การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านวัสดุชีวมวล 3 ชนิดด้วยชุดเกลียวอัดถ่านอัดแท่ง

Studies on Charcoal Block Production from three Charcoal Types of Biomass by Screw Press Unit

กิตติพงษ์ ลาลุน[1] สมโภชน์ สุดาจันทร์[2] และชัยยันต์ จันทร์ศิริ[2]
Kittipong Laloon[1], Somposh Sudajan[2] and Chaiyan Jansiri[2]

Abstract

This research was to study and develop bio-charcoal from biomass materials. The testing unit consisted of a mixing tank, a screw conveyor, a hopper, a screw pressing unit, a transmission unit and a main frame. Three types of charcoal powder (cassava stump coal, assorted wood coal and coconut-shell coal) and three screw pressing speeds (115, 130 and 145 rpm) were studied. The experimental results indicated that the prototype gave the best combination of using a feed rate of 140 kg/h, screw pressing speed of 145 rpm, and a mixing ratio by weight of assorted wood coal: coconut-shell coal: cassava starch: water content of 0.5: 0.5: 0.15: 1. The machine had a working capacity of 131.5 kg/h, specific energy consumption of 16.16 W-h/kg, bulk density of 676.0 kg/m^3, compressive strength of 0.235 MPa, heating value of 5527.3 cal/g and utilization efficiency of 27.79-29.56 %. The charcoal block length, outer diameter and inner diameter were 15.01±1.62 cm, 4.12±0.05 cm and 1.23±0.12 cm respectively at an average moisture content of 7.31 % (d.b.).

Keywords: charcoal block, alternative energy, biomass

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล ชุดผลิตถ่านอัดแท่งที่ใช้ในการทดสอบมีส่วนประกอบได้แก่ ถังผสม เกลียวลำเลียง ถังป้อน ชุดเกลียวอัด ชุดส่งกำลัง และโครงหลัก ในการศึกษาได้นำชนิดผงถ่านมาทดสอบ 3 ชนิด (ผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ผงถ่านไม้รวม และผงถ่านกะลามะพร้าว) และความเร็วเกลียวอัด 3 ระดับ (115 130 และ 145 rpm) ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบทำงานได้เหมาะสมที่อัตราการป้อน 140 kg/h และความเร็วเกลียวอัด 145 rpm เมื่อใช้ส่วนผสมไม้รวม ผงถ่านกะลามะพร้าว แป้งมันสำปะหลัง และน้ำในสัดส่วน 0.5:0.5:0.15:1 โดยน้ำหนัก ทำให้เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 131.5 kg/h พลังงานจำเพาะที่ใช้เฉลี่ย 16.16 W-h/kg ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น 676.0 kg/m^3 ความแข็งแรง 0.235 MPa ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง 5527.3 cal/g และมีประสิทธิภาพการใช้งาน 27.79-29.56 % ถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในอยู่ที่ 15.01±1.62 cm, 4.12±0.05 cm และ 1.23±0.12 cm ตามลำดับ และความชื้นเฉลี่ย 7.13 %(d.b.)

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง พลังงานทางเลือก ชีวมวล

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานจากชีวมวล 11,605 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี ซึ่งเป็นการใช้ถ่าน 2,932 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ปัจจุบันมีปริมาณการใช้ถ่านอัดแท่งเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีการรณรงค์การใช้พลังงานทดแทน ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดเศษวัสดุการเกษตร เศษพืชถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้เชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรมอาหาร เชื้อเพลิงในครัวเรือน และใช้ในทางการเกษตร ในการผลิตถ่านอัดแท่งเริ่มจากนำวัตถุดิบมาเผาให้เป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านที่ได้ไปลดขนาด ผสมผงถ่านกับตัวประสานและน้ำ อัดให้ถ่านเป็นแท่งตากและบรรจุจำหน่าย (Bhattacharya and Shreatha,1990) โดยทั่วไปมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของถ่านอัดแท่งที่ดีควรมีค่าวัดผลอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้แก่ ค่าความชื้นไม่เกิน 8% (d.b.) ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) สมโภชน์ และคณะ (2550) ได้ศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งในท้องตลาด และการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้ผงถ่านที่ได้จาก ถ่านไม้มะขาม ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านไม้ฉำฉา และถ่านไม้รวม พบว่ามีคุณสมบัติที่สำคัญสามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่งได้ อีกทั้งยังมีเหง้ามันสำปะหลัง 5.83 ล้านตันต่อปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554) ซึ่งประเทศไทยมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก จากผลการศึกษาพบว่าถ่านอัด

[1] นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
[1] Ph.D. student, Agricultural engineering Dept. Faculty of Engineering, Khon Kaen University 40002
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
[2] Agricultural engineering Dept. Faculty of Engineering, Khon Kaen University 40002

แท่งจากเหง้ามันสำปะหลังมีคุณสมบัติตามมาตรฐานถ่านอัดแท่ง อย่างไรก็ตามยังมีวัตถุดิบอื่นๆ ที่สามารถเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อเพิ่มผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งให้เพียงต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้น และยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งต้นแบบ (Figure 1) ที่ใช้ในการศึกษา มีส่วนประกอบหลักได้แก่ ถังผสม เกลียวลำเลียงผงถ่าน ถังป้อน ชุดอัดถ่านอัดแท่ง ชุดส่งกำลัง และโครงหลัก ซึ่งเป็นชุดอัดหลักการเกลียวอัด เพื่อให้มีความต่อเนื่องในการอัดถ่านอัดแท่ง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบปรับความเร็วรอบเป็นต้นกำลัง

Figure 1 Charcoal Block Pressing Unit.

การศึกษานี้กระทำโดยรวบรวมเตรียมวัตถุดิบ 2 ชนิดแรกคือ เหง้ามันสำปะหลังและกะลามะพร้าวมาเผาในถัง 200 ลิตร ส่วนวัตถุดิบชนิดที่ 3 คือเศษถ่านไม้รวม ได้มาจากการเผาถ่านของเกษตรกรที่ขนาดไม่สามารถนำไปจำหน่ายหรือใช้ประโยชน์ได้ จากนั้นนำถ่านที่ได้ทั้ง 3 ชนิดมาบดโดยใช้เครื่องบดแบบแฮมเมอร์ มิลล์ ขนาดของรูตะแกรง 3 mm บดที่ความเร็ว 1000 rpm ผงถ่านที่บดได้นำไปหาค่าความชื้น ค่าหนาแน่นรวม ขนาดอนุภาค (Sieve analysis) สัมประสิทธิ์ความเสียดทานและค่าความร้อน (ASTM D 240) ในการศึกษาใช้ความเร็วของเกลียวอัด 3 ระดับคือ 115 130 และ 145 rpm และอัตราส่วนปริมาณผงถ่านชนิดต่างๆ โดยน้ำหนัก ดังแผนการทดลอง (Figure 2) การทดสอบเริ่มจากนำผงถ่านที่ได้เตรียมไว้ข้างต้นผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 15 % และน้ำ 100 % ของน้ำหนักของผงถ่าน ใช้อัตราการป้อน 140 kg/h ในแต่ละการทดสอบสุ่มจับเวลาจำนวน 3 ครั้ง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเพื่อนำไปหาอัตราการทำงาน วัดกำลังไฟฟ้าระหว่างทำการอัดหาพลังงานจำเพาะที่ใช้ แล้วนำถ่านอัดแท่งตากลดความชื้นจนค่าความชื้นมีค่าลดลงเหลือไม่เกิน 8 %(d.b.) จากนั้นจึงนำไปทดสอบหาค่าหนาแน่น ความแข็งแรง ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง (Bomb Calorimeter) ตามมาตรฐานของ ASTM D 240 และประสิทธิภาพการใช้งานจริงโดยการทดสอบการต้มน้ำ (Water testing) (Mukunda *et al*., 1993) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งจากการทดสอบได้ใช้แผนการทดสอบแบบ 6x3 Factorial Experiment in CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนตามรูปแบบแผนการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (LSD)

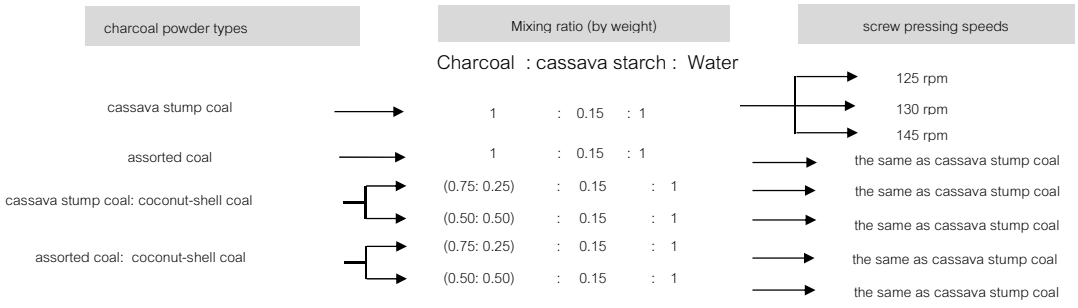

Figure 2 Testing diagram

ผลและวิจารณ์

ผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง ผงถ่านกะลามะพร้าว และผงถ่านไม้รวม มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อน ซึ่งคุณสมบัติของผงถ่านแต่ละชนิดดังแสดงใน Table 1

Table 1 Physical and thermal properties of charcoal powder

Properties	Cassava stump coal	Coconut-shell coal	Assorted wood coal
Physical properties			
Moisture content (w.b.)	2.96	3.72	10.26
Average particle size (mm)	0.68	0.66	0.36
Bulk density,(kg/m^3)	245.32	651.04	360.53
Coefficient of static friction on various surfaces			
– Ply wood	0.61	0.50	0.53
– Steel	0.48	0.46	0.50
Thermal property			
Heating value (cal/g)	4,001.33	6,197.07	4,680.15

ถ่านอัดแท่งมีความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 13.91±1.62, 4.12±0.05 และ 1.23±0.12 cm ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนผสมของผงถ่านชนิดต่างๆ และความเร็วเกลียวอัดมีผลทำให้ความสามารถในการทำงาน พลังงานจำเพาะ ความหนาแน่นจริง ค่าความแข็งแรง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลต่อค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง ยกเว้นอัตราส่วนผสมของผงถ่านชนิดต่างๆ ที่มีผลต่อค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง รายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

ความสามารถในการทำงาน พบว่าที่อัตราส่วนผสมผงถ่านไม้รวมกับผงถ่านกะลามะพร้าว (0.50: 0.50) ความเร็วรอบเกลียวอัด 145 rpm มีค่าความสามารถในการทำงานสูงสุดเฉลี่ย 131.5 kg/h เนื่องจากความหนาแน่นรวมเริ่มต้นของผงถ่านแต่ละชนิดมีค่าต่างกันโดยผงถ่านกะลามะพร้าวมีค่าความหนาแน่นมากกว่าผงถ่านไม้รวมและผงถ่านเหง้ามันสำปะหลัง จาก (Figure 3) แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 115-145 rpm ทำให้ความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนผสม มีค่าความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วน พลังงานจำเพาะที่ใช้ พบว่าเมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 115-145 rpm ทำให้พลังงานจำเพาะที่ใช้ลดลงในทุกอัตราส่วนผสม มีค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ลดลงอย่างเป็นสัดส่วน ดังแสดงใน (Figure 4) ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง จาก (Figure 5) แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มจาก 115-145 rpm ค่าความหนาแน่นลดลงอย่างเป็นสัดส่วน และในทิศทางเดียวกันทุกสัดส่วน โดยอัตราส่วนผสมผงถ่านไม้รวมกับผงถ่านกะลามะพร้าว (0.50: 0.50) ที่ความเร็วเกลียวอัด 115 rpm มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดมีค่า 698.7 kg/m^3 อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่าสูงกว่าที่สัดส่วนอื่นๆ สาเหตุเนื่องผงถ่านกะลามะพร้าวมีค่าความหนาแน่นมากกว่าผงถ่านชนิดอื่นที่ใช้ทดสอบ ความแข็งแรงของถ่านอัดแท่ง พบว่าเมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มจาก 115-145 rpm ความแข็งแรงลดลงอย่างเป็นสัดส่วน และในทิศทางเดียวกันทุกสัดส่วนผสมผงถ่าน โดยอัตราส่วนผสมผงถ่านไม้รวมกับผงถ่านกะลามะพร้าว (0.50: 0.50) ที่ความเร็วเกลียวอัด 115 rpm มีค่าความแข็งแรงมากที่สุดมีค่า 0.235 Mpa (Figure 6) ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง พบว่าความเร็วเกลียวอัดไม่มีผลทำให้ค่าความร้อนแตกต่างกันทางสถิติ แต่อัตราส่วนผสมที่ผสมผงถ่านกะลามะพร้าวเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าความร้อนของผงถ่านกะลามะพร้าวมีค่าความร้อนสูง โดยที่อัตราส่วนผสมผสมผงถ่านไม้รวมกับผงถ่านกะลามะพร้าว (0.50: 0.50) มีค่าความร้อนมากที่สุด 5,527.3 cal/g รองลงมาเป็นอัตราส่วนผสมผงถ่านไม้รวมและผงถ่านกะลามะพร้าว 75%:25% มีค่าความร้อนเท่ากับ 5240.8 cal/g และผงถ่านเหง้ามันสำปะหลังกับกะลามะพร้าว 50%:50% มีค่าความร้อน 5041.22 cal/g (Figure 7) ซึ่งได้ตามมาตรฐานของถ่านอัดแท่ง การทดสอบค่าความร้อนโดยทำการทดสอบความร้อนด้วยการต้มน้ำ พบว่าประสิทธิภาพในการใช้งานจริงอยู่ที่ 27.79-29.56 % (Figure 8)

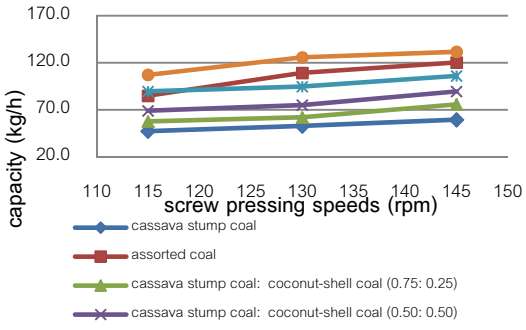

Figure 3 Relationship between screw pressing speeds and its capacity on charcoal block

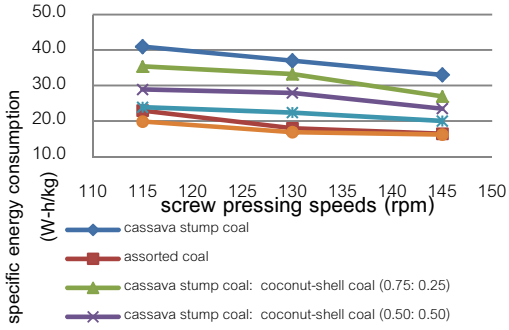

Figure 4 Relationship between screw pressing speeds and its specific energy consumption on charcoal block

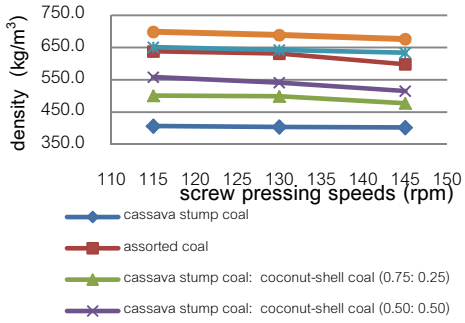

Figure 5 Relationship between screw pressing speeds and its density on charcoal block

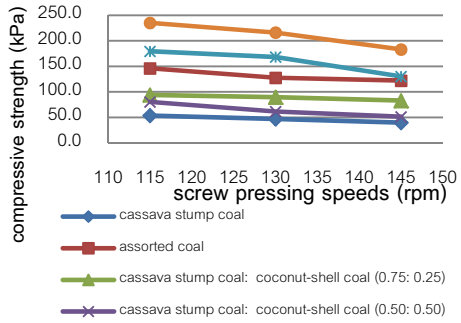

Figure 6 Relationship between screw pressing speeds and its strength on charcoal block

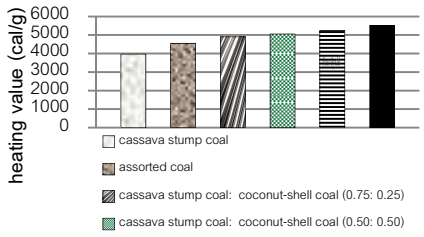

Figure 7 Heating value of charcoal block

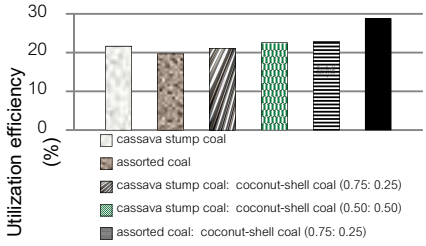

Figure 8 Utilization efficiency of charcoal block

สรุปผล

ชนิดและอัตราส่วนผสมผงถ่านที่ผสมมีผลทำให้ความสามารถในการทำงาน ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ และคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งแตกต่างกัน เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการทำงานเพิ่มขึ้น แต่ความหนาแน่น ความแข็งแรงของถ่านอัดแท่งลดลง และไม่มีผลทำให้ค่าความร้อนแตกต่างกัน ถ่านอัดแท่งอัตราผสมผงถ่านไม้กับผงถ่านกะลามะพร้าว (0.50:0.50) ค่าความร้อน 5527.3 cal/g รองลงมาเป็นอัตราส่วนผสมผงถ่านไม้รวมและผงถ่านกะลามะพร้าว 75%:25% มีค่าความร้อนเท่ากับ 5240.8 cal/g และผงถ่านเหง้ามันสำปะหลังกับกะลามะพร้าว 50%:50% มีค่าความร้อน 5041.22 cal/g เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งที่อัตราการป้อน 140 kg/h ความเร็วเกลียวอัดที่ควรเลือกใช้อยู่ในช่วง 130-145 rpm

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนวิจัย สำหรับคณาจารย์บัณฑิตศึกษา เพื่อให้สามารถรับนักศึกษาที่มีความสามารถ และศักยภาพสูงเข้าศึกษาในหลักสูตรและทำวิจัยในสาขาที่อาจารย์มีความเชี่ยวชาญ ประจำปีการศึกษา 2554 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยงานร่วม มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนเครื่องมือตรวจวัดในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2555. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2554. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/6may54_circular/energy_53_2.pdf. (7 สิงหาคม 2555).

สมโภชน์ สุดาจันทร์, พิมลรัตน์ อินอุดม และภิตินันท์ รัตนไตรสิงห์. 2550. การศึกษาและพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเกษตรเพื่ออุตสาหกรรมในครัวเรือน. หน้า 181. ใน: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. 22-24 มกราคม 2550. โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด ขอนแก่น. ขอนแก่น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/ tcps238_47.pdf. (14 มิถุนายน 2554).

Bhattacharya S.C. and R.M. Shreatha. 1990. Biocoal Technology and Economics. Regional Energy Resources Information Center (RERIC) Asian Institute of Technology: Bangkok.

Mukunda, H.S., S. Dasappa, B. Swati and U. Shrinivasa. 1993. Studies on a stove for powdery biomass. International Journal of Energy Research 17 : 281-291.