การผลิตถ่านหินอัดก้อนไร้ควันในเตาหุงต้มแบบใหม่

นาย ธานินทร์ ตัณฑเกษม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-576-706-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016623

I 10308180

PRODUCTION OF SMOKELESS COAL BRIQUETTES IN A NEWLY-DESIGNED COOKING STOVE

Mr. Tanin Tantakasem

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
1990

ISBN 974-576-706-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตถ่านหินอัดก้อนไร้ควันในเตาหุงต้มแบบใหม่
โดย	นาย ธานินทร์ ตัณฑเกษม
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โอสุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โอสุวรรณ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญจนา บุณยเกียรติ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุเมธ ชวเดช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธานินทร์ ตัณฑเกษม : การผลิตถ่านหินอัดก้อนไร้ควันในเตาหุงต้มแบบใหม่ (PRODUCTION OF SMOKELESS COAL BRIQUETTES IN A NEWLY-DESIGNED COOKING STOVE) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สมชาย โอสุวรรณ , 105 หน้า. ISBN 974-576-706-9

การนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้นั้น พบว่ายังมีปัญหาบางประการ เช่นมีกลิ่นและมีควันมาก จึงควรมีวิธีการปรับปรุงคุณภาพของถ่านหินก่อนนำไปใช้งานเช่น การคาร์บอไนซ์เพื่อไล่ความชื้นและสารระเหยออกจากถ่านหิน ถ่านหินที่ได้เป็นถ่านหินไร้ควันที่มีคุณภาพดีขึ้น มีกลิ่นและควันลดลง เมื่อนำมาอัดก้อนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนได้

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างเตาหุงต้มในครัวเรือน ที่สามารถคาร์บอไนซ์ถ่านหินพร้อมกับการหุงต้มอาหารได้ในเวลาเดียวกัน ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการใช้งานของเตาโดยพิจารณาผลของปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณถ่านหินที่นำไปคาร์บอไนซ์ในห้องคาร์บอไนซ์ ที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานของเตา คุณสมบัติของถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ และอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ ตลอดจนศึกษาวิธีการผลิตถ่านหินอัดก้อนไร้ควันโดยใช้วิธีอย่างง่าย สะดวกในการนำไปใช้งาน

จากผลการทดลองพบว่าเตาที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่โดยให้มีลักษณะคล้ายกับเตาอั้งโล่ที่มีใช้ในครัวเรือนทั่วไป แต่ดัดแปลงผนังเตาให้เป็นผนังเตาสองชั้น โดยช่องระหว่างผนังใช้เป็นที่บรรจุถ่านหินเพื่อทำการคาร์บอไนซ์ในขณะที่หุงต้มอาหารด้วยความร้อนที่สูญเสียจากห้องเผาไหม้นั้นสามารถใช้หุงต้มได้ดี คือมีประสิทธิภาพการใช้งานสูงกว่าร้อยละ 30 ของพลังงานที่ได้รับจากเชื้อเพลิงทั้งหมด คาร์บอไนซ์ถ่านหินได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 450 องศาเซลเซียส และถ่านหินไร้ควันที่ได้จากการคาร์บอไนซ์ มีสารระเหยเหลืออยู่ไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักถ่านหินไร้ควันแห้ง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานเพิ่มขึ้น และถ่านหินไร้ควันที่ได้มีสารระเหยเหลืออยู่ลดลง สำหรับการลดปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานต่างกันมากนัก แต่ถ่านหินไร้ควันที่ได้มีสารระเหยเหลืออยู่ลดลงและมีคุณภาพดีขึ้น สำหรับส่วนผสมที่เหมาะแก่การนำไปอัดก้อนถ่านหินไร้ควันคือ ใช้ดินเหนียวร้อยละ 10 โดยน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักถ่านหินไร้ควันแห้ง โดยไม่ต้องเติมปูนขาวลงไปเพื่อช่วยกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อีก ใช้ถาดน้ำแข็งพลาสติกเป็นแบบพิมพ์ในการอัดก้อน ผลิตเป็นถ่านหินอัดก้อนไร้ควันทรงสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 2.5 x 3.5 x 2.5 ซม.^{3} ซึ่งมีคุณภาพดี สะดวกและเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา ๒๕๓๒ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TANIN TANTAKASEM : PRODUCTION OF SMOKELESS COAL BRIQUETTES IN A NEWLY-DESIGNED COOKING STOVE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMCHAI OSUWAN, Ph.D. 105 PP. ISBN 974-576-706-9

The use of coal as a substitute for charcoal is found to cause problems like odour and smoke. One of the improvements of coal before use is carbonization, in which moisture and volatile matter in the coal are reduced, resulting in coal with less odour and smoke, which can be briquetted for domestic use.

The objectives of this research are : to devise domestic cooking stove capable of carbonizing coal at the time of cooking ; to study factors affecting stove efficiency, properties of carbonized coal, and carbonization chamber temperature in regard to the amount of fuel, the amount of coal being carbonized in the carbonization chamber ; and to develop a simple method of producing smokeless coal briquettes.

The stove designed in this research is a double-walled cylindrical stove made from stainless steel 0.15 cm. thick. The space between the inner and outer walls is the carbonization chamber. Heat generated from fuel was used for cooking with over 30 percent efficiency while heat transfered through the combustion chamber wall was used for carbonizing coal at about 450 °C with resulting coal containing less than 20 percent by weight of volatile matter relative to dry smokeless coal, which was within the limit of low temperature carbonization. Efficiency was increased with increment of the amount of fuel used and more volatile matter was reduced. Decreasing the quantity of coal in the carbonization chamber did not show significant difference in efficiency, while improved quality coal with less volatile matter was yielded. Ice-trays were used as hand-pressed moulds conveniently to produce approx. 2.5 x 3.5 x 2.5 $cm.^3$ good quality smokeless coal briquettes. The appropriate composition for briquetting coal was 10 percent by weight of clay relative to dry smokeless coal, with no addition of lime to eliminate sulphur dioxide.

ภาควิชา เคมีเทคนิค ..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค .....

ปีการศึกษา ๒๕๓๒ ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โอสุวรรณ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำช่วยเหลือด้านวิชาการมาโดยตลอด รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ ขอขอบคุณ คุณสังข์ ชมชื่น ที่ได้สร้างเตาในงานวิจัยนี้ และบุคคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านซึ่งอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในการอนุเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินเพื่อทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณ เพื่อน และน้อง ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือ และสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญรูป..... ฏ
บทที่
1. บทนำ..... 1
2. วารสารปริทัศน์..... 3
2.1 ถ่านหิน..... 3
2.2 กระบวนการคาร์บอไนซ์ถ่านหิน..... 5
2.3 คุณสมบัติของถ่านชาร์ที่ใช้ในครัวเรือน..... 9
2.4 การอัดก้อนถ่านหิน..... 10
2.5 กำมะถันในถ่านหิน..... 11
2.6 การขจัดกำมะถันในถ่านหิน..... 12
2.7 ผลของการคาร์บอไนซ์ที่มีต่อการขจัดกำมะถันในถ่านหิน..... 14
2.8 เตาหุงต้ม..... 15
2.9 เตาอั้งโล่..... 17
2.10 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง..... 18
2.11 ประสิทธิภาพการใช้งานของเตาหุงต้ม..... 18
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 19
3. เครื่องมือและวิธีทดลอง..... 26
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง..... 26
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 26
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง..... 29
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างถ่านหิน..... 29

หน้า

3.3.2 การวิเคราะห์ถ่านหิน..... 29
3.3.3 การออกแบบเตาคาร์บอไนซ์..... 30
3.3.4 การคาร์บอไนซ์ถ่านหินและการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตา..... 38
3.3.5 การอัดก้อนถ่านหินไร้ควัน..... 42
3.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณและรูปแบบของกำมะถัน..... 42
3.3.7 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง..... 44
3.4 ตัวแปรที่ทำการศึกษา..... 44
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 47
4.1 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินที่ใช้..... 47
4.2 ผลการวิเคราะห์ถ่านไม้ที่ใช้..... 47
4.3 ผลการออกแบบเตาคาร์บอไนซ์..... 48
4.4 ผลการคาร์บอไนซ์ถ่านหินและการหาประสิทธิภาพการใช้งานของเตา..... 49
4.4.1 ผลของปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานและคุณสมบัติของถ่านหินไร้ควันที่ได้..... 49
4.4.2 ผลของปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานและคุณสมบัติของถ่านหินไร้ควันที่ได้..... 53
4.4.3 ผลของปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์และปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่มีต่ออุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์..... 61
4.5 ผลการอัดก้อนถ่านหินไร้ควัน..... 65
4.6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณและรูปแบบของกำมะถัน..... 67
4.7 ผลการศึกษาลักษณะและความสะดวกในการใช้งาน..... 70
4.7.1 ผลการศึกษาลักษณะในการใช้งาน โดยเปรียบเทียบเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันกับถ่านไม้..... 70
4.7.2 ผลการศึกษาความสะดวกในการใช้งานในแง่ของการเก็บเถ้าและความคงตัวของเถ้า..... 71
4.8 สมดุลพลังงานของเตาคาร์บอไนซ์..... 72
4.9 เปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่มีในประเทศและต่างประเทศ..... 73

หน้า

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 75
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 75
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 77
เอกสารอ้างอิง..... 79
ภาคผนวก..... 84
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์..... 85
ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลและการคำนวณ..... 97
ภาคผนวก ค วิธีและรายละเอียดในการทดลอง..... 102
ประวัติผู้เขียน..... 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการจำแนกชนิดถ่านหินโดยลำดับตาม ASTM D 388..... 4

2.2 สถิติของการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตถ่านโค้กในสหรัฐอเมริกา..... 6

2.3 แสดงประสิทธิภาพ (ร้อยละ) ของเตาประเภทต่างๆ..... 17

3.1 ขั้นตอนต่างๆในงานวิจัย..... 46

4.1 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะ..... 48

4.2 ผลการวิเคราะห์ถ่านไม้..... 49

4.3 ผลของปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานและคุณสมบัติของถ่านหินไร้ควันที่ได้..... 50

4.4 แสดงช่วงเวลาที่สารระเหยสามารถจุดติดไฟได้ที่หัวเผาในขณะทำการคาร์บอไนซ์ถ่านหินปริมาณ 1,300 กรัมคงที่ และใช้ปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันต่างกัน..... 52

4.5 ผลของปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้งานและคุณสมบัติของถ่านหินไร้ควันที่ได้..... 54

4.6 แสดงผลของปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ที่มีต่อระยะเวลาที่สารระเหยจุดติดไฟได้ในเตา เมื่อใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณเทียบเท่าถ่านไม้ 450 กรัม..... 55

4.7 แสดงประสิทธิภาพการใช้งานเมื่อนำเอาสารระเหยกลับมาเผาไหม้และไม่นำมาเผาไหม้ในเตา โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณคงที่ เทียบเท่าถ่านไม้ 500 กรัม..... 56

4.8 เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของสารระเหยในเตา กับปริมาณความร้อนที่ใช้ไปเพื่อไล่สารระเหยออกจากถ่านหิน โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณคงที่เทียบเท่าถ่านไม้ 500 กรัม..... 56

4.9 แสดงปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันเทียบเท่าถ่านไม้ที่เลือกใช้ อัตราส่วน F/C ที่อ่านได้ และปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์สูงสุดที่คำนวณได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานโดยให้ถ่านหินไร้ควันมีสารระเหยเหลืออยู่ไม่เกินร้อยละ 20..... 60

ตารางที่ หน้า

4.10 ผลของปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์และปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันที่มีต่ออุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์..... 62
4.11 ผลการวิเคราะห์กำมะถันรวมและรูปแบบของกำมะถันในตัวอย่าง..... 68
4.12 ผลการวิเคราะห์กำมะถันรวมและรูปแบบของกำมะถันในตัวอย่าง (ร้อยละเทียบกับน้ำหนักกำมะถันรวมในถ่านหินก่อนคาร์บอไนซ์)..... 68
4.13 แสดงเวลาจุดติด เวลาที่ใช้เผื่อทำให้น้ำเดือด และเวลาใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน เปรียบเทียบกับถ่านไม้..... 70
4.14 สมดุลพลังงานของเตาคาร์บอไนซ์ เมื่อใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันคงที่เทียบเท่าถ่านไม้ 500 กรัม และนำสารระเหยกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตา.. 72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของโมเลกุลถ่านหิน	7
2.2	ลักษณะการสลายตัวของโมเลกุลถ่านหินเมื่อได้รับความร้อน	8
2.3	แสดงส่วนประกอบที่จำเป็นของเตาหุงต้ม	15
3.1	เครื่องบดถ่านหินชนิด Hammer mill	27
3.2	เครื่องผสม	27
3.3	เครื่องบดถ่านหินชนิด Cross beater mill	28
3.4	ตะแกรงขนาดต่างๆที่ใช้กับเครื่องบดถ่านหินชนิด Cross beater mill	28
3.5	แสดงการนำความร้อนจากห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงผ่านผนังเตาไปยังถ่านหินที่อยู่ในห้องคาร์บอไนซ์	31
3.6	ภาพหน้าตัดแสดงรายละเอียดของเตาคาร์บอไนซ์ด้านข้าง	32
3.7	ภาพหน้าตัดแสดงรายละเอียดของเตาคาร์บอไนซ์ด้านหน้า	33
3.8	ตะแกรงรองรับเชื้อเพลิง เมื่อมองจากด้านบน	34
3.9	ลักษณะขอบสองชั้นของช่องใส่ถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์	36
3.10	ประตูเตาคาร์บอไนซ์เมื่อปิด	36
3.11	เทอร์โมคับเปิล แบบโครเมล - อลูเมล	37
3.12	สวิทช์เลือก	38
3.13	แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านหน้า	39
3.14	แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านข้าง	39
3.15	แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านหลัง	40
3.16	แสดงเตาคาร์บอไนซ์ที่บริเวณด้านบน	40
3.17	แสดงตำแหน่งของเทอร์โมคับเปิล 4 ตัวที่ใส่ในเตาคาร์บอไนซ์	41
3.18	เตาคาร์บอไนซ์ที่บุดินทนไฟ ฉนวน และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมบางแล้ว	41
3.19	ถาดน้ำแข็งพลาสติกที่ใช้เป็นแบบพิมพ์ในการอัดก้อน	43
3.20	ถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน	43
3.21	เถ้าของถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน	44

รูปที่ หน้า

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพการใช้งานกับปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน (เทียบเท่าถ่านไม้) เมื่อปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์คงที่ 1,300 กรัม..... 51

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารระเหยที่เหลือในถ่านหินไร้ควันกับปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควัน (เทียบเท่าถ่านไม้) เมื่อใช้ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์คงที่ 1,300 กรัม..... 51

4.3 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสารระเหยที่เหลือในถ่านหินไร้ควันกับปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์..... 57

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารระเหยที่เหลือในถ่านหินไร้ควันแห้งกับอัตราส่วนของปริมาณเชื้อเพลิงเทียบเท่าถ่านไม้ (F) ต่อ ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ (C)..... 59

4.5 แสดงอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ถ่านหิน โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณเทียบเท่าถ่านไม้ 500 กรัม และใช้ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ 1,300 กรัม..... 63

4.6 แสดงอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ถ่านหิน โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณเทียบเท่าถ่านไม้ 500 กรัม และใช้ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ 650 กรัม..... 64

4.7 แสดงอุณหภูมิในห้องคาร์บอไนซ์ถ่านหิน โดยใช้เชื้อเพลิงถ่านหินอัดก้อนไร้ควันปริมาณเทียบเท่าถ่านไม้ 550 กรัม และใช้ปริมาณถ่านหินในห้องคาร์บอไนซ์ 1,300 กรัม..... 65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย