mō phō chō 238-2547)” [Thai Community Product Standards : CHARCOAL BAR (TCPS 238/2547). Online 30 September 2004, Retrieved from <http://tcps.tisi.go.th/public/en/StandardList.aspx>
- Thailand Industrial Standard Institute, Ministry of Industry. (2004)“mātrathān phalittaphan chumchon : thānmai hung tom (mō phō chō 657-2547)” [Thai Community Product Standards : CHARCOAL BAR (TCPS 238/2547)]. Online 30 September 2004 Retrieved from <http://tcps.tisi.go.th/public/en/StandardList.aspx>
- Torsakul,S., Thongsri,K., & Supharattana,C. (2012)“kānphatthana thān ‘at thāeng chāk kāk maphrāo pen phalangngān thothhæn” [**Development of Charcoal Briquette from Scrapped Coconut for Alternative Energy**]. IE Network Conference 2012, Petchaburi, (17-19 October) : 1381-1386.
- Ussawarujikulchai, A., Semsayun, C., Prapakdee, N.& Pieamsuwansiri, N.(2011). “kānnam pluāk thuriān læ pluāk mangkhut mā chai prayōt nai rūp chuāphlōeng ‘at thāeng” [Alternative : Utilization of durian and mangosteen peels as briquette fuel]. The 49th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok (1-4 February) : 162-168.