T-ENV-O-089-02

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วและเปลือกทุเรียน

The production of charcoal briquette by used mushroom loaf and Durian rinds

กิตติภูมิ ศุภลักษณ์ปัญญา[1,*], รวมพร นิคม[2] และสุวัฒนา นิคม[3]

Kittiphoom Suppalakpanya[1,*], Ruamporn Nikhom[2] และ Suwattana Nikhom[3]

[1]คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยนครศรีธรรมราช 80240
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210
[3] คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

*ติดต่อ E-mail: kittiphoom.s@rmutsv.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 66 84 058 2499

บทคัดย่อ

การผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกผลไม้ได้แนวคิดจากการใช้ประโยชน์จากของเสียทางเกษตรกรรม เช่น ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสมที่ 0:10 2:8 4:6 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก ทำการอัดแท่งถ่าน และมีการทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ผลการทดสอบ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนผสม 2:8 มีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ที่กำหนดไว้ว่าถ่านอัดแท่งจะต้องมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วผสมเปลือกทุเรียนในอัตราส่วน 2:8 มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 8.46 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อมีกำลังการผลิตที่ 54.5 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 2.77 ปี ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสามารถนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่าได้

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง, ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว, เปลือกทุเรียน

Abstract

The production of charcoal briquette from used mushroom loaf and fruit rinds was the idea derived from the utilization of agricultural waste such as mushroom loaf and durian peel which are abundant in the Nakhon Si Thammarat Province. This research studied the production of charcoal briquette by mixing the mushroom loaf, which was an ingredient with durian peel at the mixing ratio of 0:10, 2:8, 4:6, 6:4, 8:2 and 10:0 by weight. The properties of briquette were analyzed according to ASTM to be in accordance with Thai Community Product Standard as well as humidity test, and the extinguish duration were tested. The test result

revealed that charcoal briquette from mushroom loaf mixed with durian peel at the mixing ratio of 2:8 had calorific value which was higher than Thai Community Product Standard which stated that charcoal briquette shall not have less calorific value lower than 5,000 kilocalories per kilogram. The results of economics analysis found that the production cost of the charcoal briquette from mushroom loaf mixed with durian peel at the mixing ratio of 2:8 was 8.46 Baht/kg of charcoal, when the productivities are 54.5 kg/day, the payback period is approximately 2.77 years. The results of study should be encourage the utilization of agricultural wastes such as mushroom loaf and durian peel to increase wastes value added that would be conformed to the main objectives of the research.

Keywords: charcoal briquette, used mushroom loaf, durian peel

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านพลังงาน เนื่องจากแหล่งพลังงานธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งานในประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมทางด้านพลังงาน จัดหาแหล่งพลังงานธรรมชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งยังมีวัสดุเหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรมที่ยังมิได้นำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง เช่น แกลบ กากอ้อย ซังข้าวโพด เป็นต้น โดยการเพาะเห็ดเป็นอาชีพหนึ่งที่มีผู้ประกอบการเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังจากเก็บดอกเห็ดแล้วจะมีก้อนเชื้อเห็ดที่ไม่ใช้แล้วถูกนำมาทิ้งจำนวนมาก ซึ่งขยะเหล่านี้มีความชื้นสูงไม่เหมาะที่จะนำไปเผา จึงถูกนำไปทิ้งตามที่ต่างๆ ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์จากก้อนเชื้อเห็ดเพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อให้ผู้เพาะเห็ดสามารถนำเชื้อเพลิงดังกล่าวกลับมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในการหุงต้ม จะช่วยลดต้นทุนการผลิตเห็ด และลดปริมาณขยะ

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยวัสดุเหลือใช้พวกชีวมวลจากของเหลือทิ้งจากการเกษตรสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการอัดแท่ง ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น อย่างไรก็ตามถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้วมีค่าความร้อน และปริมาณเถ้าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้วต่อไป [1]

ทุเรียนเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เปลือกทุเรียนเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคผลผลิตทุเรียนในแต่ละปี ประมาณ 686,478 ตันต่อปี เมื่อคิดเป็นปริมาณเปลือกเท่ากับ 462,688.2 ตันต่อปี ซึ่งการพัฒนาเปลือกทุเรียนเพื่อเป็นพลังงานทดแทนจึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่ง [2]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นของเสียทางเกษตรกรรม ซึ่งมีมากในจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อใช้ทดแทนไม้ฟืน และมีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนเพียงพอต่อการประกอบอาหาร มีราคาประหยัด และเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้พัฒนาวัตถุดิบอื่นๆ ในท้องถิ่นให้มีคุณค่าเกิดประโยชน์ในด้านเชื้อเพลิงต่อไป

วิธีการทดลอง

นำก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ไปตากแดดจนแห้งสนิท แล้วนำไปเผาให้เป็นถ่าน ด้วยเตาแบบถัง 200 ลิตร นำถ่านที่ได้จากการเผามาบดด้วยเครื่องบดละเอียดจนเป็นผงถ่าน นำไปร่อนด้วยเครื่องร่อน

คัดขนาดโดยใช้ขนาดตะแกรงเบอร์ 30 mesh ทำการผสมถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน ที่อัตราส่วน 0:10, 2:8, 4:6, 6:4 8:2 และ 10:0 โดยน้ำหนัก ในทุกอัตราส่วนผสมกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วน 5: 1 เพื่อช่วยให้ยึดเกาะกันได้ดี ทำการอัดแท่งแบบเย็น และตัดเชื้อเพลิงออกเป็นท่อน ๆ ละ 10 เซนติเมตร

นำเชื้อเพลิงที่อัดแท่งแล้วไปทำการตากบนแผ่นสังกะสี เพื่อลดความชื้น และทำให้แข็งตัวเกาะกันแน่น บรรจุลงพลาสติกปิดให้แน่น นำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งทั่วไป ได้แก่ ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อน และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการตัวชี้วัดผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value, NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) และระยะเวลาคืนทุน (payback period, PB)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน ก่อนที่จะทำการเผาถ่าน ซึ่งได้แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 และผลผลิตถ่านสุทธิ แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 1 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว	เปลือกทุเรียน
ความชื้น	12.40±1.15	8.57±0.78
สารระเหย	60.60±2.72	79.30±3.90
คาร์บอนคงตัว	14.83±0.94	7.54±0.66
เถ้า	13.27±1.15	4.07±0.39
ค่าความร้อน (cal/g)	1,701±86.5	3,945±508.7

จากตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของวัตถุดิบต่างๆ ที่ทำการศึกษา พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าความชื้น และเถ้าในปริมาณสูง ซึ่งส่งผลต่อค่าความร้อน ทำให้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกทุเรียน โดยเปลือกทุเรียน มีค่าความร้อนซึ่งใกล้เคียงกับฟืนไม้ทั่วไปที่ 4,390 cal/g [3] ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว จึงมีความเป็นไปได้ด้วยการผสมถ่านจากถ่านจากเปลือกทุเรียนเพื่อเพิ่มปริมาณความร้อน และลดปริมาณเถ้าลง

ตาราง 2 ร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัตถุดิบ	น้ำหนักเฉลี่ยของวัตถุดิบ (kg)/ 1 ครั้งการเผา	น้ำหนักเฉลี่ยของถ่าน (kg)/ 1 ครั้งการเผา	ผลผลิตถ่านสุทธิ Yield, (%)
ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว	16.98±1.09	5.25±0.44	44.70±3.57
เปลือกทุเรียน	16.17±0.85	5.50±0.48	51.56±4.95

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงร้อยละของผลผลิตถ่านที่ผลิตได้จากวัตถุดิบชนิดต่างๆ พบว่า ในการเผาวัตถุดิบแต่ละชนิด น้ำหนักการป้อนของวัตถุดิบจะไม่เท่ากัน เนื่องจากมีความแตกต่างในส่วนของความหนาแน่น โดยก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกทุเรียนจะมีน้ำหนักเฉลี่ยของการป้อนวัตถุดิบก่อนการเผาใกล้เคียงกัน และเมื่อทำการเผาจนเป็นถ่าน พบว่า ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วให้ผลผลิตถ่านสุทธิต่ำกว่า ซึ่งอาจเนื่องมาจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วที่ใช้ในการเผาเมื่อใส่ลงไปในเตาเผา และในระหว่างการเคลื่อนย้ายเกิดการแตกหักของก้อนเชื้อเห็ด ซึ่งบางส่วนหลุดกลายเป็นเศษขี้เลื่อยตกลงที่ก้นถัง และในระหว่างการเผาไหม้เศษเหล่านั้นก็จะติดไฟอย่างรวดเร็วโดยไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นถ่านได้ ดังนั้นการเผาก้อนเชื้อเห็ดที่ใช้แล้วจึงให้ค่าผลผลิตถ่านสุทธิต่ำ

จากการทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีอัดเย็น จากถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียนในอัตราส่วนต่างๆ 6 อัตราส่วน พบว่า ทุกอัตราส่วนผสมสามารถอัดแท่งได้ โดยตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน

ตาราง 3 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน

คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิง (%wt)	อัตราส่วนถ่านก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วต่อเปลือกทุเรียน					
	0:10	2:8	4:6	6:4	8:2	10:0
ความหนาแน่น[1]	0.53±0.02	0.54±0.02	0.51±0.01	0.54±0.02	0.52±0.02	0.51±0.02
ความชื้น	6.21±0.49	6.25±0.29	6.41±0.14	6.23±0.20	6.44±0.16	6.68±0.27
สารระเหย	56.7±4.9	56.0±3.2	54.9±3.5	54.4±2.7	52.4±2.5	52.2±4.9
เถ้า	7.97±0.51	12.57±0.74	15.04±0.97	20.58±1.11	22.13±1.35	26.68±1.99
คาร์บอนคงตัว	29.1±4.78	26.7±1.96	23.4±1.85	20.1±1.72	16.1±1.16	14.1±1.73
ค่าความร้อน[2]	5,880±21.6	5,303±43.6	4,763±35.7	4,253±65.3	3,726±64.1	3,211±122.9

หมายเหตุ [1] มีหน่วย g/cm^3 [2] มีหน่วย cal/g

ในกรณีของค่าปริมาณเถ้า โดยถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าปริมาณเถ้าสูงถึง 26.68% ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม ต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 10 %wt ซึ่งการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มปริมาณเถ้า ในกรณีของถ่านอัดแท่งจากของก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วและเปลือกทุเรียนมีค่าปริมาณเถ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนทุกอัตราส่วน ซึ่งค่าปริมาณเถ้าจะมีผลต่อการลุกไหม้ของไฟและความร้อนที่ได้จึงต้องมีการควบคุมปริมาณเถ้าให้น้อยที่สุด และค่าปริมาณความร้อน โดยถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีปริมาณความร้อนต่ำที่สุด 3,211 cal/g ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งควรมีค่าไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งการเพิ่มปริมาณถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดส่งผลโดยให้ปริมาณความร้อนของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้วผสมกับเปลือกทุเรียน ต้องไม่เกิน 2:8 โดยค่าปริมาณความร้อนยังไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังตารางที่ 4 พบว่า NPV ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่าเท่ากับ 71,256 แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า ค่า IRR ของถ่านเปลือกทุเรียน 80% มีค่าเท่ากับ 23.62 ซึ่งมากกว่าอัตราดอกเบี้ย 6 % แสดงว่าการลงทุนโครงการมีความคุ้มค่า และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.77 ปี ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร แสดงว่าโครงการมีความเสี่ยงในระดับที่ยอมรับได้

ตาราง 4 สมมติฐานในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	คำอธิบาย
ผลประโยชน์ของโครงการ	กำหนดราคาขายถ่านอัดแท่งที่มีความร้อนไม่ต่ำกว่า 5000 cal/g = 14 บาท/กก.
เงินลงทุน	เครื่องบดวัตถุดิบขนาดราคา 35,000 บาท
	เครื่องอัดแท่งแบบเกลียวราคา 20,000 บาท กำลังการผลิต 62.5 กก./ชั่วโมง
	ถัง 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 50 ใบ 105,000 บาท
	ถังผสมวัสดุ 5 ใบ 5,000 บาท ค่าบำรุงรักษา 5,000 บาท
ค่าใช้จ่าย	ค่าแรง = 4.40 บาท/กก. ค่าไฟฟ้า = 0.14 บาท/กก.
	ค่าน้ำประปา+ค่าแป้งมัน = 0.52 บาท/กก.
	ค่าวัตถุดิบ = 2.99 บาท /กก. ค่าเชื้อเพลิง = 0.37 บาท/กก.
จำนวนเชื้อเพลิงที่ผลิต	ถ่านเปลือกทุเรียน = 54.5 กก.
จำนวนวันที่ผลิต	260 วัน/ปี (อายุของโครงการ 5 ปี)

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาศักยภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจากก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่ใช้แล้ว และเปลือกทุเรียน พบว่า ถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วจะมีปริมาณเถ้าสูง และมีปริมาณความร้อนที่ต่ำ ซึ่งสามารถลดปัญหาดังกล่าวด้วยการผสมกับถ่านจากเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนของถ่านจากเปลือกทุเรียนต่อถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้ว เท่ากับ 2:8 และคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบแล้ว ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ยกเว้นปริมาณเถ้า อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า การผลิตถ่านก้อนเห็ด 20% เปลือกทุเรียน 80% มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงที่สุด เนื่องจากเปลือกทุเรียนไม่มีมูลค่า และมีปริมาณความร้อนสูง ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.77 ปี และการเพิ่มปริมาณก้อนเชื้อเห็ดจะทำให้มูลค่าของถ่านลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนของถ่านจากก้อนเชื้อเห็ดใช้แล้วมีค่าต่ำ และส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย วิสาหกิจชุมชุมกลุ่มเพาะเห็ดนางฟ้าขุนทะเล อ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ที่ได้ร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้อนุเคราะห์พื้นที่ อุปกรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้อนุเคราะห์นักวิจัยในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

[1] เจิดจันทร์ จันทร์ดี และวิมลวรรณ จำชาติ (2553) การศึกษาศักยภาพของถ่านอัดแท่งจากก้อนเพาะเห็ดที่ใช้แล้ว. http://ecrc-lpru.wixsite.com/energylpru/work1

[2] กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2553). รายงานข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553.

[3] เอกลักษณ์ กิติภัทร์ถาวร, ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ และ วลัยรัตน์ อุตตมะปรากรม. (2556) เชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมของตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล. *วารสารวิจัยพลังงาน* 10, 43-56.