

## กระบวนการผลิตแกลบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง

### Production of Rice Husk for Fuel

#### บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่แกลบ มาอัดก้อนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงชนิดอื่น โดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกและแม่พิมพ์อย่างง่าย ในการใช้แกลบเป็นตัวเชื่อมประสาน ทั้งนี้รวมถึงอธิบายกระบวนการอัดก้อน และคุณค่าทางความร้อนของแกลบเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนต่อไป

**คำสำคัญ:** การเกษตร, พลังงานทดแทน

#### Abstract

This article is intended to present the method of extracting rice husk briquette fuel which is used in hydraulic compression and in simplifying molds. The binders are used in briquette such as glue. Furthermore, it includes an explanation of the briquette process and the heating value of rice husks

**Keywords:** rice husk

#### บทนำ

สถานการณ์ด้านพลังงานในปัจจุบันกำลังเป็นปัญหาต่อสถานะเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศอย่างมาก ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนา ปริมาณความต้องการพลังงานจึงมีมากขึ้น พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันดิบที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถนำก๊าซธรรมชาติขึ้นมาใช้ได้ แต่ก็สามารถทดแทนน้ำมันดิบได้เป็นบางส่วนและบรรเทาปัญหาไปได้เพียงระยะหนึ่งเท่านั้น

เพราะปริมาณความต้องการด้านพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี นอกจากนี้ยังเกิดปัญหาขาดแคลนฟืน และถ่านไม้ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับชาวบ้านที่มีรายได้น้อย เนื่องจากป่าไม้ถูกทำลายโดยมิได้มีการปลูกทดแทนให้เพียงพอ การขึ้นราคาน้ำมันจะทำให้ราคาของฟืนและถ่านไม้สูงขึ้นตามไปด้วย สถานการณ์ดังกล่าวเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อเสถียรภาพทางเศรษฐกิจของประเทศจึงจำเป็นต้องเร่งแก้ปัญหาโดยใช้มาตรการทั้งในด้านอุปทานและอุปสงค์ เช่น ลด

การใช้น้ำมันลง ในขณะที่เดียวกันจะต้องมีการกระจายแหล่งพลังงานให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ประเทศสามารถพึ่งตนเองในด้านพลังงาน แทนการผูกพันอย่างแนบแน่นกับน้ำมันดังเช่นที่แล้วมา แหล่งของทรัพยากรทางพลังงานในประเทศที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แก่ วัสดุเหลือใช้และขยะจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ขี้เถ้า กากอ้อย เปลือกถั่ว เปลือกมะพร้าว ฟางข้าว และวัสดุเหลือใช้อื่นๆ

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ปลูกข้าวได้มากและส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศมากเป็นลำดับต้นๆ ในบรรดาสินค้าส่งออกด้วยกัน นอกจากนี้ข้าวยังเป็นอาหารหลักของประชากรไทย ในการสีข้าวเปลือกเพื่อจะให้ได้เป็นข้าวสารนั้นย่อมจะได้แกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้ง จากการศึกษาพบว่า แกลบจะมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักถึง 20-30 เปอร์เซ็นต์ของข้าวหนึ่งเมล็ด ดังนั้นหากพิจารณาว่าประเทศไทยมีอัตราการผลิตข้าวเปลือกประมาณ 320,346 ตัน/ปี (อัจฉรา วรรณพงษ์, 2542) จะทำให้เกิดของเสียในสภาพแกลบมากกว่า 80,086 ตัน/ปี แกลบที่ได้จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงงานขนาดย่อมและขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม ด้วยคุณสมบัติของแกลบที่มีความหนาแน่นต่ำไม่สะดวกในการขนส่ง มีความสิ้นเปลืองสูง และยังคงจำเป็นต้องคุณสมบัติของแกลบคือ การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีพื้นที่สัมผัสมาก ทำให้ควบคุมยาก ดังนั้นการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงจึงอยู่ในขอบเขตที่จำกัด ส่วนใหญ่นอกจากจะใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงแล้วยังนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้เช่น ผสมกับดินเหนียวทำเป็นอิฐ ใช้อรงรัง

สัตว์ปีก หรือใช้ดูดซับน้ำมันที่หกหรือเปื้อนเป็นต้น

### ผลผลิตแกลบ

แกลบ (rice husk) เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ดังนั้นปริมาณแกลบจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณข้าวที่ผลิตได้ แกลบสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งอัดก้อนหรือแท่งเพื่อใช้ทดแทนฟืนหรือถ่านไม้ได้อย่างเพียงพอ จากตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงองค์ประกอบของแกลบจะเห็นว่า แกลบประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) และสารประกอบอินทรีย์ (organic material) เป็นส่วนประกอบหลัก (สมาคมเซรามิกส์, 2531)

แกลบมีคุณสมบัติในด้านเชื้อเพลิงไม่ต่างจากไม้มากนัก แต่การใช้เป็นเชื้อเพลิงของแกลบมีข้อเสีย เช่นเมื่อเผาไหม้ แกลบให้ปริมาณขี้เถ้าสูงถึง 17.4 % ซึ่งมากกว่าไม้ถึง 7 เท่า แต่ขี้เถ้าของแกลบสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ผงขัด และผลิตกาข้าวได้ (กนกอร หัสโรค์, 2542)

### ตาราง 1

องค์ประกอบทางเคมีของแกลบ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
สารประกอบอินทรีย์และความชื้น	73.87
อลูมินา (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.23
เหล็กออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.28
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.24
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.21
ซิลิกา (SiO <sub>2</sub> )	22.12
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO <sub>2</sub> )	0.074

## ตาราง 2

องค์ประกอบของสารประกอบอินทรีย์ในแกลบ

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	
	สารประกอบอินทรีย์	คาร์บอน
Cellulose	43.3	19.22
Lignin	22.00	17.93
D-Xylose	17.52	7.008
L-Arabinose	6.53	2.612
Methyl glucuronic acid	6.53	1.82
D-Galactose	2.37	0.846

### ราคาของแกลบ

แกลบเป็นวัสดุที่สถานะตลาดไม่สู้ดีนัก ทั้งนี้เพราะการใช้ในปริมาณมากต้องเสียค่าขนส่งแพงกว่าไม้จึงทำให้การใช้งานจำกัดแต่เฉพาะโรงสีและบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น จากการสำรวจข้อมูลราคาของแกลบไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับฤดูกาล และระยะห่างระหว่างที่ตั้งของโรงสีกับสถานที่ใช้งานด้วย บางฤดูกาลโรงสีต้องนำแกลบไปเผาทิ้งนอกโรงสี จากการวิเคราะห์ข้อมูลพอสรุปได้ว่า แกลบเป็นอุปทานพอเพียงในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งเพื่อใช้แทนฟืนหรือถ่านไม้ แต่อาจจะมี การแปรผันตามฤดูกาลเก็บเกี่ยวบ้าง อย่างไรก็ตามราคาของแกลบไม่น่าเป็นปัญหาสำคัญเพราะอุปสงค์น้อยกว่าอุปทาน

### การอัดก้อน

การอัดก้อน (briquette) เป็นวิธีหนึ่งในหลายๆวิธีของการทำให้แข็งแน่นและกะทัดรัด (compaction) โดยการอัดก้อนเป็นการอัดวัสดุให้มีความหนาแน่นรวมมากขึ้น มีความชื้นน้อยลง มีรูปร่างที่แน่นอน และมีคุณสมบัติทางวัสดุ

การอัดก้อนสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. การอัดก้อนโดยใช้ตัวเชื่อมประสาน (binder) เพื่อช่วยในการอัดเกาะของวัสดุและป้องกันการแตกหักเมื่อเวลาถูกอัดออกจากแม่พิมพ์ (mold)

2. การอัดโดยไม่ใช้ตัวเชื่อมประสาน ทั้งนี้เพราะว่าวัสดุบางชนิดเช่น ไม้ หรือ แกลบ สามารถเป็นตัวเชื่อมประสานในตัวเองที่เงื่อนไขหนึ่ง (ที่อุณหภูมิและความดันหนึ่ง) ในกรณีนี้ จะต้องใช้ความร้อนและความดันที่เหมาะสมในการอัดก้อน

### กระบวนการอัดก้อน

กระบวนการอัดก้อนจะประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเก็บสะสมวัสดุ

วัสดุหลายอย่างสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุอัดก้อนได้ ตัวอย่างเช่น ปอกระเจา เศษถ่านหิน ขี้เลื่อย เศษไม้ เยื่อมะพร้าว เปลือกถั่ว แกลบ ฟางข้าว เศษกระดาษ และขานอ้อย เป็นต้น

การเลือกวัสดุจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี

- ควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีน้ำเพราะเวลาเผาไหม้จะทำให้เกิดควันไฟขึ้น

- วัสดุบางชนิดสามารถเผาไหม้ได้แต่ไม่สามารถที่จะจัดทำให้มีขนาดและรูปร่างที่แน่นอนได้

- ในการอัดก้อนอาจใช้วัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้

## 2. การเตรียมวัสดุ

วิธีการเตรียมวัสดุมีขั้นตอนต่อไปนี

- การลดขนาด (size reduction) ในขั้นแรกวัสดุจะถูกนำมาลดขนาด เพื่อให้เป็นชิ้นเล็กๆ ที่สามารถผ่านตะแกรงได้โดยวิธีการสับ การตัด การบด การทุบให้ละเอียด และการสี เป็นต้น โดยขั้นตอนนี้ควรจะทำให้ชิ้นที่เล็กที่สุด เพราะวัสดุบางชนิดไม่จำเป็นต้องทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ

- การอบแห้ง (drying) วัสดุส่วนใหญ่ที่ป้อนเข้าเครื่องอัดก้อนจะเปียก จึงมีความจำเป็นต้องทำให้แห้งก่อนการผสมให้เข้ากับตัวประสาน การทำให้แห้งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตากแดด ใช้เครื่องทำความร้อน ใช้ลมร้อน เป็นต้น การอบแห้งสามารถทำก่อนหรือหลังการลดขนาดก็ได้แต่ทั้งนี้ เมื่อการอัดก้อนเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการอบแห้งอีกครั้งหนึ่ง

- การเตรียมวัสดุที่จะป้อนเข้าเครื่อง (feed stock) การผสมคลุกเคล้าวัตถุดิบให้เข้ากันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ไม้ป้อนซีเมนต์ที่ใช้ทั่วไปในงานก่อสร้าง หรืออาจจะเป็นการผสมด้วยมือก็ได้หากผลิตในจำนวนไม่มาก การผสมควรหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัตถุดิบกับตัวเชื่อมประสาน การใช้วิธีลองผิดลองถูก (trial and error) เป็นวิธีที่ดีที่สุดเพื่อทดสอบความแข็งแรง และการเผาไหม้ของผลผลิตที่ได้ ราคาของตัวประสานอาจมีราคาแพง แต่อย่างน้อยที่สุดก็ต้องมีตัวเชื่อมประสาน ทั้งนี้อาจใช้ตัวเชื่อมประสานที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่า

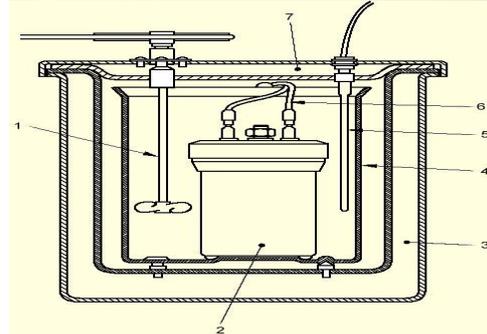
## 3. การอัดก้อน

การอัดก้อนทำได้หลายวิธี ในกรณีทั่วไป feed stock จะถูกป้อนเข้าไปในแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นทรงกระบอกทำจากเหล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.7 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตรมีฝาครอบปิดที่ด้านบนและจะถูกกดหรืออัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก นำแม่พิมพ์ไปอบในตู้อบประมาณ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมงสำหรับแกลบอัดแห้งที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็นตัวเชื่อมประสาน และ 15 ชั่วโมงสำหรับแกลบอัดแห้งที่ใช้กาวแป้งมันเป็นตัวเชื่อมประสาน (จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535) หลังจากนั้นก็นำแม่พิมพ์ออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็น และแกะแท่งแกลบออกจากแม่พิมพ์

## การหาค่าความร้อนของแกลบอลด์แท่ง

เชื้อเพลิง (fuels) เป็นสารประกอบที่มีธาตุสำคัญ คือ ไฮโดรคาร์บอน เมื่อเกิดการสันดาปจะได้ความร้อนออกมา การวัดปริมาณความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงแข็งและเหลว นิยมใช้เครื่องมือที่เรียกว่า บอมบ์คาลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter) ดังภาพที่ 1 (จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535) โดยการชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิงใส่เข้าห้องสันดาปที่เป็นระบบปริมาตรคงที่และไม่มี การไหล ห้องสันดาปเรียกว่า บอมบ์ (bomb) ที่มีเชื้อเพลิงอัดด้วยออกซิเจนความดันสูง (เพื่อต้องการให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์) นำ บอมบ์ จุ่มลงในน้ำที่อยู่ในถัง ส่วนรอบถังจะมีระบบน้ำหล่อเย็นที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้สมดุลกับภายในถังซึ่งจะทำงานแบบอัดโนมัติ เพื่อต้องการให้เกิดระบบเอกเทศ (adiabatic process)

การจุดเชื้อเพลิงให้ระเบิดใช้ระบบไฟฟ้าลอมละลาย ชนิดนิเกิลหรือโครเมียม เมื่อเกิดการสันดาปแล้วปริมาตรความร้อนที่เกิดขึ้น จะทำให้น้ำรอบๆบอมบ์ร้อนขึ้น สามารถวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหากรู้น้ำหนักและความร้อนจำเพาะสารก็สามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนได้



- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| 1) Stirrer            | 5) PRT           |
| 2) Calorimeter bomb   | 6) Ignition lead |
| 3) Jacket             | 7) Jacket lid    |
| 4) Calorimeter vessel |                  |

ภาพ 1 แสดงองค์ประกอบของเครื่องมือวัดพลังงานบอมบ์คาลอริมิเตอร์ (Fire Testing Technology Ltd, 1999-2007)

Note. From "ISO 1716 Bomb Calorimeter," by Fire Testing Technology Ltd, 1999, Retrieved March 27 2008, from <http://www.fire-testing.com/html/instruments/iso1716.htm>.

## วิธีการหาค่าความร้อนของบอมบ์กาลอรี

### มิเตอร์

ความจุความร้อนของบอมบ์กาลอรี มิเตอร์ หมายถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้ เครื่องมือร้อนขึ้นมากกว่าจุดเริ่มต้น 276 องศาเซลเซียส โดยการสันดาปสารบริสุทธิ์ คือ กรดเบนโซอิกแห้ง(dry benzoic acid) ที่มีน้ำหนักประมาณ 1.2 กรัม(จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535) การทดลองเพื่อหาค่าความร้อนของสารตัวอย่าง

### ขั้นตอนการสันดาป

1. ชั่งน้ำหนักถ้วย (crucible) เปล่า
2. ชั่งน้ำหนักแคลบอัดแห้งที่ทดสอบ ประมาณ 1.5 กรัม
3. วางถ้วยที่ใส่สารตัวอย่างบนที่รองรับ และต่อลวดเผาไหม้ (firing wire) ยาว 100 มิลลิเมตร ให้สัมผัสกับสารตัวอย่างระวางอย่าให้ ลวดเผาไหม้แตะกับถ้วย
4. เติมน้ำกลั่นใส่บอมบ์ ประมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วปิดฝา
5. บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจาก เทอร์โมมิเตอร์ (อุณหภูมิเริ่มต้น)
6. กดเปิดไฟ (fire switch) 2 นาที เพื่อ จุดสันดาปพร้อมทั้งอ่านอุณหภูมิ
7. กดปุ่มทดสอบ (test switch) เพื่อ ทดสอบความปกติของการหลอมละลายของ ลวดเผาไหม้ โดยปกติหลอดไฟจะดับ ระบบ ควบคุมอัตโนมัติจะทำการปรับอุณหภูมิของน้ำ หล่อเย็นให้สมดุลกับน้ำรอบบอมบ์ เพื่อให้ กระบวนการทดสอบเป็นแบบเอกเทศ (adiabatic process) ปล่อยให้ทิ้งไว้ 5 นาที จะได้อุณหภูมิ สุกท้าย และอ่านอุณหภูมิสุดท้าย

8. นำบอมบ์มาตรวจสอบการเผาไหม้ นั้นคือ ถ้าภายในบอมบ์มีหยดน้ำเหลืออยู่แสดง ว่าการทดลองเป็นการสันดาปอย่างสมบูรณ์ และ ถ้าภายในบอมบ์มีเขม่าดำหรือเห็นเชื้อเพลิงเหลือ ค้างแสดงว่าการสันดาปไม่สมบูรณ์

### ค่าทางความร้อน (Heating Value)

การวัดค่าทางความร้อน (heating value) มี 2 แบบ (จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535) คือ

1. ค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิงสูงสุด (gross heat of combustion, higher heating value) หมายถึง ความร้อนที่ปล่อยออกมา เนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง 1 หน่วยมวล ในบอมบ์ที่มีปริมาตรคงที่ และทำให้น้ำระเหย แล้วกลั่นตัวเป็นหยดโดยการคายความร้อน ออกมา ดังนั้นค่าความร้อนที่ได้จะรวมค่าความ ร้อนแฝงของน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาสันดาปของ เชื้อเพลิง การคำนวณปริมาณความร้อนชนิดนี้ ทำได้โดยการคำนวณพลังงานสมดุล (equivalent energy) ของกาลอรีมิเตอร์ (W)

$$W = \left( \frac{hg + E_1 + E_2 + E_3}{T} \right)$$

เมื่อ W คือ พลังงานสมดุลของกาลอรีมิเตอร์ (equivalent energy to calorimeter, J/°C)

h คือ ค่ามาตรฐานความร้อนของการเผาไหม้ของกรดเบนโซอิก (heat of combustion at standard benzoic acid, 26.453 kJ/g)

g คือ น้ำหนักของสารมาตรฐานเบนโซอิก (weight of standard benzoic acid sample, g)

T คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (corrected temperature rise, °C) หาได้จาก

$$T = T_i - T_f$$

โดย  $T_i$  คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของการเผา (temperature when charge was fired)

$T_f$  คือ อุณหภูมิสุดท้ายที่สมดุล (final equilibrium temperature)

$E_1$  คือ ความร้อนของการเผาไหม้ของกรดไนตริก (correction for heat of formation of nitric acid, J)

$E_2$  คือ ความร้อนของการเผาไหม้ของกรดซัลฟูริก (correction for heat of formation of sulfuric acid, J)

$E_3$  คือ ความร้อนของการเผาไหม้ของลวดเผาไหม้ (correction for heat of formation of firing wire, 12.6 J/cm)

1.1 การคำนวณหาค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิง (gross heat of combustion,  $H_g$ )

$$H_g = \frac{TW - E_1 + E_2 + E_3}{g}$$

เมื่อ  $H_g$  คือ ค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิง (gross heat of combustion)

2. ค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิงต่ำสุด (net heat of combustion, lower heating value) หมายถึงความร้อนที่ปล่อยออกมาเนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง 1 หน่วยมวลที่ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ และน้ำยังคงอยู่ในสภาพไอ ดังนั้นค่าความร้อนจึงไม่รวมความ

ร้อนแฝงของน้ำ และเป็นความร้อนจริงจากระบบเผาไหม้ในขณะนั้น เพราะไอน้ำที่ได้จากระบวนการเผาไหม้จริงจะระเหยออกไปทางปล่องระบายควัน อนึ่งค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิงต่ำสุดคำนวณเช่นเดียวกับค่าความร้อนรวมของเชื้อเพลิงสูงสุด

จากการทดลองเปรียบเทียบหาค่าความร้อนระหว่างแคลบและแคลบอัดแท่ง พบว่าค่าความร้อนของแคลบอัดแท่งมากกว่าแคลบกล่าวคือค่าความร้อนเฉลี่ยของแคลบอัดแท่งเป็น 16,256 จูลต่อกรัม ส่วนค่าความร้อนของแคลบเป็น 14,700 จูลต่อกรัม (จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแคลบกับตัวเชื่อมประสาน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแคลบและกาวลาเท็กซ์เป็นตัวเชื่อมประสาน คือ แคลบ 235 กรัม ต่อ กาว 115 กรัม เป็นสัดส่วนที่แคลบอัดแท่งแล้วยังคงรูปอยู่ได้ ราคาต่อแท่งน้อยที่สุด และค่าความร้อนเท่ากับ 15,315.097 จูลต่อกรัม เมื่อคิดต้นทุนต่อแท่ง ประมาณ 6 บาทต่อแท่ง (จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535) ส่วนอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแคลบกับกาวแป้งมันเป็นตัวเชื่อมประสาน คือ แคลบ 235 กรัม ต่อ กาว 200 กรัม เป็นสัดส่วนที่แคลบอัดแท่งแล้วยังคงรูปอยู่ได้ ราคาต่อแท่งน้อยที่สุด และค่าความร้อนเท่ากับ 15,215.429 จูลต่อกรัม เมื่อคิดต้นทุนต่อแท่ง ประมาณ 1.20 บาทต่อแท่ง (จันทร์สุดา รัชชปัญญา, 2535)

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าการใช้กาวแป้ง  
มันเป็นตัวเชื่อมประสานจะได้แกลบอัดแท่งที่  
ถูกกว่าแกลบอัดแท่งที่ใช้กาวลาเท็กซ์เป็น  
ตัวเชื่อมประสานถึงแท่งละ 4.80 บาท ราคาของ  
แกลบอัดแท่งที่ทำขึ้น (ใช้กาวแป้งมันเป็นตัว  
ประสาน) ราคาจะไม่ต่างกับฟืน (จันทร์สุดา  
รัชชปัญญา, 2535) ทำให้มีความเป็นไปได้สูง  
มากที่จะนำแกลบอัดแท่งมาใช้แทนฟืนใน  
สภาวะปัจจุบันที่ป่าไม้กำลังขาดแคลน

กล่าวโดยสรุป จะพบว่าแกลบเป็นวัสดุ  
เหลือใช้ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้น้อย  
มาก และการกำจัดทิ้งค่อนข้างยาก การนำแกลบ  
มาอัดเป็นแท่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนฟืนและ  
ถ่าน ไม้ จะทำให้ประเทศประหยัดการใช้  
ทรัพยากรป่าไม้ลงมาก ดังนั้นการนำแกลบมาอัด  
เป็นแท่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง จึงถือได้ว่ามีความ  
เป็นไปได้ทางเศรษฐกิจสูงมากในปัจจุบันและ  
อนาคต



### เอกสารอ้างอิง

- กนกอร หัสโรจน์. (2543). *ปัจจัยของกรด อุณหภูมิและเวลาต่อกระบวนการผลิตซลิกาขาวจาก  
แกลบ*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์,  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จันทร์สุดา รัชชปัญญา. (2535). *การนำแกลบมาอัดเป็นแท่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรม  
ศาสตรมหาบัณฑิต , ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมาคมเซรามิกส์. (2531). แกลบวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *เซรามิกส์ไทย*. 5, (1), หน้า 1-2.
- อัจฉรา วิรัตน์พงษ์. (2542). *ภาวะเศรษฐกิจการเกษตร. ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร*. 45, (515).
- Fire Testing Technology Ltd. (1999). *ISO 1716 Bomb Calorimeter*. Retrieved March 27 2008, from  
<http://www.fire-testing.com/html/instruments/iso1716.htm>
- Patel, M., Karera, A. & Prasanna, P. (1987). Effect of thermal and chemical treatments on  
carbon and silica contents in rice husk. *Journal of Materials Science*. 22, (2).

