

นิพนธ์ต้นฉบับ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไม้พาเลท

Briquette Fuel from Waste Wood Pallet

เบญจมาภรณ์ วงษ์คำจันทร์

Benchamaphon Wongkhamchan

ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล*

Thitima Rungratanaubon *

คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Environment, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: thitima.r@ku.th

รับต้นฉบับ 6 ธันวาคม 2560

รับลงพิมพ์ 27 ธันวาคม 2560

ABSTRACT

The research aimed to study the production of a renewable energy from the briquette fuel made of waste wood pallets. The process was conducted by adding cassava glue under controlled different ratios and analyzed the economical of briquette fuel production. The results revealed that the optimum briquette ratio of charcoal to binder was 1 : 0.25 by weight providing the highest heating value 7,269.28 cal/g and ash content was 2.02%. The economic analysis showed that the production of briquette fuel from pallet charcoal at ratio 1 : 0.25 has the total cost per kilogram 7.23 Baht and payback period 0.67 years at the price 18 baht / kilogram.

Keywords: Briquette, Pallets, Waste wood

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเศษไม้พาเลทมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสม ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก ที่เหมาะสมคือ 1 : 0.25 ซึ่งให้ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด 7,269.28 cal/g และปริมาณเถ้า 2.02 % การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 1 : 0.25 มีต้นทุนการผลิต 7.23 บาทต่อกิโลกรัม และระยะเวลาคืนทุน 0.67 เดือน ถ้าขายที่ราคา 18 บาท/กิโลกรัม

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง พาเลท เศษไม้

คำนำ

การขยายตัวของอุตสาหกรรมโลกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตแท่นรองสินค้า (Pallet) ขยายตัวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้ในการจัดเก็บและขนส่งสินค้า แท่นรองสินค้าได้รับการออกแบบให้สามารถวางสินค้าซ้อนกันได้และสามารถเคลื่อนย้ายโดยรถยกจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งภายในคลังสินค้าหรือเข้าออกจากรถบรรทุก หรือเรือ อำนวยความสะดวกในการขนย้าย ตรวจสอบและป้องกันแรงกระแทกในขั้นตอนการขนส่ง แท่นรองสินค้าที่ผลิตจากไม้ (Wood pallet) เป็นแท่นรองพื้นฐานที่มีการใช้มากที่สุดประมาณ 90 – 95% ของแท่นรองสินค้าที่ผลิตทั่วโลกทำจากไม้ ส่วนที่เหลือผลิตจากพลาสติก โลหะและกระดาษลูกฟูก (Arkansas Department of Environmental Quality, 2014) Parker (2005) ได้ศึกษาศักยภาพของการผลิตภาชนะบรรจุและแท่นวางสินค้าจากไม้ทั่วโลก พบว่า ภูมิภาคอเมริกามีศักยภาพการผลิต 33.9% เอเชีย 31.8% ยุโรป 25.1% ตะวันออกกลาง 4% แอฟริกา 3.9% โอเชียเนีย 1.2% และมูลค่าการผลิตภาชนะบรรจุและแท่นวางสินค้าจากไม้ปี 2005 ประเทศจีน ญี่ปุ่น อินเดีย เกาหลีใต้ ไทย มาเลเซีย มีมูลค่าการผลิต 33.73%, 22.86%, 16.33%, 5.76%, 3.04% และ 1.68 % ของภูมิภาคเอเชีย ตามลำดับ ยังมีการผลิตแท่นไม้รองสินค้าเพิ่มขึ้นก็ยังคงใช้ปริมาณไม้ในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ในแต่ละปีมีการผลิตแท่นรองสินค้าใหม่ทั้งหมดประมาณ 900 ล้านอันทั่วโลก ประเทศสหรัฐอเมริกา มียอดการผลิตแท่นรองสินค้า 400 ล้านอันต่อปี ไม้เนื้อแข็งเป็นวัสดุแหล่งสำคัญของการผลิตแท่นรองสินค้า 40% การผลิตไม้เนื้อแข็งในสหรัฐอเมริกาจะใช้เพื่อการผลิตแท่นรองสินค้าในแต่ละปี (Corr, 2000) ชนิดไม้ที่นิยมนำมาผลิตแท่นรองสินค้าประเทศไทยแบ่งตามประเภทของไม้ได้ 2 ประเภท คือ ไม้เนื้ออ่อน ได้แก่ ไม้สน ไม้จามจุรี และ ไม้เนื้อแข็ง ได้แก่ ไม้แดง ไม้ยางพารา ไม้สะเดา เป็นต้น (สำนักโลจิสติกส์, 2555)

จากปริมาณการใช้ไม้เป็นแท่นรองสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น ย่อมทำให้มีเศษเหลือของไม้จากการชำรุดและแตกหักซึ่งต้องกำจัดทิ้ง หรือขายเป็นเศษไม้ในราคาประกอบกับความต้องการในการหาแหล่งพลังงานทดแทนในปัจจุบันที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะนำเศษเหลือจากไม้นี้มาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนโดยนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล การใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลมีข้อดีหลายอย่างแต่ที่สำคัญที่สุด คือเป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนสุทธิได้มากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล จัดเป็นกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism - CDM) ที่สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases -GHG)

การศึกษาในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเศษวัสดุเหลือใช้จากแท่นรองสินค้าไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานทดแทน โดยผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานจากถ่านไม้ธรรมชาติ

อุปกรณ์ และวิธีการ

การจัดเตรียมวัตถุดิบ

เศษไม้พาเลท และขี้เลื่อยไม้พาเลท ที่ใช้ในการศึกษามาจากบริษัท ล้อโลหะ เบสท์เวสต์ จำกัด จังหวัดระยอง นำเศษไม้พาเลทมาเผาในเตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร แนวนอน นำถ่านที่ได้มาบดย่อยด้วยเครื่องบดแบบแฮมเมอร์ (Hammer mill) จนเป็นผงถ่าน

การวิเคราะห์คุณสมบัติของเศษวัสดุ

นำขี้เลื่อยและถ่านจากไม้พาเลทมาวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงพื้นฐานโดยวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น (Moisture content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D7582-15 (ASTM, 2015) วิเคราะห์ค่าความร้อน (Calorific value) ตามมาตรฐาน ASTM E 711-87 (ASTM, 1987) และองค์ประกอบของธาตุ C H N

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เตรียมแป้งเปียกที่ใช้เป็นตัวประสานโดยเตรียมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 0.15:1 โดยน้ำหนัก (ชารินทร์, 2548) จากนั้นนำวัตถุดิบมาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วนขี้เลื่อย : แป้งเปียก

1 : 0.5

ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก

1 : 0.25

ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก

1 : 0.5

ตัวอย่างที่ 4 อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก

1 : 1

ผสมวัตถุดิบในเครื่องผสม (Mixer) ใส่ น้ำเล็กน้อย เมื่อวัตถุดิบเกาะตัวกันและสามารถปั้นด้วยมือได้ นำไปขึ้นรูปเป็นแท่งถ่านด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบเกลียว (Screw extrusion) ตัดแท่งเชื้อเพลิงออกเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำไปตากให้แห้ง

การวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่ง

นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ดังนี้ ปริมาณความชื้น (Moisture

content) ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile matters) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D7582-15 และวิเคราะห์ค่าความร้อน (Calorific value) ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ตามมาตรฐาน ASTM E 711-87

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

นำอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดมาวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต จุดคุ้มทุนในการผลิต อัตราผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน (สุริยา, 2544) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปผลิตจริงเชิงพาณิชย์

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของเศษวัสดุใน Table 1 อยู่ในเกณฑ์ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมแนะนำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) คือมีค่าความร้อนสูง ปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ มีความเหมาะสมในการนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงได้ ขี้เลื่อยไม้พาเลทมีค่าความร้อน 4,775.34 cal/g ถ่านไม้พาเลทมีค่าความร้อน 7,135.92 cal/g การปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบจากไม้เป็นถ่านทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างมาก

Table 1 Proximate Analysis, Ultimate Analysis and Calorific Value of Sawdust and Charcoal from Waste Pallet.

Parameter	Sawdust from Pallet	Charcoal from Pallet
Proximate Analysis		
Moisture Content (%)	12.73	6.93
Volatile Matter (%)	68.57	20.34
Ash (%)	0.36	1.93
Fixed Carbon (%)	18.34	70.80
Ultimate Analysis		
C (%)	46.99	77.20
H (%)	5.88	2.62
N (%)	0.06	0.31
Calorific Value (cal/g)	4,775.34	7,135.92

เมื่อนำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งดังแสดงใน Figure 1 มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการผลิต ผลแสดงใน Figure 2 พบว่าปริมาณความชื้น (Moisture content) ของแท่งเชื้อเพลิงคือปริมาณน้ำที่คงเหลืออยู่หลังจากการตากแห้งของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยไม้พาลเลท มีปริมาณความชื้นมากที่สุด 9.9 % ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลเลท ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 8.71-8.43 % ความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำมาใช้งาน ไม่ควรมีความชื้นสูงเพราะจะทำให้การจุดติดไฟและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่ดี ส่วนปริมาณ



a. Pallet sawdust briquette



b. Pallet charcoal briquette

Figure 1 Sample (a. Pallet Sawdust Briquette b. Pallet Charcoal Briquette).

เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้จะเกิดความร้อนขึ้น ค่าความร้อน (Calorific value) คือปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งถ้ามีค่าสูงจะแสดงถึงความเป็นเชื้อเพลิงที่ดี จาก Figure 2 จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลเลททั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยไม้

สารอนินทรีย์ที่เผาไหม้ไม่ได้จะอยู่ในรูปของปริมาณเถ้า (Ash content) ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซียม ออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หากมีเถ้าปริมาณมากจะเป็นปัญหาในการเผาไหม้และการจัดการเถ้า (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เลื่อยไม้พาลเลท อัตราส่วนขี้เลื่อย : แปะเปียก 1 : 0.5 มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดคือ 0.4 % และเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลเลท อัตราส่วนถ่าน : แปะเปียก 1 : 1 มีปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ 2.31 %

พาลเลท เนื่องจากปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านจากไม้พาลเลทมีมากกว่าขี้เลื่อย (Table 1) จาก Table 2 จะพบว่าถ่านอัดแท่งที่มีค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 7,269.28 cal/g เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลเลทอัตราส่วนถ่าน : แปะเปียก 1 : 0.25

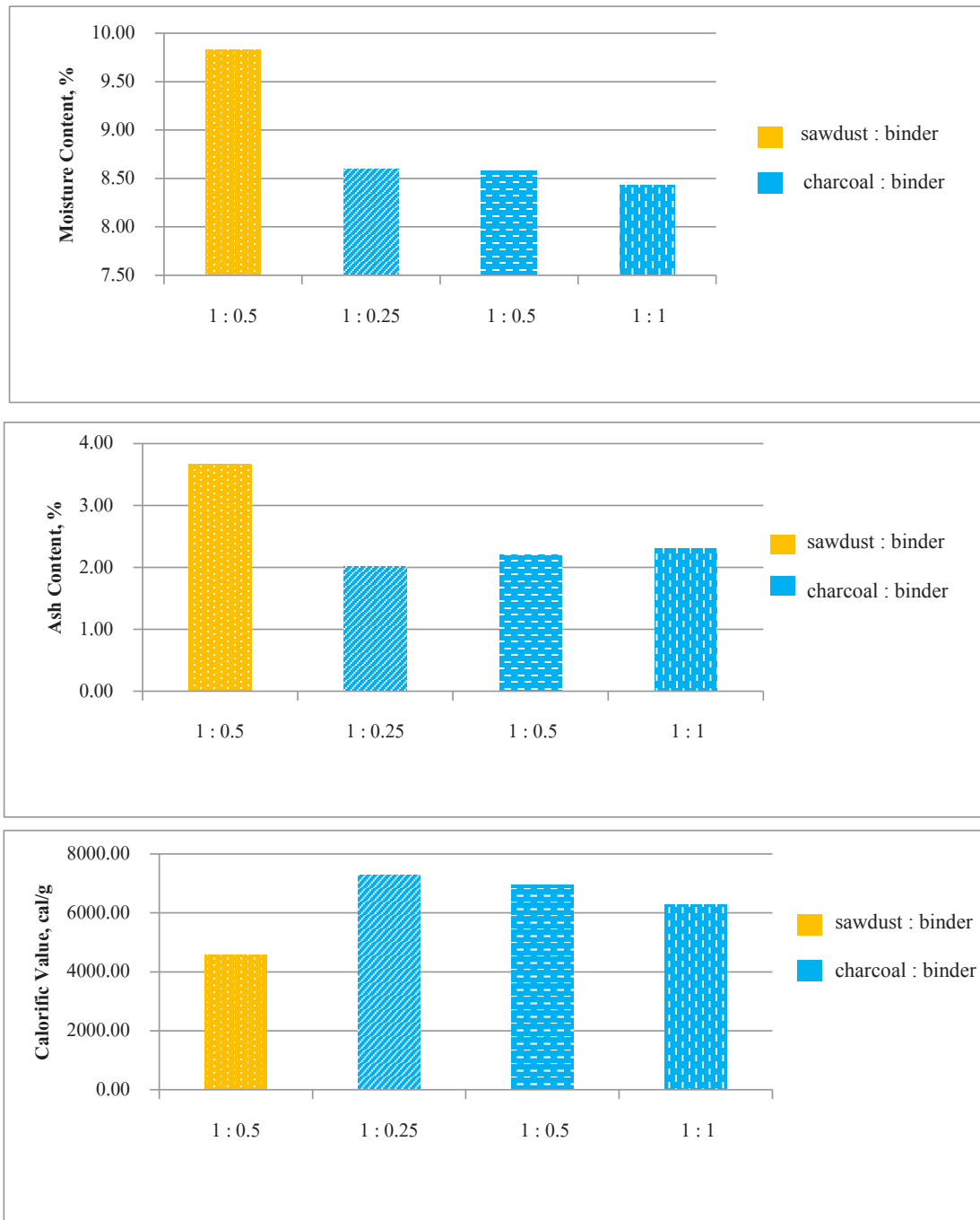


Figure 2 Fuel Properties of Fuel Samples Collected from Wood Pallets.

Table 2 Comparison of fuel properties in briquettes fuel and charcoal.

	MC* (wt%)	AC* (wt%)	VM* (wt%)	FC* (wt%)	Calorific value (cal/g)
pallet sawdust : binder 1 : 0.5	9.9	0.4	75.4	14.30	4,561.54
pallet charcoal : binder 1 : 0.25	8.60	2.02	21.36	68.02	7,269.28
pallet charcoal : binder 1 : 0.5	8.58	2.20	23.68	65.41	6,956.50
pallet charcoal : binder 1 : 1	8.43	2.31	26.46	60.85	6,287.00
Charcoal briquette from Scrapped coconut and sawdust (Torsakul <i>et al.</i> , 2555)	5.9	5.4	-	-	5,750.00
Compressed corncob coconut shell Composite charcoal (Luksmeevanich <i>et al.</i> , 2554)	6.65	2.3	-	-	6,680.00
<i>Rhizophora</i> spp. charcoal (Panunumpa, 2010)	-	-	-	-	7,197.00
Thai Community Product Standard of Charcoal Bar (238/2547) (Thai Industrial Standards Institute, 2004)	≤ 8.00	-	-	-	≥ 5,000.00

Remarks: * MC = Moisture content; AC = Ash content; VM = Volatile matter; FC = Fixed carbon

จาก Table 2 เมื่อเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งของผู้วิจัยกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลเลทจากงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่ามาตรฐานกำหนดแต่ปริมาณความชื้นมีค่าเกินเล็กน้อยเนื่องจากใช้วิธีการตากบนพื้นไม้ได้มีการอบเชื้อเพลิงเพื่อไล่ความชื้น ซึ่งแก้ไขได้โดยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งออกตากเฉพาะช่วงเวลาที่มืดจัดและใช้เวลาตากให้นานขึ้น จากนั้นเก็บใส่ถุงมิดให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้นเข้าไป จากผลการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิง อัตราส่วนผสมที่มีเหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง คือ อัตราส่วนถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก เนื่องจากมีค่าความร้อนสูงที่สุดและปริมาณเถ้าต่ำ อีกทั้งใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานน้อยที่สุดทำให้ลดต้นทุนในการผลิต เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลเลทที่ผลิตได้นั้นให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้โกงกาง ถ่านอัดแท่งจากถ่านกากมะพร้าวและถ่านขี้เลื่อย และถ่านอัดแท่งซังข้าวโพดและกะลามะพร้าว

ผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. อาคารโรงงานขนาด 40 ตารางเมตร โรงเรือนโปรงไม่มีผนังด้านข้าง
2. เครื่องอัดแท่งแบบสกรู มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง
3. เครื่องบดแบบแฮมเมอร์ มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง
4. เครื่องผสม มอเตอร์ 3 แรงม้า กำลังผลิต 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง
5. เตาเผาถ่านอิฐก่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร 2 เตา กำลังการผลิต 600 กิโลกรัม/สัปดาห์
6. จำนวนวันผลิต 96 วัน/ปี
7. กำลังการผลิตถ่านอัดแท่ง 300 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 28,800 กิโลกรัม/ปี

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต จุดคุ้มทุนในการผลิต อัตราผลตอบแทนการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน แสดงใน Table 3 - Table 6

Table 3 Construction and Machinery Cost.

Asset	Price (Baht)	Useful life (Year)	Depreciation Expense (Baht/year)
Construction	65,000	20	3,250
Screw extruder	53,000	10	5,300
Hammer mill	41,000	10	4,100
Mixer	36,000	10	3,600
Brick kiln, Diameter 1 m.	22,000 (11,000 x 2)	3	7,333
Total	217,000		23,583

Table 4 Fixed Cost.

Account	Value (Baht/year)	Note
Annual Depreciation Expense of Construction and Machines	23,583	- Screw extruder, Hammer mill and Mixer
Interest 7% /year	15,190	
Maintenance cost (10%)	6,500	
Total	45,273	

Table 5 Variable Cost.

Descriptions		
Demand of briquette fuel per day	300	Kilogram/Day
Charcoal from scrap wood pallet	300	Kilogram
Charcoal yield	30	%
Scrap Wood Pallet	1000	Kilogram
Scrap Wood Pallet price (0.6 Baht/Kilogram)	600	Baht/Day
Cassava flour (at ratio charcoal to binder, 1 : 0.25)	11.25	Kilogram/Year
Cassava flour (13 Baht/Kilogram)	146.25	Baht/Year
Work day (2 Days/week)	96	Day/Year
Material Cost (746.25 Baht/Kilogram)	71,640	Baht/Year
Labor 2 people (600 Baht/day)	57,600	Baht/Year
Electricity (Machine 3 EA, Working 3 hours/day)	12,980.52	Baht/Year
Water (0.0043 Baht/Kilogram)	123.84	Baht/Year
Maintenances 10% of Machine (195,000 Baht)	19,500	Baht/Year
Others	1,000	Baht/Year
Total	162,844.36	Baht/Year

Table 6 Payback Period.

Descriptions		
Total cost = Fixed cost + Variable cost	208,117.36	Baht
Total cost per Kilogram = (208,117.36)/28,800	7.23	Baht
Variable cost per Kilogram = (162,844.36)/28,800	5.65	Baht
Break even point		
= (Fixed cost)/(Price – Variable cost)		
Assumption		
Sale price 12 Baht/Kilogram	7,129.61	Kilogram
Sale price 14 Baht/Kilogram	5,421.92	Kilogram
Sale price 16 Baht/Kilogram	4,374.20	Kilogram
Sale price 18 Baht/Kilogram	3,665.83	Kilogram
Payback Period		
= (Investment cost)/Average net return per year		
Assumption		
Sale price 12 Baht/Kilogram	1.51	Year
Sale price 14 Baht/Kilogram	1.07	Year
Sale price 16 Baht/Kilogram	0.82	Year
Sale price 18 Baht/Kilogram	0.67	Year
Return On Investment		
= (Average net return x100)/Investment cost		
Assumption		
Sale price 12 Baht/Kilogram	66.01	%
Sale price 14 Baht/Kilogram	93.69	%
Sale price 16 Baht/Kilogram	121.36	%
Sale price 18 Baht/Kilogram	149.04	%

จากการสำรวจราคาตลาดถ่านอัดแท่ง เดือนพฤศจิกายน 2560 ถ่านอัดแท่งกะลามะพร้าว 100% บริษัทฟิค โปรดักส์ จำกัด ขายส่งน้ำหนัก 100 กิโลกรัม ราคา 22 บาท น้ำหนัก 200 กิโลกรัม ราคา 20 บาท ขายปลีก 1 กิโลกรัม 30 บาท (โรงงานฟิคถ่านอัดแท่ง, ม.ป.ป.) ถ่านอัดแท่งยี่ห้อจิราส-ชาโคล 1 ถุง น้ำหนักประมาณ 2.1 กิโลกรัม ราคาร้านขายปลีก 35 บาท (16.67 บาท/กิโลกรัม) ปริมาณความชื้น 4.56% ค่าความร้อนโดยประมาณ 5,500 cal/g ถ่านกะลาอัดแท่ง (ไม่มียี่ห้อ) ขายปลีก 1 กิโลกรัม ราคา 25 บาท ราคาขายส่ง 1 กิโลกรัม 18 บาท ปริมาณความชื้น 6.98 % ค่าความร้อน 5,567 cal/g

สรุป

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไม้พาเลทต้องใช้ตัวประสานเพื่อให้เชื้อเพลิงเกาะตัวกันเป็นก้อนไม่ร่วนเปราะ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานเนื่องจากหาได้ง่ายในท้องตลาด โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุด คือ ถ่าน : แป้งเปียก 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ให้ค่าความร้อน 7,269.28 cal/g. ความชื้น 8.60% และเถ้า 2.02% ปริมาณความชื้นที่เกินมาตรฐานมาเล็กน้อยเนื่องมาจากการใช้วิธีการตากบนพื้นตามสภาพอากาศ ไม่ได้มีการอบเชื้อเพลิงเพื่อไล่ความชื้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการนำเชื้อเพลิงออกตากเฉพาะช่วงเวลาที่มีแดดจัด และใช้เวลาตากให้นานขึ้น จากนั้นเก็บใส่

ถ่วงมัดให้แน่นเพื่อป้องกันความชื้น เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลาที่ผลิตได้เมื่อนำไปใช้กับเตาหุงต้มจะไม่เกิดการแตกประทุ หรือเกิดเปลวไฟสูง แต่จะให้ความร้อนออกมาช้าๆ และค่อนข้างสม่ำเสมอ จึงเหมาะกับการนำไปใช้กับอาหารประเภทปิ้งย่าง

เมื่อศึกษาถึงต้นทุนการผลิต พบว่า ราคาค่าก่อสร้างอาคารโรงงานเครื่องจักร และเตาเผาถ่าน รวมเป็นเงิน 217,000 บาท ที่กำลังการผลิต 28,880 กิโลกรัม/ปี ราคาต้นทุนการผลิตคงที่และราคาต้นทุนผันแปรรวม 208,117.36 บาท ต้นทุนการผลิตรวม 7.23 บาท/กิโลกรัม ถ้ายางเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลาในราคา 12, 14, 16 หรือ 18 บาท/กิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.51, 1.07, 0.82 และ 0.67 ปีตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบด้านคุณภาพและราคาของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลาจากงานวิจัยนี้กับถ่านอัดแท่งในท้องตลาดแล้ว ควรตั้งราคาขายเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้พาลาที่ 18 บาท/กิโลกรัม มีระยะเวลาคืนทุน 0.67 ปี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบดอัดประสาน. กรุงเทพฯ. โรงงานฟีดถ่านอัดแท่ง. ม.ป.ป. สันคำแนะนำ. แหล่งที่มา: <https://www.peakcharcoal.com/>, 1 พฤศจิกายน 2560.

ธารินี มหายศนันท์. 2548. การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุริยา ชัยเดชทยากุล. 2544. การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

สำนักโลจิสติกส์. 2555. คู่มือแนะนำมาตรฐานด้านโลจิสติกส์ในประเทศไทย. กรมอุตสาหกรรม

พื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

Arkansas Department of Environmental Quality. 2014. **Pallet Management and Waste Reduction**. Available Source: https://www.adeq.state.ar.us/downloads/communications/brochures_online/06_solid%20waste/pallet%20management%20fact%20sheet.pdf, December 1, 2017

ASTM. 1987. **Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter**. American Society for Testing and Materials, U.S.A.

_____. 2015. **Standard Test Method for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis**. American Society for Testing and Materials, U. S. A.

Corr, D.T. 2000. **The Status of Wood Pallet Disposal and Recovery at United States Landfills**. M.S. Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

Luksmeevanich, V., K. Sirikulrat and N. Boontung. 2011. **Acceptance Behaviour on Compressed Corncob and Coconut Shell Charcoal of People in Tombon Chang Khoeng Amphoe Mae Chaem, Chiang Mai**. Chiang Mai Rajabhat University.

Parker, P.M. 2005. **The 2005-2010 World Outlook for Wood Container and Pallet Manufacturing**. Available Source: <https://www.icongrouponline.com>, December 1, 2017.

Panunumpa, N. 2010. **Calorific Value of Wood and Charcoal**. Forest Research and Development Bureau Forest Department 1st ed. P Press Company Limited, Bankok.

Thai Industrial Standards Institute. 2004. **Thai
Community Product Standard of Charcoal
Bar (238/2547).**

Torsakul, S., K. Tongsri and J. Suparatsirichai. 2012.

**Development of Compressed Charcoal
from Scrapped Coconut for Alternative
Energy.** Faculty of Engineer Rajamangala
University of Technology Thanyaburi.
