

O-P04

“เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก”

ศิริขวัญ กาศเกษม และฐิติพร เจาะจง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Corresponding author email; titiporn_ant@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก โดยใช้กาบแบ่งเปียกเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 1:1 แล้วนำมาอัดเป็นแท่งโดยการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนหรือการอัดเย็น โดยเครื่องอัดไฮดรอลิก จากนั้นทำการศึกษาคูณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวม 3 ด้าน ได้แก่ ค่าปริมาณความร้อน ค่าความชื้น และค่าปริมาณเถ้า จากผลการศึกษาพบว่า ค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีค่าเท่ากับ 5,893.28 และ 5,540.11 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีค่าเท่ากับ 4.78 % และ 5.56 % ตามลำดับ ค่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีค่าเท่ากับ 8.75 % และ 11.91 % ตามลำดับ ค่าปริมาณความร้อนที่ได้มีค่าสูงกว่าไม้หรือฟืนซึ่งมีค่า 3,934 แคลอรี/กรัม ค่าความชื้นที่ได้มีค่าต่ำกว่าไม้หรือฟืนซึ่งมีค่าประมาณ 10.0-18.0 % และค่าปริมาณเถ้าที่ได้มีค่ามากกว่าไม้หรือฟืนซึ่งมีค่า 3.9 % ค่าความชื้นต่ำจะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งติดไฟง่าย ให้ค่าปริมาณความร้อนสูง ส่วนค่าปริมาณเถ้าต่ำจะทำให้เชื้อเพลิงติดไฟได้ดี จากการเปรียบเทียบเชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิด พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ให้ค่าปริมาณความร้อนสูง ค่าความชื้น และค่าปริมาณเถ้าต่ำเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝก

คำสำคัญ: หญ้าเนเปียร์, หญ้าแฝก

Briquetted Fuel of Napier grass and Vetiver grass

Titiporn Chorchong and Sirikhuan Kaskasem

Faculty of science and technology Pibulsonggram Rajabhat University

Corresponding author email; titiporn_ant@hotmail.com

Abstract

In this paper, the production and the examination of chemical properties of the briquette fuel from napier grass and vetiver is purposed. We use the ratio of materials between Napier grass or vetiver and the binder which is the wet powder about 1:1. Then, these materials are pressed into the piece of briquette by using a hydraulic pressing without heat or cold compressing. Generally, there are three important qualities of fuel according ASTM standards as follows: heating value, moisture content and ash content. It can be seen that the heating value of the briquette fuels from napier grass and vetiver is about 5893.28 and 5540.11 cal/g, respectively. Following this, 4.78 % and 5.56 % of moisture content are the briquette fuels from napier grass and vetiver, respectively. Lastly, the amount of ash is from napier grass at 8.75 % and from vetiver at 11.91 %. The heating values from napier grass and vetiver are more than fuel from general wood or firewood around 3934 cal/g whereas the moisture contents from napier grass and vetiver are lower than fuel from wood or firewood about 10-18 %. Finally, the ash contents are greater than wood or firewood about 3.9 %. It is noticeable that the low moisture content is easy to flame, and provides the high heating. Experimentally, the briquette fuel from napier grass provides the high heating, but it provides the low moisture and ash contents compare with the briquette fuel from vetiver.

Keywords: Napier grass , Vetiver grass

บทนำ

ปัจจุบันพลังงานมีความสำคัญในการตอบสนองต่อความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ประเทศไทยประสบปัญหาด้านพลังงาน ราคาพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปัจจัยและสภาพแวดล้อมหลายประการ ปริมาณสำรองของพลังงานลดลง ความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจ การเมือง และขาดแคลนแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ ทางด้านพลังงานและเชื้อเพลิงทำให้ต้องนำเข้าพลังงานและเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ จึงทำให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้นรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในประเทศ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ, 2556) ดังนั้นการหาแหล่งพลังงานทางเลือกใหม่จึงมีความสำคัญพอๆกับการหาแนวทางในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคมโดยมุ่งเน้นความสอดคล้องกับศักยภาพของท้องถิ่น

เชื้อเพลิงในปัจจุบันที่ใช้ในการหุงต้มมีราคาสูงไม่ว่าจะเป็นแก๊สหุงต้มหรือถ่านไม้ก็ตาม ฟืนและถ่านไม้เริ่มหายากเพราะมีการตัดไม้ ทำลายป่ามาก การหาพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนฟืนและถ่านไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัชพืช และพืชพลังงาน เช่น แกลบ ชากอ้อย ชีเลื่อย ผักตบชวา หญ้าเนเปียร์ หญ้าแฝก ฯลฯ จึงเป็นเชื้อเพลิงอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะกับประเทศไทย ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงเป็นสิ่งสำคัญ

หญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก เป็นหญ้าที่ปลูกง่าย ทนต่อสภาพความแห้งแล้ง ความเปียกแฉะและสภาพน้ำท่วมขังได้ดี ผลผลิตต่อไร่สูง มีการตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดี แตกกอดี ในฤดูหนาวยังเติบโตได้ดี ไม่ชะงัก ไม่มีระยะพักตัว ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพ ไม่มีโรคและแมลงรบกวน เก็บเกี่ยวง่าย และยังไม่มีการวิจัยใดที่นำหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งเชื้อเพลิงจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของถ่านอัดแท่ง 2 ชนิด เพื่อได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเป็นเชื้อเพลิง และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนถ่านจากไม้ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้มีขั้นตอนการทดลอง 2 ขั้นตอน คือ

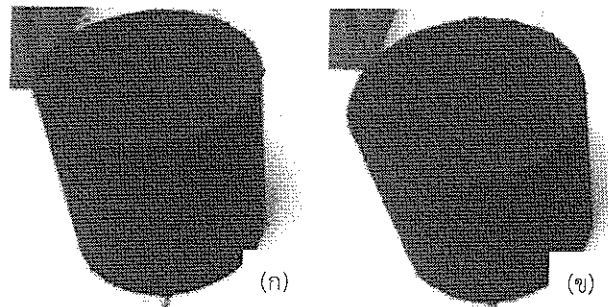
1. ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก
2. ศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าปริมาณความร้อน และค่าปริมาณเถ้า ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก

วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หญ้าเนเปียร์ และหญ้าแฝกสำหรับเป็นเชื้อเพลิง
2. เครื่องชั่งดิจิตอล สำหรับชั่งสารตัวอย่าง
3. เครื่องอัดไฮโดรลิก สำหรับอัดแท่งเชื้อเพลิง
4. เครื่องปั่นน้ำผลไม้ สำหรับบดถ่านจากหญ้าเนเปียร์และถ่านจากหญ้าแฝก
5. กาวแปงเปียก สำหรับใช้เป็นตัวประสาน
6. เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ สำหรับวิเคราะห์ค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิง
7. เตาอบ สำหรับอบตัวอย่างเพื่อไล่ความชื้น
8. เตาเผา สำหรับเผาตัวอย่าง
9. ตู้อัดควัน สำหรับไล่ควันในสารตัวอย่าง
10. เตาเผาเชื้อเพลิง สำหรับเผาหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝกให้เป็นถ่าน
11. โถดูดความชื้น สำหรับดูดความชื้นในสารตัวอย่าง
12. ภาชนะใส่สารแบบสแตนเลส สำหรับใส่สารตัวอย่าง
13. ภาชนะใส่สารแบบกระเบื้อง (Crucible) สำหรับใส่สารตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

1. ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีขั้นตอนการทดลองดังนี้
 - 1.1 เตรียมวัตถุดิบโดยการนำหญ้าเนเปียร์ และหญ้าแฝกมาตากแห้งไล่ความชื้น
 - 1.2 นำหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝกที่ตากแห้งแล้วมาเผาในเตาเผา 200 ลิตร จนได้เป็นถ่าน ซึ่งหญ้าเนเปียร์ 1 กิโลกรัม เผาแล้วจะเหลือ 350 กรัม และหญ้าแฝก 1 กิโลกรัม เผาแล้วจะเหลือ 200 กรัม ต่อจากนั้นนำถ่านที่ได้จากการเผามาเข้าเครื่องบด เพื่อบดให้เป็นผงถ่านละเอียด
 - 1.3 ทำกาบแข็งเปียก โดยอัตราส่วนระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับน้ำ คือ 1:10 จะได้กาบแข็งเปียกที่ใสและไม่เหนียวเกินไป ทำให้ผสมเข้ากับผงถ่านได้ดี
 - 1.4 ผสมผงถ่านกับกาบแข็งเปียกให้เป็นเนื้อเดียวกันในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่สามารถขึ้นรูปได้ โดยอัตราส่วนนี้ได้ทำการทดลองแล้วว่าสามารถขึ้นรูปได้ดีและรูปทรงไม่เปลี่ยนแปลง
 - 1.5 นำผงถ่านที่ผสมกับกาบแข็งเปียกอัดเป็นแท่งโดยการอัดแบบไม่ใช้ความร้อนหรือการอัดเย็น โดยเครื่องอัดไฮโดรลิก
 - 1.6 นำแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ไปเข้าตู้อบเพื่อไล่ความชื้น เพื่อเป็นการลดความชื้นให้ไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ของมาตรฐานแท่ง อบที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จากงานวิจัยของ ผศ.สหรัตน์ วงษ์ศรีชะ และอาจารย์สิงห์แก้ว ปือกเท้ง, 2548 ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนถ่านจากไม้ ทำการอบแท่งผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง อบที่อุณหภูมิ 100-120 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบ 6 ชั่วโมง, 10 ชั่วโมง, 15 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ถ่านอัดแท่งที่แห้งสนิท จากการทดลองพบว่า ช่วงเวลาการอบ 15 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน แต่ถ้าจะให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการอบและไม่เสียเวลาในการอบมากเกินไปควรน่าจะใช้ช่วงเวลาการอบ 15 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน



รูปที่ 1 ลักษณะแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ในการทดลอง
(ก) หญ้าเนเปียร์ (ข) หญ้าแฝก

2. ศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าปริมาณความร้อน และค่าปริมาณเถ้า ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก

นำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ และหญ้าแฝก ไปทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Material) ได้แก่

2.1 การหาค่าปริมาณความร้อนสามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสารเผาอย่างสมบูรณ์ในตัวอย่างบอมบ์ ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณที่เกินพอ ความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของเสื้อฉนวน (Jacket) สูงขึ้น และสามารถคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นได้ และทำการหาค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดซ้ำกัน 3 ครั้ง

2.2 การหาค่าความชื้น

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D3173 โดยนำถั่วไปอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100-103 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จนถั่วเย็นแล้วชั่งน้ำหนักถั่วหลังอบ ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างก่อนอบ โดยกำหนดให้ใช้ตัวอย่างละ 3.0000 กรัม นำสารตัวอย่างใส่ถ้วยที่ผ่านการอบแล้วเข้าตู้อบทิ้งไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100-103 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารตัวอย่างออกมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จนถั่วเย็นแล้วชั่งน้ำหนักถั่วหลังอบ ทำการหาค่าปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดซ้ำกัน 3 ครั้ง

2.3 การหาค่าปริมาณเถ้า

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำถั่วไปอบไล่ความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส นำจากนั้นใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จนถั่วเย็นแล้วชั่งน้ำหนักถั่วหลังเผา ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างก่อนเผา โดยใช้ตัวอย่างละ 3.0000 กรัม (ตามมาตรฐานของการหาปริมาณเถ้า นั้นจะใช้น้ำหนักสารตัวอย่างประมาณ 2-5 กรัม) นำสารตัวอย่างใส่ถ้วย เเผาไล่ควันจนควันหมด (ในตู้ดูดควัน) เมื่อตัวอย่างไหม้จนหมดควันแล้วนำไปใส่ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 ชั่วโมง (โดยทำการเปิดเตาเผาดูว่าเกิดเถ้าหรือไม่ โดยใช้เวลามากกว่า 3 ชั่วโมง ถ้าเกิดเถ้าสีขาวแล้วก็สามารถนำออกได้โดยไม่ต้องรอถึง 5 ชั่วโมง) นำสารตัวอย่างออกมาใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จนถั่วเย็นแล้วชั่งน้ำหนักถั่วหลังเผา ทำการหาค่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดซ้ำกัน 3 ครั้ง

จากนั้นนำเชื้อเพลิงอัดแท่ง 2 ชนิดเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางเคมี

ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการทดสอบและเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าปริมาณความร้อน และค่าปริมาณเถ้า ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก แสดงผลดังตาราง

ตาราง แสดงเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่ง	ค่าปริมาณความร้อน (แคลอรี/กรัม)	ค่าปริมาณเถ้า (%)	ค่าความชื้น (%)
หญ้าเนเปียร์	5,893.28	8.75	4.78
หญ้าแฝก	5,540.11	11.91	5.56
ไม้หรือฟืน	3,934.00	3.90	10.00-18.00

จากตาราง พบว่าในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก โดยในการทดลองหาค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์มีค่าเท่ากับ 5,893.28 แคลอรี/กรัม ค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝกมีค่าเท่ากับ 5,540.11 แคลอรี/กรัม ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์มีค่าเท่ากับ 8.75 % ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝกมีค่าเท่ากับ 11.91 % และค่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์มีค่าเท่ากับ 8.75 % ค่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝกมีค่าเท่ากับ 11.91 % และค่าปริมาณความร้อนของไม้หรือฟืนมีค่าเท่ากับ 3,934.00 แคลอรี/กรัม ค่าความชื้นของไม้หรือฟืนมีค่าเท่ากับ 3.90 % และค่าปริมาณเถ้าของไม้หรือฟืน มีค่าเท่ากับ 10.00-18.00 %

อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝก และไม้หรือฟืน พบว่าค่าปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์จะมีค่าความร้อนสูงที่สุด คือ 5,893.28 แคลอรี/กรัม ค่าปริมาณเถ้าของไม้หรือฟืนจะมีค่าต่ำที่สุด คือ 3.90 % และค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ จะมีค่าความชื้นต่ำที่สุด คือ 4.78 %

จากการศึกษาค่าปริมาณความร้อน, ค่าความชื้นและค่าปริมาณเถ้าที่ได้จากเชื้อเพลิงอัดแท่งแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้ความแตกต่างของปริมาณความร้อนดังกล่าว อาจเนื่องจากชีวมวลที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ที่แตกต่างกันหลังการเผาไหม้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นนทพันธ์ จันทรธนูเดช (2550) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบพลังงานความร้อนจากใบไม้แห้ง 15 ชนิด พบว่า ปริมาณความร้อนที่ได้จากใบไม้แห้งแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากใบไม้แต่ละชนิดมีลักษณะ และมีส่วนประกอบที่ แตกต่างกันไป จึงส่งผลให้มีค่าความชื้นและค่าปริมาณเถ้าแตกต่างกันด้วย ซึ่งความชื้นนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เป็น ส่วนประกอบในใบไม้แต่ละชนิด ส่วนปริมาณเถ้าในส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

สรุปผลการวิจัย

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าแฝก มีคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาใช้ทดแทนถ่านไม้ ได้ แต่เชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าเนเปียร์ มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากหญ้าแฝก เนื่องจากให้ค่าปริมาณความร้อนสูง ค่าความชื้นต่ำ ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งติดไฟง่าย และค่าปริมาณเถ้าต่ำจะทำให้เชื้อเพลิงติดไฟได้ดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2556. สถานการณ์ปัจจุบันพลังงานในประเทศไทย. ออนไลน์: http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/sit_q1_56/sit_q1_56.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 18 กรกฎาคม 2556).
- กมลลักษณ์ เกตุแจ่ม, 2556. สภาพทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าแฝก. ออนไลน์: <http://www.nsrui.ac.th/grass/02.html>. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 18 กรกฎาคม 2556).
- ดร. ไกรลาส เขียวทอง. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์, ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.
- นนทพันธ์ จันทรธนูเดช, 2550. การหาและเปรียบเทียบพลังงานความร้อนระหว่างใบไม้แห้ง 15 ชนิดและถ่านอัดแท่ง กรณีศึกษา : อำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย.
- ผศ. สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และอาจารย์สิงห์แก้ว ปือกเพ็ง, 2548. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนถ่านจากไม้. โครงการวิจัยทางเทคโนโลยีและการผลิต. ศูนย์เทคโนโลยีเครื่องจักรกลอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ.
- ASTM D3173: Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. American Society for Testing and Materials, U. S. A.
- ASTM D3286: Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Isoperibol Bomb Calorimeter. American Society for Testing and Materials, U. S. A.
- ASTM Standard. 1999a Proximate Analysis of Coal and Coke. American Society for Testing and Materials, U. S. A.