

ผลของอัตราส่วนความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอบอกอัดและความเร็วเกลียวอัดต่อสมรรถนะชุด  
เกลียวอัดและคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวล

Effects of Length to Diameter Ratio of the Cylindrical Die and Screw Pressing Speed on the Performance  
of Screw Press Unit and the Quality of the Charcoal Blocks Produced from Charcoal of  
a Biomass Power Plant

กิตติพงษ์ ลาลูน<sup>1</sup> ศักดิ์ดา จำปานา<sup>2</sup> วรธนะ สมนึก<sup>2</sup> ชัยยันต์ จันทร์ศิริ<sup>1</sup> และ สมโภชน์ สุดาจันทร์<sup>1,2,3</sup>  
Kittipong Laloon<sup>1</sup>, Sakda Jumpana<sup>2</sup>, Wanthanah Somnuk<sup>2</sup>, Chaiyan Jansiri<sup>1</sup> and Somposh Sudajan<sup>1,2,3</sup>

Abstract

The objective of this research was to study the effects of length to diameter ratio of the cylindrical die (L/D) and screw pressing speed on the performance of screw press unit and the quality of charcoal blocks produced from charcoal of a biomass power plant. Parameters from the physical and thermal properties of charcoal and factors affecting the testing unit's performance, which were the length to diameter ratios of the cylindrical die (L/D) (9, 10 and 11) and screw pressing speeds (105, 120, 135 and 150 rpm) were studied. The optimum L/D ratio of the cylindrical die was found to be 11 for screw pressing speed of 120-135 rpm. The test results indicated that, for a mixing ratio by weight of charcoal of a biomass power plant: cassava starch: water content of 3: 0.45: 4 and a feed rate of 140 kg/hr, the machine had a capacity of 104.92-116.64 kg/hr, charcoal block bulk density of 575.76-577.34 kg/m<sup>3</sup> and charcoal strength of 90.37-96.65 kPa

**Keywords:** Biomass power plant, Bio-charcoal, Alternative energy

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราความยาวกระบอบอกอัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอบอกอัดและความเร็วเกลียวอัดต่อสมรรถนะชุดเกลียวอัดและคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านของโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยชุดเกลียวอัด ในการศึกษาใช้อัตรา L/D ของกระบอบอกอัด 9, 10 และ 11 และความเร็วเกลียวอัด 105, 120, 135 และ 150 rpm ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบทำงานได้เหมาะสมที่อัตรา L/D ของกระบอบอกอัด 11 และความเร็วเกลียวอัด 120-135 rpm เมื่อใช้อัตราผสมผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวลแป้งมันสำปะหลังและน้ำในสัดส่วน 3: 0.45: 4 โดยน้ำหนัก และอัตราการป้อน 140 kg/hr ทำให้เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 104.92-116.64 kg/hr ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น 575.76-577.34 kg/m<sup>3</sup> ความแข็งแรง 90.37-96.65 kPa

**คำสำคัญ:** โรงไฟฟ้าชีวมวล, ถ่านชีวมวล, พลังงานทางเลือก

บทนำ

ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดเศษวัสดุการเกษตร เศษพืชถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ถูกนำไปใช้เชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรมอาหาร เชื้อเพลิงในครัวเรือน และใช้ในทางการเกษตร ในการผลิตถ่านอัดแท่งเริ่มจากนำวัตถุดิบมาเผาให้เป็นถ่าน จากนั้นนำถ่านที่ได้ไปลดขนาด ผสมผงถ่านกับตัวประสานและน้ำ อัดให้ถ่านเป็นแท่ง ตากและบรรจุจำหน่าย (Bhattacharya and Shreatha, 1990) โดยทั่วไปมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของถ่านอัดแท่งที่ดีควรมีค่าวัดผลอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ ค่าความชื้นไม่เกิน 8% (d.b.) ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) การผลิตถ่านอัดแท่งจะใช้ผงถ่านที่ได้จากการเผาถ่านวัสดุเกษตรซึ่งมีอยู่ในท้องถิ่นเป็นหลักเช่นกะลามะพร้าว ไม้มะขาม ไม้ยูคาลิปตัส แขนข้าวโพด ไม้จันทน์ และไม้รวม เป็นต้น การผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับอุตสาหกรรมภายในครัวเรือนและอุตสาหกรรม

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>2</sup> Agricultural engineering Dept. Faculty of Engineering, KhonKaen University 40002

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

<sup>2</sup> Post Harvest Innovation Technology Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

<sup>3</sup> ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>3</sup> Agricultural Machinery and Postharvest Technology Research Center, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

\* Corresponding author: l\_kittipong@kkumail.com

ขนาดกลางให้ได้คืนนั้นควรจัดหาวัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่งให้เพียงพอ และควรปรับปรุง ศึกษาและพัฒนาเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง หรือจัดหาเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งให้มีสมรรถนะในการทำงานที่เหมาะสมมาใช้ในระบบการผลิตด้วย (สมโภชน์ และคณะ, 2550)

ผงถ่านไม้รวมที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลจากโรงไฟฟ้าชีวมวลบริษัทเอกชน ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิต 990 กิโลวัตต์ ใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันแบบแก๊สไหลลง พบว่าผงถ่านที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณ 3.8 ตันต่อวัน ซึ่งผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะนำผงถ่านนี้มาผลิตถ่านอัดแท่งจำหน่าย อีกทั้งได้จัดซื้อเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจำนวนหลายชุดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาใช้งานซึ่งผลการทำงานในเบื้องต้นเครื่องผลิตถ่านยังไม่สามารถผลิตถ่านได้ ผู้ประกอบการจึงได้ขอความร่วมมือมายังภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ให้เข้าไปร่วมสังเกตการณ์และขอข้อแนะนำในการปรับปรุงและการใช้เครื่องผลิตถ่านดังกล่าวซึ่งเห็นว่าควรนำผงถ่านที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล มาตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้นก่อน จากนั้นจึงใช้เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร (สมโภชน์ และกิตติพงษ์, 2553) ดังนั้นในระบบการผลิตถ่านอัดแท่งจำเป็นต้องมีเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งที่มีสมรรถนะดีและผลิตถ่านที่ได้คุณภาพและมาตรฐาน และได้เงื่อนไขในการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้สามารถปรับตั้งเครื่องเพื่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คุ่มค่าในการลงทุนและสามารถผลิตถ่านอัดแท่งในเชิงพาณิชย์ต่อไป

**อุปกรณ์และวิธีการ**

เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งต้นแบบ (Figure 1) ที่ใช้ในการศึกษา มีส่วนประกอบหลักได้แก่ ถังผสม เกลี่ยวลำเลียงผงถ่าน ถังป้อน ชุดอัดถ่านอัดแท่ง ชุดส่งกำลัง และโครงหลัก ซึ่งเป็นชุดอัดหลักการเกลี่ยวัตถุดิบ เพื่อให้มีความต่อเนื่องในการอัดถ่านอัดแท่ง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบปรับความเร็วรอบเป็นต้นกำลัง



Figure 1 Charcoal block Pressing unit

การศึกษานี้กระทำโดยเตรียมวัตถุดิบคือผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล นำไปหาค่าความชื้น ค่าหนาแน่นรวม ขนาดอนุภาค (ASAE, 1993) สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน และค่าความร้อน (ASAE, 2003) ในการศึกษาใช้อัตราส่วนของความยาวของกระบอกอัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกอัด (L/D) ที่ 3 ระดับ 9 10 และ 11 และความเร็วของเกลี่ยวัตถุดิบ 4 ระดับ คือ 105 120 135 และ 150 rpm และอัตราส่วนปริมาณผงถ่านชนิดต่างๆ โดยน้ำหนัก ดังแผนการทดลอง (Figure 2) การทดสอบเริ่มจากนำผงถ่านที่ได้เตรียมไว้ข้างต้นผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 15 % และน้ำ 120 % ของน้ำหนักของผงถ่าน ใช้อัตราการใช้การป้อน 140 kg/h ในแต่ละการทดสอบสุ่มจับเวลาจำนวน 3 ครั้ง และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเพื่อนำไปหาอัตราการทำงาน แล้วนำถ่านอัดแท่งตากลดความชื้นจนค่าความชื้นมีค่าลดลงเหลือไม่เกิน 8 % (d.b.) จากนั้นจึงนำไปทดสอบหาค่าหนาแน่น ความแข็งแรง ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งจากการทดสอบได้ใช้แผนการทดสอบแบบ 3x4 Factorial Experiment in RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวนตามรูปแบบแผนการทดลอง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (LSD)

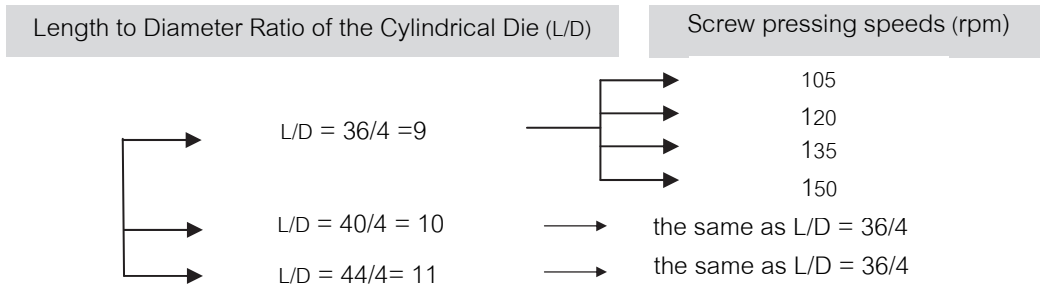


Figure 2 Testing diagram

**ผลและวิจารณ์**

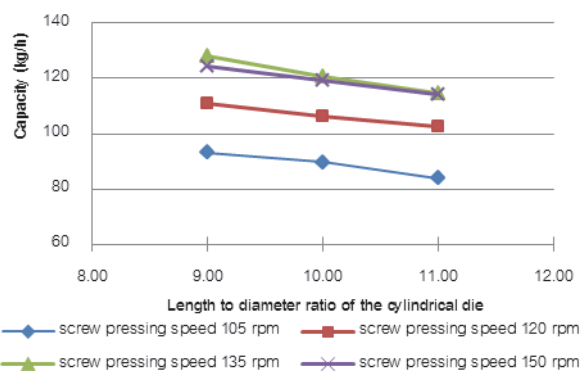
ผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อน ซึ่งคุณสมบัติของผงถ่านแต่ละชนิดดังแสดงใน Table 1

**Table 1** Physical and thermal properties of charcoal powder

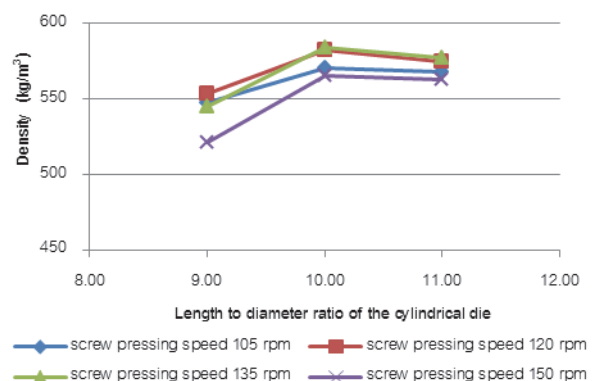
Properties	charcoal powder
Moisture content (w.b.)	4.85
Average particle size (mm)	0.105
Bulk density,(kg/m <sup>3</sup> )	249.88
Coefficient of static friction on various surfaces	
- Ply wood	0.67
- Steel	0.48
- Galvanized iron	0.45
Heating value (cal/g)	5677.34

ถ่านอัดแท่งมีความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 13.91±1.62, 4.12±0.05 และ 1.23±0.12 cm ตามลำดับ (Figure 6.) จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนความยาวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กระทบกัลดและความเร็วเกลียวอัดมีผลทำให้ความสามารถในการทำงาน พลังงานจำเพาะ ความหนาแน่นจริง ค่าความแข็งแรง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซนต์ รายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

ความสามารถในการทำงานลดลงในทุก L/D ของกระทบกัลดที่เพิ่มขึ้น โดยที่ L/D ของกระทบกัลดเท่ากับ 9 มีความสามารถในการทำงานมากกว่าทุกอัตราส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระทบกัลด เมื่อเพิ่มที่ L/D ของกระทบกัลดจาก 9 เป็น 11 ความสามารถในการทำงานลดลงที่ทุกความเร็วเกลียวอัด โดยที่ความเร็วเกลียวอัด 105 120 135 และ 150 rpm ความสามารถในการทำงานลดลงจาก 112.03 เป็น 97.39 จาก 125.95 เป็น 104.92 จาก 133.89 เป็น 116.64 และจาก 124.22 เป็น 110.40 kg/h (Figure 3.) Figure 4. แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มจาก 105 ถึง 135 rpm ที่ทุกความยาวเกลียวอัด มีค่าความหนาแน่นเพิ่มเล็กน้อยอย่างเป็นสัดส่วนและในทิศทางเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 135 เป็น 150 rpm ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลง เมื่ออัตรา L/D ของกระทบกัลดเพิ่มขึ้นจาก 9 เป็น 10 ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจาก 541.50 เป็น 572.98 kg/m<sup>3</sup> แต่เมื่ออัตรา L/D ของกระทบกัลดเพิ่มขึ้นจาก 9 เป็น 11 ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน เนื่องจากเมื่ออัตราความยาวกระทบกัลดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระทบกัลดเพิ่มขึ้นทำให้ความดันในการอัดเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มได้ถึงระดับหนึ่งจะไม่มีผลต่อความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง ที่ L/D ของกระทบกัลด 10 ความเร็วเกลียวอัดที่ 120-135 รอบต่อนาที ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น 580.14-581.75 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร Figure 5. แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 105-120 rpm ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนความยาวกระทบกัลดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระทบกัลด เมื่อความเร็วเกลียวอัดเพิ่มขึ้นจาก 120 เป็น 150 rpm ที่อัตรา L/D เท่ากับ 9 10 และ 11 ถ่านอัดแท่งมีความแข็งแรงลดลงจาก 63.55 เป็น 45.31 จาก 87.35 เป็น 64.95 และจาก 88.14 เป็น 75.69 kPa เมื่ออัตราความยาวกระทบกัลดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระทบกัลดเพิ่มขึ้น ถ่านอัดแท่งมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นในทุกความเร็วเกลียวอัด โดยเมื่ออัตรา L/D เพิ่มจาก 9 เป็น 11 ที่ความเร็วเกลียวอัด 105 120 135 และ 150 rpm ความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนจาก 62.91 เป็น 77.98 จาก 63.55 เป็น 88.14 จาก 53.02 เป็น 78.12 และจาก 45.31 เป็น 75.69 kPa ตามลำดับ



**Figure 3** Relationship between length to diameter ratio of the cylindrical die and its capacity on charcoal block



**Figure 4** Relationship between length to diameter ratio of the cylindrical die and its density on charcoal block

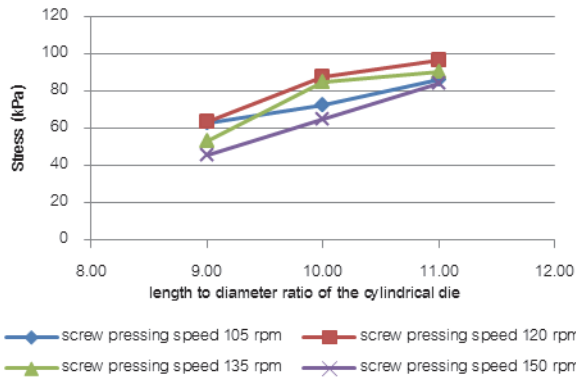


Figure 5 Relationship between length to diameter ratio of the cylindrical die and its strength on charcoal block

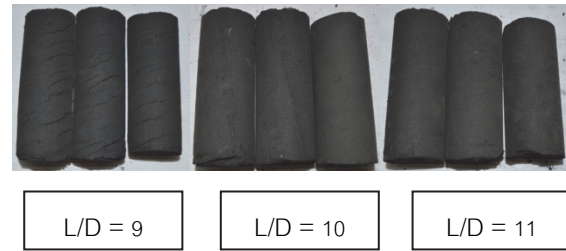


Figure 6 Charcoal blocks produced from charcoal of a biomass power plant at L/D = 9, 10 and 11

### สรุปผล

การศึกษ้อัตราความยาวกระบอกลดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลด (L/D) และความเร็วเกลียวอัดถ่านอัดแท่งจากผงถ่านแต่ละชนิด พบว่าการผลิตถ่านอัดแท่งจากผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ควรใช้อัตราส่วน L/D ของกระบอกลดเท่ากับ 11 เมื่อเพิ่ม L/D ของกระบอกลดได้ถ่านอัดแท่งที่มีความหนาแน่นและความแข็งแรงของถ่านอัดแท่งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความดันในกระบอกลดเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการทำงานของเครื่องลดลงเนื่องจากมีแรงเสียดทานมากขึ้น โดยที่ความเร็วเกลียวอัด 120-135 rpm เมื่อใช้อัตราผสมผงถ่านจากโรงไฟฟ้าชีวมวล แป้งมันสำปะหลังและน้ำในสัดส่วน 3: 0.45: 4 โดยน้ำหนัก และอัตราการป้อน 140 kg/hr ทำให้เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 104.92-116.64 kg/hr ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่น 575.76-577.34 kg/m<sup>3</sup> ความแข็งแรง 90.37-96.65 kPa

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทูนวิจัย สำหรับคณาจารย์บัณฑิตศึกษา เพื่อให้สามารถรับนักศึกษาที่มีความสามารถ และศักยภาพสูง เข้าศึกษาในหลักสูตรและทำวิจัยในสาขาที่อาจารย์มีความเชี่ยวชาญ ประจำปีการศึกษา 2554 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400 ที่สนับสนุนเครื่องมือตรวจวัดในการทำวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

สมโภชน์ สุดาจันทร์ และกิตติพงษ์ ลาอุณ. 2553. การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเจ้ามันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก. รายงานวิจัยทุนเชิงนวัตกรรม กองทุนวิจัยคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมโภชน์ สุดาจันทร์, พิมลรัตน์ อินอุดม และกิตตินันท์ 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](http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf). (14 มิถุนายน 2554).

ASAE Standards. 1993. ASAE S319.2: Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. 40th ed. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers.

ASAE Standards. 2003. ASTM D5865-03: Standard test method for gross calorific value of coal and coke. In: Annual book of ASTM standards, West Conshohocken, PA.: American Society for Testing and Materials, Vol. 05.06, p. 517-527.

Bhattacharya S.C. and R.M. Shreatha. 1990. Biocoal Technology and Economics. RERIC. AIT: Bangkok.