

การผลิตถ่านอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเครื่องปรุงรสและถ่านกะลามะพร้าว Charcoal Briquette Production from Wastewater Sludge from the Seasoning Production Process and Coconut Shell Charcoal

(Received: June 22,2024 ; Revised: June 25,2024 ; Accepted: June 26,2024)

ประยูรต์ เดชสุทธิกร¹, ธรรมวัฒน์ อุปปวงษาพัฒน์², รชฎติ โชติกาวิรินทร์³, ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์⁴
อารีรัตน์ แท้มรู้⁵, จิดาภา รัตนประเสริฐ⁵, ธัญญพร เต็นประโคน⁵, ศิริวรรณ บรรเลงทรัพย์⁵ และ สุกัญญา นาเมือง⁵
Prayook Detsuttikorn¹, Dhammawat Ouppawongsapat², Rotruedee Chotigawin³
Teerayut Sa-ngiamsak⁴, Areerat Tamru⁵, Jidapha Ruttanaprasert⁵, Tunyaporn Tenprakone⁵
Siriwan Bunlengsup⁵, and Sukanya namueang⁵

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตถ่านอัดแท่ง จากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเครื่องปรุงรสและถ่านกะลามะพร้าวในการผลิตเป็นเชื้อเพลิง การวิจัยมีการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนของตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าวร้อยละ 0:100, 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40 และ 80 : 20 ตามลำดับ ผลการศึกษาคุณภาพของถ่านอัดแท่ง พบว่า ทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) ยกเว้นที่อัตราส่วน 60:40 และ 80:20 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ อัตราส่วน 20:80 โดยมีค่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และค่าความร้อน $6,711.6 \pm 122.5$ แคลอรีต่อกรัม คาร์บอนคงตัวร้อยละ 71.27 ± 2.31 และอัตราการเผาไหม้ 52.10 ± 1.11 นาที โดยมีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ จึงมีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ดี และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน

คำสำคัญ: ถ่านกะลามะพร้าว ถ่านอัดแท่ง ตะกอนน้ำเสีย

Abstract

The objective of this research was to study the optimum ratio of Charcoal Briquette production. The research has produced Charcoal briquettes from Wastewater Sludge from the Seasoning Production Process and Coconut Shell Charcoal. In the experiment, the variable the ratio of Wastewater Sludge to Coconut Shell Charcoal at 0:100, 20:80, 40:60, 60:40 and 80:20, respectively. The results of the study showed that every ratio passed the Thai community product standard (TCPS.238/2004), except at 60:40 and 80:20 ratios. The ratio of 20:80 is the optimum ratio of Charcoal Briquette production. When compared with other ratios, it was found that the 20:80 ratio passed community product standards and has the highest heating value is $6,711.6 \pm 122.5$ cal/g, fixed carbon is $71.27\% \pm 2.31$, and combustion rate is 52.10 ± 1.11 min. This ratio has good fuel properties and suitable for use as an alternative fuel.

Keywords: Coconut Shell Charcoal, Charcoal Briquette, Wastewater Sludge

บทนำ

ความต้องการใช้พลังงานในปัจจุบันของคน

ไทยมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งภาครัฐไม่สามารถผลิตให้เพียงพอต่อการใช้งาน การหาแหล่งพลังงานทดแทน

¹อาจารย์, สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

²อาจารย์, ดร., สาขาวิชาสุขภาพและการส่งเสริมสุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Corresponding author, E-mail: Dhammawat.buu@gmail.com

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ดร., สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

⁴ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ดร., สาขาวิชาสุขภาพศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

⁵นักศึกษาระดับปริญญาตรี, สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

จึงเป็นสิ่งจำเป็น จึงมีนโยบายในการผลิตพลังงานทดแทนภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น เพื่อบูรณาการพลังงานของชาติ¹ การจัดหาแหล่งพลังงานทดแทนให้เพียงพอ และมีประสิทธิภาพ โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร อุตสาหกรรม และครัวเรือน มาแปรรูปเพื่อผลิตเชื้อเพลิงในรูปของถ่านอัดแท่ง เพื่อตอบสนองความต้องการพลังงานของประชาชน ทั้งในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และชุมชน จึงเป็นการใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์แทนการกำจัดโดยการทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม

ในภาคการเกษตรพบว่าวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตจำนวนมาก เช่น ชานอ้อย กากปาล์ม กะลามะพร้าว โดยมีกะลามะพร้าวเหลือทิ้ง สูงถึง 21,968.22 ตันต่อปี² กระบวนการผลิตถ่านกะลามะพร้าวโดยการเผาที่อุณหภูมิมากกว่า 500 องศาเซลเซียส เกิดเป็นถ่านซึ่งมีองค์ประกอบของคาร์บอนร้อยละ 80 ไฮโดรคาร์บอนร้อยละ 10-20 และเถ้าร้อยละ 0.5-10³ นอกจากนี้มีการแปรรูปให้เป็นประโยชน์ เช่น การผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลพบว่ามีความคาร์บอนคงตัวและความร้อนสูง โดยมีค่าร้อยละ 25.5 และ 4,830 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมตามลำดับ แต่ปริมาณสารระเหย เถ้า และกำมะถันมีค่าต่ำ⁴ กล่าวคือ เมื่อนำไปเผาไหม้จะให้ความร้อนสูงและซี้เถ้าน้อย และการนำมาใช้หุงต้ม จะติดไฟได้ดี ไม่มีเขม่า กลิ่นและควัน⁵ การนำกะลามะพร้าวไปใช้ประโยชน์ใหม่ เป็นการเพิ่มมูลค่า อีกทั้งทดแทนการใช้ไม้หรือแก๊สหุงต้มซึ่งมีราคาแพง

ภาคอุตสาหกรรมที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วจึงมีการเพิ่มการผลิตสินค้า ส่งผลให้มีตะกอนน้ำเสียในปริมาณมาก ปัจจุบันมีการนำตะกอนน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำตะกอนน้ำเสียจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังไปเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมอญ⁶ ซึ่งพบว่ามีค่าความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 58-2533 กระบวนการผลิตเครื่องปรุงรสมีการใช้วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ เช่น ถั่วเหลือง แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า เมื่อเกิดเป็นตะกอนน้ำเสียซึ่งมีส่วนประกอบของกากตะกอนของถั่วเหลือง และแป้ง ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ หากปล่อยทิ้ง

สู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านการบำบัดอาจทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ⁷ การนำตะกอนน้ำเสียไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้อย่างดี เนื่องจากมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นถั่วเหลืองและแป้งซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่เผาไหม้ได้ง่าย จึงมีการนำไปใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงในหลากหลายรูปแบบ เช่น การผลิตเทียนไขจากถั่วเหลืองซึ่งเผาไหม้ได้นานและไม่มีสารพิษตกค้าง⁸ ดังนั้นจึงมีการนำตะกอนน้ำเสียมาผสมกับกะลามะพร้าวเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง สามารถทดแทนการใช้กะลามะพร้าวในการผลิตถ่านเพียงอย่างเดียว โดยมีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) โดยมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม⁹ นอกจากนี้ปริมาณตะกอนเหลือทิ้งที่มีจำนวนมากเมื่อมีการนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นการลดต้นทุนด้านพลังงาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเครื่องปรุงรสโดยนำมาผสมกับถ่านกะลามะพร้าวเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทน เช่น ถ่านไม้ธรรมชาติหรือแก๊สหุงต้ม และนำไปใช้เป็นแนวทางให้มีการผลิตถ่านอัดแท่งในครัวเรือน หรือผลิตเพื่อการจำหน่ายเสริมสร้างรายได้ในชุมชนต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตถ่านอัดแท่ง ที่มีส่วนผสมตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเครื่องปรุงรสและถ่านกะลามะพร้าว
2. เพื่อศึกษาความหนาแน่นรวม ความชื้น ค่าความร้อน คาร์บอนคงตัว และอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมวัตถุดิบ

- 1.1 กะลามะพร้าวได้จากร้านรับซื้อ - ส่งมะพร้าว และตะกอนน้ำเสียจากกระบวนการผลิตในบริษัทผลิตเครื่องปรุงรส (ซีอ้าว) ในเขตเทศบาลตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ตามลำดับ นำตัวอย่างไปตากแดดให้แห้ง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง
(ก) กะลามะพร้าว (ข) ตะกอนน้ำเสีย

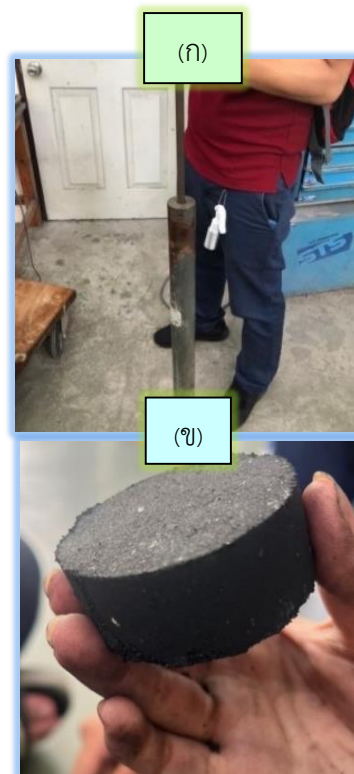
1.2 นำกะลามะพร้าวไปเผาให้กลายเป็นถ่านในเตาเผาแบบไพโรไลซิส (Pyrolysis) ดังแสดงในภาพที่ 2 นาน 10 ชั่วโมง จนกระทั่งเกิดเป็นถ่านไม้สีดำ และนำตะกอนน้ำเสียไปอบให้แห้งสนิท ในเตาอบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปเก็บในโถแก้วดูดความชื้น (Desiccators) จากนั้นนำตัวอย่างไปบดด้วยเครื่องบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อน 18 mesh (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่อง 1 มิลลิเมตร)¹⁰



ภาพที่ 2 เตาเผาแบบไพโรไลซิส (Pyrolysis)

1.3 ทำการกวนแป้งมันสำปะหลังกับน้ำกลั่น ที่อัตราส่วนแป้ง 0.2 กิโลกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

จนกระทั่งหลังกลายเป็นแป้งเปียก จากนั้นนำไปผสมกับตะกอนน้ำเสียและถ่านกะลามะพร้าว ที่อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว เท่ากับ 0:100, 20:80, 40:60, 60:40 และ 80:20 โดยมีปริมาณตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าวต่อแป้งเปียก เท่ากับ 0 กรัม: 60 กรัม: 12 กรัม, 12 กรัม: 48 กรัม: 12 กรัม, 24 กรัม: 36 กรัม: 12 กรัม, 36 กรัม: 24 กรัม: 12 กรัม, 48 กรัม: 12 กรัม: 12 กรัม ตามลำดับ¹⁰ จากนั้นนำตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง ด้วยเครื่องบดอัดดิน (Standard Compaction Hammer) และนำไปตากแดดให้แห้ง ดังแสดงในภาพที่ 3 (ก) และ (ข) ตามลำดับ และนำตัวอย่างไปทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ความหนาแน่นรวม (Bulk Density), อัตราการเผาไหม้, ค่าความร้อน (Heating Value), ความชื้น (Moisture Content), ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter), ปริมาณเถ้า (Ash) และคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) การทดลองในทุกตัวแปรได้ทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง¹⁰ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 3 เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ในการวิจัย

(ก) เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง (ข) ผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง

2. การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

2.1.1 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) โดยการชั่งน้ำหนักเพื่อหามวลของตัวอย่าง (M) และคำนวณหาปริมาตรของตัวอย่าง (V) จดบันทึก และนำไปคำนวณตามสมการที่ 1 วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D2974-14¹¹

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

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (g/cm^3)

M = มวลของถ่านอัดแท่ง (g)

V = ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (cm^3)

2.1.2 อัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 500 กรัม จากนั้นนำไปเผาไหม้ในเตา แล้วสังเกตระยะเวลาการเผาไหม้ของตัวอย่าง โดยการบันทึกระยะเวลาในการเผาไหม้จนกลายเป็นเถ้า¹²

2.2 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

2.2.1 ค่าความร้อน (Heating Value)

โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 5865¹³ โดยค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)⁶

2.2.2 ความชื้น (Moisture Content)

โดยการนำถั่วกระเบื้องไปอบให้แห้งสนิท ในเตาอบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล จากนั้นใส่ตัวอย่างลงในถั่วกระเบื้อง แล้วชั่งน้ำหนัก (W1) บันทึกผล จากนั้นนำไปอบในเตาอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 24 ชั่วโมง นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก (W2) บันทึกผล และคำนวณร้อยละความชื้น (M) ตามสมการที่ 2 วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3173¹⁴ ทั้งนี้ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ตามมาตรฐาน (มผช.238/2547)⁹

$$M = \frac{(W1-W2)}{W1} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W1 = น้ำหนักถั่วและตัวอย่างก่อนอบ (g)

W2 = น้ำหนักถั่วและตัวอย่างหลังอบ (g)

2.2.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) โดยการเผาถั่วกระเบื้องที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 15 นาที ชั่งตัวอย่างหนัก 1 กรัม ใส่ในถั่วกระเบื้อง นำไปชั่งน้ำหนัก (W1) และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 750 °C นาน 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเตา นาน 7 นาที ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที ชั่งน้ำหนัก (W2) และคำนวณปริมาณสารระเหย (V) ตามสมการที่ 3 วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3175¹⁵

$$V = \left[\frac{(W1-W2)}{W1} \times 100 - M \right] \quad (3)$$

เมื่อ V = ร้อยละปริมาณสารระเหย

W1 = น้ำหนักถั่วของตัวอย่างก่อนเผา (g)

W2 = น้ำหนักถั่วของตัวอย่างหลังเผา (g)

M = ร้อยละปริมาณความชื้น

2.2.4 ปริมาณเถ้า (Ash) โดยการอบถั่วกระเบื้องที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 30 นาที ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น นาน 15 นาที จากนั้นใส่ตัวอย่างหนัก 1 กรัม ใส่ในถั่วกระเบื้อง และนำไปชั่งน้ำหนักบันทึกค่า (W1) นำไปเผาที่อุณหภูมิ 950 °C นาน 30 นาที ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 20 นาที จนกระทั่งได้น้ำหนักของถั่วกระเบื้องรวมกับน้ำหนักของเถ้าที่เหลือคงที่แล้ว (W2) คำนวณร้อยละปริมาณเถ้า (A) ตามสมการที่ 4 วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3174¹⁶

$$A = \frac{W2}{W1} \times 100 \quad (4)$$

เมื่อ A = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (g)

W2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (g)

2.2.5 คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

โดยการหาร้อยละปริมาณความชื้น (M) ร้อยละปริมาณสารระเหย (V) และร้อยละปริมาณเถ้า (A) และนำไปคำนวณหาคาร์บอนคงตัว (C) ตามสมการที่ 5 ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3172¹⁷

$$C = 100 - M - V - A \quad (5)$$

เมื่อ C = ร้อยละคาร์บอนคงตัว
M = ร้อยละของปริมาณความชื้น
V = ร้อยละปริมาณสารระเหย
A = ร้อยละของปริมาณเถ้า

ผลการศึกษา

การผลิตถ่านอัดแท่ง ที่อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว 0 : 100, 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 จากนั้นทำการทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)⁹ ดังแสดงผลการศึกษาดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่ง

จากการผลิตถ่านอัดแท่งโดยนำตะกอนน้ำเสียและถ่านกะลามะพร้าว มาผสมกันโดยใช้แปรงเปือกเป็นตัวประสาน และผ่านการอัดตัวเป็นก้อนที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่ง

อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว	ลักษณะทั่วไป	ภาพถ่านอัดแท่ง
0 : 100 (Control)	อัดแท่งได้ง่าย ประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย สีดำสม่ำเสมอ	
20 : 80	อัดแท่งได้ง่าย ประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย สีดำสม่ำเสมอ	
40 : 60	อัดแท่งได้ง่าย สีน ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย สีดำสม่ำเสมอ	
60 : 40	อัดแท่งค่อนข้างยาก ประสานตัวกันค่อนข้างยาก แตกง่าย สีดำไม่ค่อยสม่ำเสมอ	
80 : 20	อัดแท่งยาก หนืด ประสานตัวกันค่อนข้างยาก แตกง่าย สีดำไม่ค่อยสม่ำเสมอ	

จากตารางที่ 1 พบว่า อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว 0:100 และ 20:80 และ 40:60 ถ่านอัดแท่งสามารถอัดแท่งขึ้นรูปได้ ประสานเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี ไม่แตกง่าย และมีสีดำสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อนถ่าน ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547)⁹ ที่กล่าวว่า มีลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่

เปราะแตกง่าย ยกเว้นที่อัตราส่วน 60:40 และ 80:20 ที่พบว่า ถ่านอัดแท่งแตกได้ง่าย และมีสีดำไม่สม่ำเสมอ

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติถ่านอัดแท่ง

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว 0 : 100(Control), 20 : 80 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง

อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว	ความหนาแน่นรวม (g/cm ³)	อัตราการเผาไหม้ (นาที)
0 : 100	0.79 ± 0.02	68.29 ± 0.86
20 : 80	0.85 ± 0.02	52.10 ± 1.11
40 : 60	0.72 ± 0.02	57.15 ± 1.03
60 : 40	1.04 ± 0.02	45.30 ± 0.83
80 : 20	0.74 ± 0.01	49.33 ± 1.27

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

จากตารางที่ 2 พบว่า ทุกอัตราส่วนมีค่าความหนาแน่นที่มีค่าสูง โดยอัตราส่วน 60 : 40 มีค่ามากที่สุด คือ 1.04 ± 0.02 g/cm³ และอัตราการเผาไหม้ พบว่า ที่อัตราส่วน 40 : 60 มีค่ามากที่สุดคือ 57.15 ± 1.03 นาที

2.2 คุณสมบัติทางเคมี

ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว 0 : 100(Control), 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 เมื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีของถ่านอัดแท่ง

อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)
0 : 100	4.38 ± 0.12	10.04 ± 3.27	3.57 ± 0.21	82.01 ± 1.03	7,133.0 ± 58.7
20 : 80	3.43 ± 0.25	19.43 ± 2.13	5.88 ± 0.16	71.27 ± 2.31	6,711.6 ± 122.5
40 : 60	4.69 ± 0.42	33.36 ± 3.18	5.60 ± 0.14	56.35 ± 4.64	6,200.4 ± 83.7
60 : 40	4.92 ± 0.27	49.44 ± 2.52	18.40 ± 0.38	27.24 ± 3.75	5,711.8 ± 62.8
80 : 20	6.28 ± 0.58	56.30 ± 1.24	24.32 ± 0.25	13.11 ± 0.91	5,511.5 ± 34.5

หมายเหตุ: ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

จากตารางที่ 3 อัตราส่วน 20 : 80 มีค่าพลังงานความร้อนและคาร์บอนคงตัวที่มากที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับตัวควบคุม (Control) คือ $6,711.6 \pm 122.5$ แคลอรีต่อกรัม และร้อยละ 71.27 ± 2.31 ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

1. ลักษณะโดยทั่วไปของถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547)

ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว 0 : 100 (Control), 20 : 80, และ 40 : 60 พบว่า ถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน อัดแท่งง่าย ประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี ไม่เปราะแตกง่าย และมีสีดำสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)⁹ ที่กล่าวว่า มีลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะแตกง่าย แต่อัตราส่วน 60 : 40 และ 80 : 20 พบว่า ถ่านอัดแท่งไม่ประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกัน เปราะแตกง่าย เผาไหม้แล้วเกิดควันและมีกลิ่น แสดงถึงในอัตราส่วนที่มีการเพิ่มปริมาณ

ตะกอนน้ำเสีย ส่งผลให้ถ่านรวมตัวกันเป็นก้อนได้ไม่ดี แตกง่าย เมื่อเผาไหม้จากการสังเกตด้วยสายตาของผู้วิจัยพบว่าเกิดควัน และมีกลิ่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอังศุมน สังขพันธ์¹⁸ ที่พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน หากมีการเพิ่มกากตะกอนน้ำเสียผสมกับผงถ่านในปริมาณที่มากขึ้น มีผลทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตก ร่วนง่าย และมีสีดำที่จางลง

2. ความหนาแน่นรวม

ความหนาแน่นรวมของทุกอัตราส่วน พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์สูง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.72 ± 0.02 ถึง 1.04 ± 0.02 g/cm³ จึงนับได้ว่าถ่านอัดแท่ง มีน้ำหนักของถ่านหนัก สามารถเกิดการลุกไหม้ได้นาน และมีคุณภาพดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วีรชัย อาจหาญ¹⁹ ที่ได้กล่าวว่า ถ่านที่มีคุณภาพดี

จะมีน้ำหนักถ่านหนัก และมีความหนาแน่นมาก โดยมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 0.45 g/cm³ และสอดคล้องกับงานวิจัยของธารินี มหายศนันท์ และประเทือง อุษาบริสุทธิ์²⁰ ที่พบว่า เมื่อถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าในช่วง 0.632 ถึง 0.819 g/cm³ มีผลให้ระยะเวลาการเผาไหม้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าในช่วง 83-164 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแนวโน้ม พบว่า มีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกะลามะพร้าวตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกะลามะพร้าวมีขนาดอนุภาคที่เล็ก และภายในมีรูพรุนมาก จึงมีความสามารถในการจับตัวกับตะกอนน้ำเสียได้ดี จึงอัดแท่งได้ง่าย ประสานตัวดี ไม่แตกง่าย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของอังศุมน สังขพันธ์¹⁸ ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณผงถ่าน ส่งผลให้ความหนาแน่นมีค่ามากขึ้น และถ่านอัดแท่งมีความแข็งแรง ไม่แตกร่วนง่าย

3. อัตราการเผาไหม้

ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนตะกอนน้ำเสียต่อถ่านกะลามะพร้าว 0 : 100 (Control), 20 : 80, และ 40 : 60 มีค่าอัตราการเผาไหม้ที่มากกว่าอัตราส่วน 60 : 40 และ 80 : 20 ทั้งนี้เนื่องจาก ถ่านกะลามะพร้าวที่มากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเผาไหม้ในถ่านอัดแท่งมีค่ามากขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม²¹ ที่พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณตะกอนเปียกที่น้อยลงหรือกะลามะพร้าวที่มากขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการมอดดับมีค่ามากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการเผาไหม้มีค่าแปรผันโดยตรงกับคาร์บอนคงตัว โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณถ่านกะลามะพร้าวมาก พบว่า มีค่าคาร์บอนคงตัวมาก ส่งผลให้อัตราการเผาไหม้มีค่ามากตามลำดับ²¹

4. คาร์บอนคงตัว ความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้า

ความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้า มีค่ามากขึ้นตามปริมาณตะกอนน้ำเสียที่มากขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้า

พบว่า ตะกอนน้ำเสียประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ปริมาณมาก อันเกิดจากวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเครื่องปรุงรส เมื่อนำถ่านอัดแท่งไปทดสอบโดยเผาไหม้จึงส่งผลให้สารระเหยและเถ้า เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก สำหรับความชื้นที่มีค่ามากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตะกอนน้ำเสียที่มากขึ้น

คาร์บอนคงตัว ได้จากการคำนวณมาจากค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย และปริมาณเถ้า จากการวิจัย พบว่า ทุกอัตราส่วนมีค่ามากกว่าร้อยละ 15 แสดงถึงถ่านมีค่าคาร์บอนคงตัวที่เหมาะสมต่อการใช้งาน¹⁸ ยกเว้นที่อัตราส่วน 80:20 ที่มีค่าน้อยกว่า โดยทั่วไปถ่านอัดแท่งที่มีคาร์บอนคงตัวมาก จะมีระยะเวลาการลุกไหม้ที่ยาวนาน เมื่อพิจารณาแนวโน้มคาร์บอนคงตัวพบว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณถ่านกะลามะพร้าวมาก ส่งผลให้คาร์บอนคงตัวมีค่ามากตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม²¹ ที่พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีกะลามะพร้าวมาก ทำให้คาร์บอนคงตัวมีค่ามากขึ้นเนื่องจากถ่านกะลามะพร้าวมีคาร์บอนคงตัวที่มีค่ามากกว่าตะกอนน้ำเสีย โดยมีค่า ร้อยละ 25.5⁴ และร้อยละ 3.88¹⁸ ตามลำดับ

5. ค่าความร้อน

ถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนมีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) โดยมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม⁹ ถ่านจึงมีคุณภาพดี หากนำไปเผาไหม้จะให้ความร้อนสูง เมื่อพิจารณาแนวโน้มค่าความร้อน พบว่า มีค่ามากขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกะลามะพร้าว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกะลามะพร้าว มีค่าความร้อนที่มากกว่า ตะกอนน้ำเสีย²¹ และสอดคล้องกับงานวิจัยของเอกลักษณ์ กิตติภักถาวร และคณะ²² ที่พบว่า ปริมาณถ่านกะลามะพร้าวในเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มากขึ้น ทำให้ค่าความร้อนมีค่ามากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกะลามะพร้าวมีธาตุคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่มากกว่าตะกอนน้ำเสีย โดยมีค่าร้อยละ 87.32⁴ และร้อยละ 18.67¹⁸ ตามลำดับ หากถ่านอัดแท่งมีธาตุคาร์บอน (C) มาก จึงมีคุณภาพดีและให้ความร้อนสูง²³ นอกจากนี้

อัตราส่วนที่มีตะกอนน้ำเสียมาก ทำให้ความชื้นที่มีค่ามากขึ้นตามลำดับ จึงส่งผลให้ค่าความร้อนมีค่าน้อยลง¹⁸ แต่เนื่องจากในปัจจุบันมีกากตะกอนน้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกำจัด การนำกากตะกอนน้ำเสียไปใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตถ่านจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดภาระค่าใช้จ่ายและลดปริมาณของเสียที่นำไปกำจัดที่สถานฝังกลบมูลฝอย

6. อัตราส่วนที่เหมาะสมของการผลิตถ่านอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียและถ่านกะลามะพร้าว

จากการวิจัย พบว่าการเพิ่มปริมาณถ่านกะลามะพร้าวที่มากขึ้น ส่งผลให้ถ่านอัดแท่งมีความหนาแน่นรวม อัตราการเผาไหม้ คาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกตัวแปร แสดงถึงถ่านกะลามะพร้าวมีองค์ประกอบที่ดีในการเพิ่มคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและเคมีของถ่านอัดแท่ง กล่าวคือถ่านมีความแข็งแรง ให้ความร้อนสูง และเผาไหม้ได้ยาวนาน

นอกจากนี้ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 20:80 มีค่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)⁹ และมีค่าความร้อน คาร์บอนคงตัว และอัตราการเผาไหม้ที่มากที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ ที่มีการผสมตะกอนน้ำเสีย

แสดงถึงอัตราส่วนดังกล่าวเมื่อนำถ่านอัดแท่งไปใช้งาน จะให้ความร้อนที่มาก เผาไหม้ได้นาน จึงนับว่าอัตราส่วนดังกล่าวเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียและถ่านกะลามะพร้าว

ข้อเสนอแนะ

ในการผลิตถ่านอัดแท่งให้มีคุณภาพที่ดี ควรตากถ่านในที่โล่งแจ้ง มีลมพัด แต่ไม่ควรมีแดดแรงมาก เพราะจะทำให้ผิวด้านนอกของถ่านอัดแท่งเกิดการแตกร้าว เนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำบริเวณผิวด้านนอกเกิดได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ด้านในของถ่านยังคงระเหยได้ช้ากว่า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท จีวอด จำกัด
ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความ
อนุเคราะห์กากตะกอนน้ำเสียมาใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข
อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์
อุปกรณ์ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาอนามัย
สิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัย
บูรพา ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ที่ให้
ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579. [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [สืบค้นเมื่อ 3 กค.66]. เข้าถึงจาก: <https://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/AEDP2015.pdf>
2. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ข้อมูลทั่วไป [อินเทอร์เน็ต]. 2566. [สืบค้นเมื่อ 4 กค.66]. เข้าถึงจาก: https://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html
3. ดวงกมล ดังโพนทอง และวสันต์ ปินะเต. การส่งเสริมการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนระดับชุมชนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง [รายงานการวิจัย]. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2557.
4. วรัญญา เทพสาสนกุล วรัญญา ธรรมชาติ และอักรินทร์ อินทนิเวศน์. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนในเขชันจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทกะลามะพร้าว. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 จังหวัดพิษณุโลก 2559: 610-618.
5. สังเวย เสวกวิหรี และอุดมเดชา พลเยี่ยม. การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะพร้าวอ่อน [รายงานการวิจัย]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2563.
6. ปิยะวดี ศรีวิชัย และเสกสรรค์ ทองดีบ. การใช้ประโยชน์กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานผลิตแอมโมเนียปัสเปหลังเป็นวัสดุผสมในอิฐมวลเบา. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) กรุงเทพฯ 2564; 13 (25): 86-96.
7. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการจัดการน้ำเสียจากสถานประกอบการขนาดเล็กที่ผลิตสินค้าหรือให้บริการบางประเภทสำหรับเจ้าหน้าที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [อินเทอร์เน็ต]. 2565. [สืบค้นเมื่อ 24 มิ.ย.67]. เข้าถึงจาก: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2022/04/pcdnew-2022-04-20_07-54-46_706503.pdf
8. Mescente. ความแตกต่างระหว่างเทียนไขถั่วเหลืองและเทียนไขพาราฟิน [อินเทอร์เน็ต]. 2567. [สืบค้นเมื่อ 24 มิ.ย.67]. เข้าถึงจาก: <https://th.m-scent.com/news/the-difference-between-soy-wax-candles-and-paraffin-wax-candles.html>
9. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช. 238-2547. กรุงเทพฯ. 2547.
10. อาริรัตน์ แต่มรู้ จิตภาภา รัตนประเสริฐ ธัญญพร เต็นประโคน ศิริวรรณ บรรเลงทรัพย์ และสุกัญญา นาเมือง. การผลิตถ่านอัดแท่งจากตะกอนน้ำเสียและถ่านกะลามะพร้าว [รายงาน]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2565.
11. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils: ASTM D2974-14. Pennsylvania: ASTM International; 2020.
12. รอกียะสา และฮาฮีมาะ ฮูลู. การศึกษาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น [รายงานการวิจัย]. ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา; 2554.
13. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke: ASTM D5865. Pennsylvania: ASTM International; 2019.
14. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Moisture in The Analysis Sample of Coal and Coke: ASTM D3173-11. Pennsylvania: ASTM International; 2017.

15. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke: ASTM D3175-20. Pennsylvania: ASTM International; 2020.
16. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal: ASTM D3174-12. Pennsylvania: ASTM International; 2018.
17. American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke: ASTM D3172-13. Pennsylvania: ASTM International; 2021.
18. อังศุมน สังขพันธ์. เชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน กรณีศึกษาโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนแห่งหนึ่งในเมืองพัทยา [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
19. วีรชัย อางหาญ. การพัฒนาเครื่องอัดแท่งชีวมวลสำหรับใช้ผลิตถ่านชีวภาพ [รายงานการวิจัย]. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2547.
20. ธาณินี มหายศนันท์ และประเทือง อุษาบริสุทธิ. การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.
21. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน [อินเทอร์เน็ต]. 2555. [สืบค้นเมื่อ 8 กค.66]. เข้าถึงจาก: http://webintra.diw.go.th/iwmb/form/iwd040_ผนวก%20ง_คู่มือนำร่อง.pdf
22. เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ และวลัยรัตน์ อุดตมะปรากรม. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมของตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล. วารสารวิจัยพลังงาน กรุงเทพฯ 2556; 10 (3): 43-56.
23. ทิพย์วรรณ ช่วยทอง ธเนศ ไชยชนะ และศุภลักษณ์ อ่ำลอย. สมบัติของถ่านจากเปลือกหมาก. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง 2557; 17 (3): 68-75.