สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย
แท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว
Biomass fuel from Chinese water chestnut pericarp

นายสนธิสุข ธีระชัยชยุติ

RCH
TP
339
ส192ท
ฉ.1
เลขหมู่........
เลขทะเบียน 119880
วัน, เดือน, ปี 19 ส.ค. 2555
b. 12378914x
i.........

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ แท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว

Biomass fuel from Chinese water chestnut pericarp

แหล่งเงิน ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปี 2554 จำนวนเงิน 50,000 บาท

ระยะเวลาการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554

นายสนธิสุข ธีระชัยชยุติ สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทรศัพท์ 0866047978

บทคัดย่อ

แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกแห้วคาดหวังว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยการนำเปลือกแห้วสดไปตากแดดเพื่อลดความชื้นและผสมกับสารยึดเกาะ (binder) จากนั้นทำการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบต่อเนื่องชนิดสกรูโดยใช้กำลังไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารยึดเกาะผสมในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ เปลือกแห้ว (100%), เปลือกแห้ว + แป้ง 10%, เปลือกแห้ว + แป้ง 20%, เปลือกแห้ว + แป้ง 30% จากนั้นทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ จากการทดลองพบว่า เปลือกแห้วสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องใช้สารยึดเกาะ โดยมีคุณสมบัติต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้แท่งเชื้อเพลิงจาก เปลือกแห้ว (100%) มี ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่นจริง ค่าความร้อน ค่าต้านทานการตกกระแทก และค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนเท่ากับ 6.57%, 0.79 g/cm^3, 13,386 kj/kg, 1.0 และ 29.73% ตามลำดับ กล่าวได้ว่าเปลือกแห้วสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

คำสำคัญ: แห้ว เปลือก เชื้อเพลิง ชีวมวล

Abstract

Chinese water chestnut pericarp biomass fuel rod was aimed to a new product using for alternative energy. Chinese water chestnut pericarp was reduced moisture content by sun-dry process. Binder was mixed and then pressing by a continuous power screw pressing machine. Cassava flour was used for a binder in this research and mixed in different ratio such as pericarp (100%), pericarp+flour (10%), pericarp+flour (20%) and pericarp+flour (30%). The properties of acquired fuel were evaluated. The result showed that pericarp without binder could be produced for a fuel rod. There was

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

no significant difference in properties of fuel with varied ratio of binder. Consequently, properties of fuel rod from pericarp (100%) such as moisture, true density, heating value, impact resistance and heat utilization efficiency were 6.57%, 0.79 g/cm^3, 13,386 kj/kg, 1.0 และ 29.73% respectively. Therefore, Chinese water chestnut pericarp can be produced for biomass fuel rod and be used for alternative energy.

Keyword: Chinese water chestnut, pericrap, fuel, biomass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ทุนสนับสนุนจนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

แท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกแห้วคาดหวังว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยการนำเปลือกแห้วสดไปตากแดดเพื่อลดความชื้นและผสมกับสารยึดเกาะ (binder) จากนั้นทำการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบต่อเนื่องชนิดสกรูโดยใช้กำลังไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารยึดเกาะผสมในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ เปลือกแห้ว (100%), เปลือกแห้ว + แป้ง 10%, เปลือกแห้ว + แป้ง 20%, เปลือกแห้ว + แป้ง 30% จากนั้นทำการตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ จากการทดลองพบว่า เปลือกแห้วสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องใช้สารยึดเกาะ โดยมีคุณสมบัติต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้แท่งเชื้อเพลิงจาก เปลือกแห้ว (100%) มี ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่นจริง ค่าความร้อน ค่าต้านทานการตกกระแทก และค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนเท่ากับ 6.57%, 0.79 g/cm^3, 13,386 kj/kg, 1.0 และ 29.73% ตามลำดับ กล่าวได้ว่าเปลือกแห้วสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้

คำสำคัญ: แห้ว เปลือก เชื้อเพลิง ชีวมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Chinese water chestnut pericarp biomass fuel rod was aimed to a new product using for alternative energy. Chinese water chestnut pericarp was reduced moisture content by sun-dry process. Binder was mixed and then pressing by a continuous power screw pressing machine. Cassava flour was used for a binder in this research and mixed in different ratio such as pericarp (100%), pericarp+flour (10%), pericarp+flour (20%) and pericarp+flour (30%). The properties of acquired fuel were evaluated. The result showed that pericarp without binder could be produced for a fuel rod. There was no significant difference in properties of fuel with varied ratio of binder. Consequently, properties of fuel rod from pericarp (100%) such as moisture, true density, heating value, impact resistance and heat utilization efficiency were 6.57%, 0.79 g/cm^3, 13,386 kj/kg, 1.0 และ 29.73% respectively. Therefore, Chinese water chestnut pericarp can be produced for biomass fuel rod and be used for alternative energy.

Keyword: Chinese water chestnut, pericrap, fuel, biomass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

ปก..1
กิตติกรรมประกาศ..4
บทคัดย่อ..5
สารบัญ...7
สารบัญตาราง...9
สารบัญภาพ..10
บทที่ 1 บทนำ...11
1.1 ที่มาและความสำคัญ..11
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย...12
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..12
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..12
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..13
2.1 แห้ว..13
2.2 แท่งเชื้อเพลิง...19
2.3 เครื่องบดและเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง..20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย...27
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์...27
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง..29
3.3 การวิเคราะห์หาสมรรถนะของแท่งเชื้อแพลิงแข็ง..29
บทที่ 4 ผลการทดลอง..35
4.1 ผลของการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม.................................35
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)...37
4.3 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density)......................................41
4.4 ดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก...43
4.5 การหาค่าความร้อน (Heating Value)..44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.6 การหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption).......44

4.7 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency)................45

4.8 การวิเคราะห์หาต้นทุนต่อหน่วย..46

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..47

บรรณานุกรม..49

ภาคผนวก ก...51

ภาคผนวก ข...55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงระยะเวลาและรอบของการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมต่างๆ....37
4.2 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง....42
4.3 แสดงการหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด....45
4.4 แสดงต้นทุนต่อหน่วย 46
ข.1 แสดงอัตราส่วนของเปลือกแห้วต่อปริมาณน้ำที่เติม....56
ข.2 แสดงความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบก่อนการอัด....58
ข.3 แสดงความชื้นเริ่มต้นของของแท่งเชื้อเพลิง....59
ข.4 แสดงความชื้นสุดท้ายของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง....60
ข.5 แสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง....61
ข.6 แสดงค่าต้านทานการตกกระแทก....62
ข.7 แสดงประสิทธิภาพ (ระยะเวลาการต้มน้ำของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมต่างๆ)....63
ข.8 แสดงการหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ลักษณะต้นแห้ว ต้นแห้วที่แตกหน่อ และหัวแห้วสด 16
2.2 เครื่องบด (ซ้าย) และเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง (ขวา) 20
3.1 เครื่องบดที่ใช้ในงานวิจัย 28
3.2 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย 28
4.1 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว (100%) 35
4.2 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว + แป้ง10% 36
4.3 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว + แป้ง 20% 36
4.4 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว + แป้ง 30% 36
4.5 กราฟแสดงอัตราความชื้นของเปลือกแห้วที่ตากใน 7 วัน 38
4.6 กราฟแสดงอัตราความชื้นของวัตถุดิบที่ผสมในแต่ละอัตราส่วน 39
4.7 กราฟแสดงอัตราความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งเริ่มต้นในแต่ละอัตราส่วน 40
4.8 กราฟแสดงอัตราความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ตากไว้ 7 วัน 41
4.9 กราฟแสดงความหนาแน่นจริงของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วน 42
4.10 กราฟแสดงค่าต้านทานการตกกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง(เปลือกแห้วล้วน) 43
4.11 กราฟแสดงการหาค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วน 44
4.12 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อแพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสม 45
ก.1 เปลือกแห้ว 52
ก.2 พื้นที่ในการตาก 52
ก.3 เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ DENVER INSTRU MENT รุ่น ST-234 53
ก.4 Hot air oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น Um 400 53
ก.5 การอบหาปริมาณความชื้นในตู้ Hot air oven 53
ก.6 แสดงการหาความหนาแน่นแบบ True density 54
ก.7 แสดงการเปรียบเทียบในขณะต้มน้ำของแท่งเชื้อเพลิง 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ตามที่จังหวัดสุพรรณบุรี และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล. มีความร่วมมือกันเพื่อจะทำงานวิจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบที่มีในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยในช่วงเริ่มต้นจะพิจารณาวัตถุดิบ 2 ชนิดคือ แห้วและปลาสลิด สำหรับงานวิจัยนี้จึงเลือกการนำของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปแห้วมาใช้ประโยชน์

เปลือกแห้วที่ได้จากการปอก จากกระบวนการผลิตในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร จัดเป็น สิ่งของสูญเสีย (waste) และสิ่งเหลือใช้ (residues) ที่มีเป็นจำนวนมาก และอาจมีสารเคมีที่อันตรายเจือปนอยู่ ถ้าไม่หาวิธีกำจัดที่ถูกวิธีอาจปนเปื้อนเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ ปัจจุบัน เกษตรกรนำไปใช้เลี้ยงไก่ หรือทำปุ๋ยหมัก ซึ่งยังไม่มีผลวิจัยว่าจะมีสารตกค้างในไก่หรือไม่อย่างไร ดังนั้น เปลือกแห้วควรจะมีการจัดการอย่างเหมาะสม มิฉะนั้นอาจสร้างปัญหาต่อชุมชนรวมถึงก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้

การหาวิธีการจัดการ โดยนำเปลือกมาแปรรูป ให้มีคุณค่าและมีมูลค่าจึงเป็นเรื่องจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง เป็นที่ทราบกันดีว่าสถานการณ์ด้านพลังงานในปัจจุบัน มีปัญหาอย่างมาก เนื่องจากปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่มีจำกัดและมีมูลค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การหาเชื้อเพลิงชนิดอื่นมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนจึงเป็นเรื่องสำคัญและความจำเป็นอย่างมาก

การผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ โดยสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับภาคอุตสาหกรรมทดแทนการใช้น้ำมัน เช่น ใช้ป้อนเข้าบอยเลอร์เพื่อผลิตไอน้ำในโรงงาน หรือสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับภาคครัวเรือนทดแทนฟืนและถ่านโดยเฉพาะสำหรับประชาชนในชนบทที่ใช้ฟืนและถ่านในการหุงต้มเป็นจำนวนมาก มีรายงานว่า ประเทศไทยใ ช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7% เทียบกับการใ ช้พลังงานอื่นๆ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2539) และมีรายงานว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับฟืนและถ่านได้ลดลงเหลือเพียง 25.6% (กรม ป่าไม้, 2539) ถ้าสถานการณ์เป็นเช่นนี้และไม่มีเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทนฟืนและถ่านสำหรับประชาชนในชนบท ประเทศไทยอาจจะพบปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่ามากขึ้นเช่นกัน

ดังนั้น การศึกษาการนำเปลือกแห้วมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวล จึงมีความสำคัญอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาของประเทศไทยได้อีกแนวทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อให้ได้กระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว
2. เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษากระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว ได้แก่ การนำเปลือกแห้วมาบดย่อย ตรวจหาระดับความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการอัดแท่ง นำแท่งเชื้อเพลิงไปตากแห้ง จากนั้นหาข้อมูลของแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว ได้แก่ วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (chemical component analysis) รวมทั้งค่าความร้อน (heating value) ทดสอบความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (density) หาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (energy consumption) หาค่าพลังงานดุลย์ต่อชั่วโมง (hour energy balance) และหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (heat utilization efficiency) เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับเชื้อเพลิงแข็งชนิดอื่นๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยนี้เป็นการนำ เปลือกแห้วที่จัดเป็นสิ่งของสูญเสียจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรที่อาจมีสารพิษเจือปน อันเป็นอันตรายต่อสัตว์ มนุษย์และสิ่งแวดล้อม ให้สามารถกลับมาใช้เป็นประโยชน์ ให้มีคุณค่าและมีมูลค่า ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม สามารถผลิตได้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้ว ที่ใช้เป็นพลังงานทดแทน คนในชนบทสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับภาคครัวเรือนทดแทนฟืนและถ่าน จะเป็นการแก้ปัญหาการรุกที่ป่าไม้ของประเทศ หรือภาคอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมัน ก็จะสามารถลดต้นทุนการผลิตของโรงงานและจะสามารถทำให้ประเทศไทยลดการนำเข้าพลังงานน้ำมัน ทำให้ดุลการค้าของประเทศดีขึ้นได้ทางหนึ่ง

นอกจากนี้นับเป็นการพัฒนากระบวนการจัดการกับของทิ้งหรือสิ่งของเหลือใช้ ให้เกิดประโยชน์ โดยนอกจากจะทำให้มีมูลค่ามากขึ้นแล้วยังสามารถแก้ปัญหาด้านมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมของชุมชนและประเทศได้อีกด้วย นับว่าการนำเปลือกแห้วมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวล เป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งแก่เกษตรกร คนในชุมชนและประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แห้ว (สำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์, 2546)

แห้วหรือแห้วจีน มีชื่อภาษาอังกฤษว่า วอเทอร์นัท (waternut) หรือไชนิส วอเทอร์เชสต์นัต (Chinese water chestnut) หรือ มาไต (matai) แห้วเป็นพืชดั้งเดิมของแถบร้อน ขึ้นเองตามธรรมชาติในประเทศทางแถบเอเชียตะวันออกมีการนำแห้วมาปลูกเป็นครั้งแรกในประเทศทางแถบอินโดจีน หรือจีนภาคตะวันออกก่อน ปัจจุบันมีการปลูกแห้วเป็นการค้าในประเทศจีน ฮ่องกง ฟิลิปปินส์ สหรัฐอเมริกา (รัฐฮาวาย) อินเดีย อเมริกาใต้ และ ประเทศไทย ไม่ทราบแน่ชัดว่ามีการปลูกแห้วเป็นการค้าในประเทศไทยเมื่อใด แต่มีผู้นำแห้วมาปลูกที่จังหวัดเชียงรายนานมาแล้ว และได้นำมาปลูกในเขตอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ . 2493 ปรากฏว่าปลูกได้ผลดี ได้ผลผลิตหัวสดถึงไร่ละ 4,000 กิโลกรัม ราคาในขณะนั้นกิโลกรัมละ 12-15 บาท ทำกำไรมากมายให้แก่ผู้ปลูก จึงมีการปลูกแห้วเพิ่มขึ้นขยายเนื้อที่ออกไป ทำให้ราคาลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือราคากิโลกรัมละ 2 บาทในปี พ.ศ. 2510 การขยายเนื้อที่ปลูกจึงไม่กว้างขวางออกไปมากนักแต่ก็ยังมีผู้นิยมปลูกแห้วกันอยู่มากพอสมควร

ในปี พ.ศ. 2531 มีข้อมูลว่า แห้วมีมูลค่าการนำเข้าประเทศสหรัฐอเมริกา สูงมากกว่า 25 ล้านดอลลาร์ในรูปของอาหารกระป๋องและแช่แข็ง (Steve, 2000)

แห้ว จะมีเปลือกสีดำเนื้อในสีขาวครีม รสสัมผัสกรอบ ฉ่ำน้ำ รสชาติคล้ายถั่ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแห้วประมาณ 5 เซนติเมตร เหมาะนำไปใช้ในอาหารจีนและอาหารเอเชียน เช่น นำไปหั่น,หั่นเต๋า,ใช้ทั้งหัว นำไปผัดหรือในไปใส่ในอาหารพวกติ๋มซำ (dim sum) สามารถหาซื้อได้ทั้งแห้วแบบสดและแห้วแบบกระป๋อง วิธีการเตรียมแห้วสดให้ปอกเปลือกสีดำออกให้หมด แล้วนำไปสไลด์,หั่นเต๋า,สับ ตามใจชอบ หรือจะใช้ทั้งหัวก็ได้

ปัจจุบันมีการปลูกแห้วมากแถวสองฝั่งแม่น้ำท่าจีน เขตอำเภอเมือง อำเภอศรีประจันต์ อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี เนื้อที่ปลูกประมาณ 500-1,000 ไร่

แห้วเป็นพืชปีเดียวขึ้นในน้ำเหมือข้าว ต้นเล็กเรียวคล้ายต้นหอม หรือใบกก หรือใบหญ้าทรงกระเทียม ใบน้อย หัวเป็นประเภทคอร์ม (corm) สีน้ำตาลไหม้ หัวกลมมีลักษณะคล้ายหอมหัวใหญ่ แต่ขนาดเล็กกว่ามาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๑-๔ เซนติเมตร เนื้อสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้วหรือแห้วจีนมาชื่อวิทยาศาสตร์ว่า เอลิโอชาริสดัลซิส ทริน (*Eleocharisdulcis* Trin.) มีชื่ออื่นอีก ได้แก่ อี ทูเบอโซา ชุลท์ (*E. tuberosa* Schult.) หรือ ซีปุส ทูเบอโรซัส รอกซ์บ (*Scirpus tuberosus* Roxb.) อยู่ในตระกูลไซเปอราซี (Cyperaceae) เป็นกกชนิดหนึ่งคล้ายกับหญ้าทรงกระเทียม แต่เป็นคนละชนิด (speice) กัน แห้วเป็นพืชปีเดียว ลำต้นแข็ง อวบ ลำต้นกลวง ตั้งตรง มีความสูง 1-1.5 เมตร ดอกเกิดที่ยอดของลำต้น ดอกตัวเมียเกิดเมื่อต้นสูง 15 เซนติเมตร เหนือน้ำแล้วจึงเกิดดอกตัวผู้ตามมา เมล็ดมีขนาดเล็ก รากหรือหัวเป็นพวกไรโซม หรือ คอร์ม (rhizomes or corms) มี 2 ประเภท หัวประเภทแรกเกิดเมื่อต้นแห้วอายุ 6-8 สัปดาห์ ทำให้เกิดต้นแห้วขยายเพิ่มขึ้น หัวประเภทที่สองเกิดหลังจากแห้วออกดอกเล็กน้อยโดยทำมุม 45 องศากับระดับดิน หัวแห้วระยะเริ่มแรกเป็นสีขาว ต่อมาเกิดเป็นเกล็ดหุ้มสีน้ำตาลไหม้จนกระทั่งแก่หัวมีขนาดแตกต่างกัน ขนาดที่ส่งตลาด 2-3.5 ซม. ต้นหนึ่ง ๆ แตกหน่อออกไปมากและได้หัวประมาณ 7-10 หัว

นอกจากแห้วซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ อี ดัลซิส (*E. dulcis*) แล้ว ยังมีแห้วซึ่งมีรูปร่างคล้าย ๆ กันนี้อีก 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นแห้วป่าขึ้นอยู่ในน้ำนิ่ง หัวเล็กมาก สีเข้มเกือบดำ บางทีเรียกว่า อี พลานทาจินี (*E. plantaginea*) หรือ อี พลานทาจิโนอิเดส (*E. plantaginoides*) อีกชนิดหนึ่งเป็นชนิดที่ต้องปลูก แห้วชนิดนี้มีหัวใหญ่ มีรสหวาน เดิมที่เดียวจัดไว้ต่างชนิดออกไป คือ เรียกว่า อี ทูเบอโรซา (*E. tuberosa*) ปัจจุบันจัดเป็นชนิดเดียวกัน

แห้วเป็นพืชที่ขึ้นในน้ำ ขึ้นได้ดีในแหล่งที่มีการให้น้ำได้ตลอดปี ชอบอากาศอบอุ่นเกือบตลอดปี ในการงอกต้องการอุณหภูมิในดินประมาณ 14-14.5 องศาเซลเซียส ฤดูปลูกที่เหมาะสมจึงควรเป็นต้นฤดูฝน ประมาณเดือนมีนาคม - เมษายน เพื่อให้มีน้ำเพียงพอ เริ่มเพาะเดือนมีนาคม - เมษายน ย้ายลงปลูกในแปลงใหญ่ได้ในราวเดือน พฤษภาคม - กรกฎาคม ฤดูเดียวกับการทำนา แห้วมีอายุประมาณ 7-8 เดือน เมื่อแห้วเริ่มแก่ คือ ใบเหี่ยวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และสีน้ำตาล ผิวนอกของหัวเป็นสีน้ำตาลไหม้แสดงว่าเริ่มทำการเก็บได้ ประมาณเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ระยะเดียวกันกับเก็บเกี่ยวข้าว เก็บแห้วโดยปล่อยน้ำออกก่อนถึงเวลาเก็บ 3-4 สัปดาห์เพื่อให้ดินแห้ง เก็บโดยขุดแล้วล้างหัว ผึ่งให้แห้ง ถ้าปลูกมากอาจเก็บโดยใช้ไถ ไถลึกประมาณ 15 ซม. พลิกหัวขึ้นมาแล้วเลือกหัวแห้วล้างน้ำ สำหรับรายที่ไม่สามารถระบายน้ำออกได้ ซึ่งได้แก่ การปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรี ต้องเก็บแห้ว โดยการใช้มือลงไปงมขึ้นมาเรียกว่า "งมแห้ว" ในต่างประเทศผลผลิตหัวแห้วสดประมาณ 3.2-6.4 ตันต่อไร่ สำหรับประเทศไทยผลผลิตประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ หรือประมาณ 300 ถัง ขนาดของหัว 3-3.5 ซม. หัวแห้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้ โดยตากให้แห้งบรรจุในภาชนะที่รักษาความชื้นได้ หรือเก็บในอุณหภูมิ 1-4 องศาเซลเซียสได้นานกว่า 6 เดือนขึ้นไป กสิกรสามารถเก็บรักษาหัวแห้วไว้ได้เองโดยเก็บในภาชนะปิดสนิท เช่น ตุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลังไม้หรือทรายแห้งสนิท เก็บได้นานประมาร 6 เดือน ถ้าอยู่ในอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส หัวแห้วจะงอก

หัวแห้วประกอบด้วยส่วนที่กินได้ร้อยละ 46 ส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 22 ในจำนวนนี้เป็นโปรตีนร้อยละ 1.4 คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยต่ำกว่าร้อยละ 1 จากการวิเคราะห์หัวแห้วสดประกอบด้วย : ความชื้นร้อยละ 77.9 โปรตีนร้อยละ 1.53 ไขมันร้อยละ 0.15 ไนโตรเจนร้อยละ 18.9 น้ำตาลร้อยละ 1.94 ซูโครสร้อยละ 6.35 แป้งร้อยละ 7.34 เส้นใยร้อยละ 0.94 เถ้าร้อยละ 1.19 แคลเซียม 2-10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่กินได้ ฟอสฟอรัส 52.2-65 มิลลิกรัม เหล็ก 0.43-0.6 มิลลิกรัม ไทอามีน 0.24 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.007 มิลลิกรัม ไนอาซิน มิลลิกรัม กรดแดสโคบิก (ascobic acid) 9.2 มิลลิกรัม

แป้งที่ให้จากหัว แห้วมีลักษณะคล้ายคลึงกับแป้งจากมันเทศหรือมันสำปะหลัง และมีขนาดใหญ่จนถึง 27 ไมครอน น้ำที่สกัดจากหัวแห้วประกอบด้วยสารปฏิชีวนะ
หัวแห้วที่ซื้อขายได้ ต้องมีขนาดอย่างน้อยประมาณเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. ขึ้นไป เนื้อแห้วสีขาวกรอบ รับประทานสด บรรจุกระป๋อง คั้น น้ำหรือจะต้มทำขนม หรือใช้ประกอบอาหารก็ได้ มักเป็นอาหารจีน นอกจากนี้ยังใช้ทำแป้งได้ด้วย หัวเล็ก ๆ ใช้เลี้ยงเป็ดไก่ได้ดี หัวแห้วบางชนิดใช้ทำยาต้นแห้วใช้เลี้ยงปศุสัตว์ ใช้ในการบรรจุหีบห่อนผลไม้ ใช้ทำตะกร้า ทอเสื่อ เป็นต้น(สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2523)

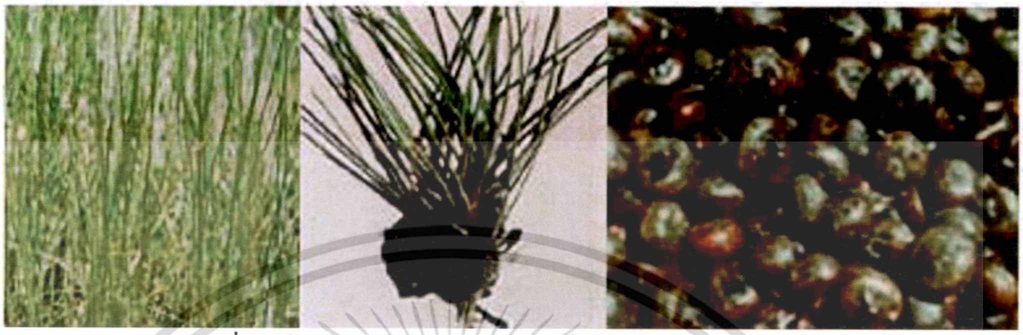
2.1.1 ลักษณะต้นแห้ว

2.1.1.1 ลักษณะทั่วไป แห้วเป็นพืชปีเดียวขึ้นในน้ำเหมือข้าว ต้นเล็กเรียวคล้ายต้นหอม หรือใบกก หรือใบหญ้าทรงกระเทียม ใบน้อย หัวเป็นประเภทคอร์ม (corm) สีน้ำตาลไหม้ หัวกลมมีลักษณะคล้ายหอมหัวใหญ่แต่ขนาดเล็กกว่ามาก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-4 เซนติเมตร เนื้อสีขาว

2.1.1.2 ลักษณะพฤษศาสตร์ แห้วหรือแห้วจีนมาชื่อวิทยาศาสตร์ว่า เอลิโอชาริสดัลซิส ทริน (Eleocharisdulcis Trin.) มีชื่ออื่นอีก ได้แก่ อี ทูเบอโซา ชุลท์ (E. tuberosa Schult.) หรือ ซีปุส ทูเบอโรซัส รอกซ์บ (Scirpus tuberosus Roxb.) อยู่ในตระกูลไซเปอราซี (Cyperaceae) เป็นกกชนิดหนึ่งคล้ายกับหญ้าทรงกระเทียม แต่เป็นคนละชนิด (speice) กัน แห้วเป็นพืชปีเดียว ลำต้นแข็ง อวบ ลำต้นกลวงตั้งตรง มีความสูง 1-1.5 เมตร ดอกเกิดที่ยอดของลำต้น ดอกตัวเมียเกิดเมื่อต้นสูง 15 เซนติเมตร เหนือน้ำแล้วจึงเกิดดอกตัวผู้ตามมา เมล็ดมีขนาดเล็ก รากหรือหัวเป็นพวกไรโซม หรือ คอร์ม (rhizomes or corms) มี 2 ประเภท หัวประเภทแรกเกิดเมื่อต้นแห้วอายุ 6-8 สัปดาห์ ทำให้เกิดต้นแห้วขยายเพิ่มขึ้น หัวประเภทที่สองเกิดหลังจากแห้วออกดอกเล็กน้อยโดยทำมุม 45 องศากับระดับดิน หัวแห้วระยะเริ่มแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสีขาว ต่อมาเกิดเป็นเกล็ดหุ้มสีน้ำตาลไหม้จนกระทั่งแก่หัวมีขนาดแตกต่างกัน ขนาดที่ส่งตลาด 2-3.5 ซม. ต้นหนึ่ง ๆ แตกหน่อออกไปมากและได้หัวประมาณ 7-10 หัว



ภาพที่ 2.1 ลักษณะต้นแห้ว ต้นแห้วที่แตกหน่อ และหัวแห้วสด

ที่มา : สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน (2523)

2.1.2 ชนิดของแห้ว

นอกจากแห้วซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ อี ดัลซิส (E. dulcis) แล้ว ยังมีแห้วซึ่งมีรูปร่างคล้าย ๆ กันนี้อีก ๒ ชนิด ชนิดแรกเป็นแห้วป่าขึ้นอยู่ในน้ำนิ่ง หัวเล็กมาก สีเข้มเกือบดำ บางทีเรียกว่า อี พลานทาจินี (E. plantaginea) หรือ อี พลานทาจิโนอิเดส (E. plantaginoides) อีกชนิดหนึ่งเป็นชนิดที่ต้องปลูก แห้วชนิดนี้มีหัวใหญ่ มีรสหวาน เดิมที่เดียวจัดไว้ต่างชนิดออกไป คือ เรียกว่า อี ทูเบอโรซา (E. tuberosa) ปัจจุบันจัดเป็นชนิดเดียวกัน

2.1.3 วิธีการปลูก

2.1.3.1 ฤดูปลูก

แห้วเป็นพืชที่ขึ้นในน้ำ ขึ้นได้ดีในแหล่งที่มีการให้น้ำได้ตลอดปี ชอบอากาศอบอุ่นเกือบตลอดปี ในการงอกต้องการอุณหภูมิในดินประมาณ 14-14.5 องศาเซลเซียส ฤดูปลูกที่เหมาะสมจึงควรเป็นต้นฤดูฝน ประมาณเดือนมีนาคม - เมษายน เพื่อให้มีน้ำเพียงพอ เริ่มเพาะเดือนมีนาคม - เมษายน ย้ายลงปลูกในแปลงใหญ่ได้ในราวเดือน พฤษภาคม - กรกฎาคม ฤดูเดียวกับการทำนา

2.1.3.2 การเลือกและการเตรียมที่

แห้วขึ้นได้ในดินเหนียวหรือดินร่วน pH 6.9-7.3 ขึ้นได้ในที่ราบ จนถึงที่สูงถึง 1,200 เมตร เตรียมดินโดยทำการไถ พรวนให้ดินร่วนดี กำจัดวัชพืชให้หมด เหมือนการเตรียมดินปลูกข้าว

2.1.3.3 วิธีปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แห้วปลูกโดยใช้หัวเล็กๆ สามารถปลูกได้ 2 วิธี วิธีหนึ่งเพาะหัวแห้วในแปลงเพาะเสียก่อนคล้ายปลูกหอม แต่ละหัวห่างกัน 3-4 ซม. ทำร่มรดน้ำ จนกระทั่งต้นแห้วสูงประมาณ 20-30 ซม. ในราว 15-20 วัน จึงย้ายลงปลูกในแปลงเพาะปลูกห่างกันราว 90-100 ซม. นานราว 2 เดือน เมื่อแตกหน่อจึงใช้หน่อไปปลูกในแปลงใหญ่ โดยปักดำคล้ายดำนา วิธีนี้ปลูกในเนื้อที่ไม่มาก อีกวิธีหนึ่งปลูกหัวแห้วลงฝนแปลงใหญ่เลย ไม่ต้องเพาะก่อน ถ้าเนื้อที่ไม่มากใช้มือปลูก ปลูกลงในหลุมลึก 10-12 ซม. แต่ในเนื้อที่มาก ๆ เช่น ในต่างประเทศ ปลูกด้วยมือไม่ทันต้องใช้เครื่องปลูกโดยเปิดร่องเสียก่อนแล้วหยอดหัวแห้วลงในร่องให้ห่างกันตามที่ต้องการแล้วกลบ ระยะปลูกที่ใช้กันในสหรัฐอเมริกา ระยะระหว่างแถว 75 ซม. ระหว่างหลุม 75 ซม. ในประเทศจีนปลูกเป็นรูปสามเหลี่ยม ระหว่างต้นห่างกัน 45-60 ซม. สำหรับกสิกรไทยใช้ระยะปลูกห่างกันประมาณ 100 ซม

2.1.4 วิธีการทะนุบำรุง

2.1.4.1 การให้น้ำ

หลังจากปลูกแห้วแล้วทดน้ำเข้าให้ท่วมแปลงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้ระบายออกเมื่อต้นแห้วสูงประมาณ 20-30 ซม. ทดน้ำเข้าให้ระดับน้ำสูงประมาณ 10-15 ซม. เมื่อต้นแห้วสูงขึ้นเพิ่มน้ำขึ้นเรื่อย ๆ จนแห้วสูงประมาณ 50-60 ซม. ให้น้ำ 25-30 ซม. จนตลอดฤดูปลูก

2.1.4.2 การกำจัดวัชพืช

ถ้าได้เตรียมดินและกำจัดวัชพืชอย่างดีแล้วก่อนปลูกเกือบจะไม่ต้องกำจัดวัชพืช ในต่างประเทศใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช เช่น 2.4-D กสิกรไทยยังไม่มีการใช้สารเคมีดังกล่าว จะกำจัดด้วยแรงงานหรือไม่กำจัดเลย

2.1.4.3 การใส่ปุ๋ย

การปลูกแห้วในต่างประเทศ ใส่ปุ๋ยผสมเกรดสูง ๆ ในอัตรา 400 กิโลกรัมต่อไร่ ครึ่งหนึ่งใส่ก่อนปลูก อีกครึ่งหนึ่งหลังปลูก 8-10 สัปดาห์ วิธีใส่ปุ๋ยครั้งนี้ ใช้วิธีหว่านเหมือนใส่ปุ๋ยในนาข้าว ถ้าปล่อยน้ำให้แห้งก่อนได้ก็ดี หว่านปุ๋ยแล้วปล่อยน้ำเข้า

2.1.4.4 โรคและแมลง

โรคและแมลงที่ร้ายแรงไม่มี แมลงที่พบเสมอ ได้แก่ ตั๊กแตน เพลี้ยไฟ ถ้าปลูกในดินที่เป็นกรดคือ pH 5.5 มักเกิดโรคซึ่งเกิดจากเชื้อรา ศัตรูที่พบนอกจากโรคแมลงได้แก่ ปู และปลากัด กินต้นอ่อน

2.1.5 การเก็บหัวและรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

119880

แห้วมีอายุประมาณ 7-8 เดือน เมื่อแห้วเริ่มแก่ คือ ใบเหี่ยวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และสีน้ำตาล ผิวนอกของหัวเป็นสีน้ำตาลไหม้ แสดงว่าเริ่มทำการเก็บได้ ประมาณเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม ระยะเดียวกันกับเก็บเกี่ยวข้าว เก็บแห้วโดยปล่อยน้ำออกก่อนถึงเวลาเก็บ 3-4 สัปดาห์เพื่อให้ดินแห้ง เก็บโดยขุดแล้วล้างหัว ผึ่งให้แห้ง ถ้าปลูกมากอาจเก็บโดยใช้ไถ ไถลึกประมาณ 15 ซม. พลิกหัวขึ้นมาแล้วเลือกหัวแห้วล้างน้ำ สำหรับรายที่ไม่สามารถระบายน้ำออกได้ ซึ่งได้แก่ การปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรี ต้องเก็บแห้ว โดยการใช้มือลงไปงมขึ้นมาเรียกว่า "งมแห้ว" ในต่างประเทศผลผลิตหัวแห้วสดประมาณ 3.2-6.4 ตันต่อไร่ สำหรับประเทศไทยผลผลิตประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ หรือประมาณ 300 ถัง ขนาดของหัว 3-3.5 ซม.

หัวแห้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้ โดยตากให้แห้งบรรจุในภาชนะที่รักษาความชื้นได้ หรือเก็บในอุณหภูมิ 1-4 องศาเซลเซียสได้นานกว่า 6 เดือนขึ้นไป กสิกรสามารถเก็บรักษาหัวแห้วไว้ได้เองโดยเก็บในภาชนะปิดสนิท เช่น ตุ่ม ลังไม้หรือทรายแห้งสนิท เก็บได้นานประการ 6 เดือน ถ้าอยู่ในอุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส หัวแห้วจะงอก

2.1.6 กรรมวิธีการเก็บเกี่ยว

2.1.6.1 การเก็บหัวแห้ว ในขั้นแรกนี้ต้องย่ำดินก่อน

2.1.6.2 แล้วงัดขึ้นมา

2.1.6.3 เก็บหัวแห้วใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

2.1.6.4 ล้างน้ำเอาโคลนออกก่อน

2.1.6.5 นำมาล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้ง

2.1.6.6 เตรียมปอกเปลือก ตัดหัวตัดท้าย แล้วจึงปอกตรงกลาง

2.1.6.7 ล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้ง หลังจากปอกเปลือก

2.1.7 ประโยชน์

หัวแห้วประกอบด้วยส่วนที่กินได้ ซึ่งมีร้อยละ 46 ส่วนที่เป็นของแข็งประมาณร้อยละ 22 ในจำนวนนี้เป็นโปรตีนร้อยละ 1.4 คาร์โบไฮเดรตและเส้นใยต่ำกว่าร้อยละ 1 จากการวิเคราะห์หัวแห้วสดประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 77.9 โปรตีนร้อยละ 1.53 ไขมันร้อยละ 0.15 ไนโตรเจนร้อยละ 18.9 น้ำตาลร้อยละ 1.94 ซูโครสร้อยละ 6.35 แป้งร้อยละ 7.34 เส้นใยร้อยละ 0.94 เถ้าร้อยละ 1.19 แคลเซียม 2-10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ของส่วนที่กินได้ ฟอสฟอรัส 52.2-64 มิลลิกรัม เหล็ก 0.43-0.6 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทอามีน 0.4 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.07 มิลลิกรัม ไนอาซิน มิลลิกรัม กรดแดสโคบิก (ascobic acid) 9.2 มิลลิกรัม

แป้งที่ให้จากหัว แห้วมีลักษณะคล้ายคลึงกับแป้งจากมันเทศหรือมันสำปะหลัง และมีขนาดใหญ่จนถึง 27 ไมครอน น้ำที่สกัดจากหัวแห้วประกอบด้วยสารปฏิชีวนะ

หัวแห้วที่ซื้อขายได้ ต้องมีขนาดอย่างน้อยประมาณเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ขึ้นไป เนื้อแห้วสีขาวกรอบ รับประทานสด บรรจุกระป๋อง คั้น น้ำหรือจะต้มทำขนม หรือใช้ประกอบอาหารก็ได้ มักเป็นอาหารจีน นอกจากนี้ยังใช้ทำแป้งได้ด้วย หัวเล็ก ๆ ใช้เลี้ยงเป็ดไก่ได้ดี หัวแห้วบางชนิดใช้ทำยา ต้นแห้วใช้เลี้ยงปศุสัตว์ ใช้ในการบรรจุหีบห่อผลไม้ ใช้ทำตะกร้า ทอเสื่อ เป็นต้น

2.2 แท่งเชื้อเพลิง

2.2.1 ความหมายของแท่งเชื้อเพลิง

แท่งเชื้อเพลิง คือ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง (โดยไม่ใช้ความร้อน) จากวัสดุชีวมวล / เศษวัชพืชต่าง ๆ หรือเศษวัสดุที่เหลือจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย ผักตบชวา ฯลฯ มาอัดเป็นแท่ง โดยอาศัยความเหนียวของยางในวัสดุเหล่านั้นเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วก็จะได้แท่งอัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทนฟืน ถ่าน หรือแก๊สหุงต้มได้เป็นอย่างดี

2.2.2 การอัดแท่งเชื้อเพลิง (การอัดเปียก)

เป็นการอัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียวหรือสกรู ซึ่งจะสามารถทำได้ทั้งกับวัสดุสดและแห้ง (แต่ถ้าวัสดุมีความชื้นปานกลางจะอัดได้สะดวกและรวดเร็ว) และสามารถทำได้กับวัสดุชนิดต่างๆ อย่างกว้างขวาง รัฐบาลของประเทศไทยมีนโยบายส่งเสริมให้ผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เนื่องจากปัญหาวิกฤตการณ์เศรษฐกิจตกต่ำและปัญหาราคาน้ำมันสูงขึ้นเรื่อยๆ(ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย , 2544) แต่ในโครงการนี้จะทดลองใช้กับชานอ้อยเน่าเปื่อย (ชาวบ้านเรียกขี้เป็ด) เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย -สะดวก-เสียค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งประเทศไทยจะมีโรงงานผลิตน้ำตาลมาก ดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นเทคโนโลยีการอัดแท่งแบบง่ายๆ สะดวก และไม่สร้างความยุ่งยากให้ชาวบ้านในท้องที่ จึงเป็นความ สมดุลย์ และน่าทึ่งที่เหมาะสำหรับชาวบ้านที่จะผลิตแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการหุงต้ม ตลอดจนใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในครัวเรือนและรวมถึงในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

การอัดแท่งเชื้อเพลิงในลักษณะนี้ได้ถือกำเนิดมาจากการอัดถ่านเขียว (green charcoal) ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศฟิลิปปินส์ เมื่อ พ.ศ.2523 ซึ่งค้นพบโดย มร. กอนซาโล คาแทน (Gonzalo O. Catan) และคณะ โดยการนำเศษใบไม้ ใบหญ้า ไปหมักให้เน่าเปื่อยด้วยจุลินทรีย์บางชนิดแล้วจึงอัดโดยใช้ตัวเชื่อมประสานจากภายนอกช่วย (วัฒนา, 2529)

2.3 เครื่องบดและเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง

ภาพที่ 2.2 เครื่องบด (ซ้าย) และเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง (ขวา)
ที่มา: พรสถิตย์ (2554)

2.3.1 การต่อเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวเข้ากับระบบไฟฟ้า

ในหลักการของเครื่องที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วๆ ไป ผู้ใช้จะต้องตรวจสอบดูว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องมีขนาด แรงดัน (โวลท์) และความสามารถในการจ่าย กระแสไฟ (แอมป์) ได้เพียงพอและถูกต้อง ดังนี้

2.3.1.1 สำหรับมอเตอร์ชนิด 2 สาย ใช้ไฟ 220 โวลท์ จ่ายกระแสไฟได้ไม่น้อยกว่า 10 แอมป์ ต่อ 1 เครื่อง การต่อสายไฟจากเครื่องเข้ากับระบบจ่ายไฟจะต้องผ่านคัทเอ้าท์ หรืออุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้าที่มีฟิวส์หรือระบบป้องกันกระแสเกิน ขนาด 10 แอมป์ เป็นตัวป้องกัน

2.3.1.2 สำหรับมอเตอร์ชนิด 3 สาย ใช้ไฟ 380 โวลท์ จ่ายกระแสไฟได้ไม่น้อยกว่า 5 แอมป์ ต่อ 1 เครื่อง การต่อสายไฟจากเครื่องเข้าระบบจ่ายไฟจะต้องผ่านคัทเอ้าท์ หรืออุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า ชนิด 3 สาย ที่มีฟิวส์หรือระบบป้องกันกระแสเกิน ขนาด 10 แอมป์ เป็นตัวป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อคัทเอ้าท์จะต้องใช้แยก เครื่องละ 1 ตัวเท่านั้น ห้ามต่อรวมกันโดยใช้คัทเอ้าท์หรืออุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า ตัวเดียวเป็นอันขาด แต่สำหรับเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวที่ได้พัฒนาและปรับปรุงสำหรับโครงการนี้จะใช้ไฟ 220 โวลท์ ตามหัวข้อ 1 ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้ได้ทั่วไป

2.3.2 การใช้และบำรุงรักษาเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียว

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เครื่องอัดชนิดนี้ทำงานด้วยการอัด (Pressure) หรือแรงดันจากมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 2 แรงม้า ที่ไปหมุนสกรูหรือเกลียว (ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องที่ผลิตจากสแตนเลสแทนเหล็ก เพื่อให้มีความทนทานต่อการสึกกร่อน เนื่องจากวัตถุดิบบางชนิดมีส่วนผสมของน้ำตาล) เพื่อขับวัสดุชานอ้อยเน่าเปื่อย (ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ทำแท่งเชื้อเพลิง) ให้อัดแน่นเป็นแท่งโดยรีดออกมาจากกระบอกรีด (Troat - ทำจากสแตนเลส) ดังนั้นเพื่อเป็นการใช้เครื่องให้ถูกต้องและรักษาเครื่องให้ใช้ได้นาน การปฏิบัติงานก่อนและหลังการอัดแท่งฯ ควรจะดำเนินการดังนี้

2.3.2.1 เตรียมกองวัสดุที่ผสมเสร็จแล้วไว้บนถาด สำหรับกองวัตถุดิบ

2.3.2.2 เตรียมอุปกรณ์สำหรับรับ แท่งเชื้อเพลิง ที่อัดออกมาได้ เช่น ใช้แผ่นสังกะสี ที่เป็นลอนลูกฟูกเป็นตัวรับ โดยอาจจะทำเป็นแคร่หรือขาตั้ง หรือจะทำเป็นรางเลื่อนก็ได้

2.3.2.3 เมื่อพร้อมแล้วจึงเปิดสวิทส์เดินเครื่อง แล้วจึงป้อนวัตถุดิบลงในช่องป้อนโดยใช้ เศษไม้ช่วยเขี่ย

2.3.2.4 ก่อนหยุดเครื่องทุกครั้ง ต้องปล่อยให้เครื่องเดินอัดแท่งเชื้อเพลิงออกมาให้หมด อย่าปล่อยให้ตกค้างในกระบอกอัด

2.3.2.5 หลังการใช้งาน จะต้องถอดเกลียวอัด กระบอกรีด และท่อออกมาล้างทำความสะอาดทุกครั้ง

2.3.2.6 ตรวจเช็คและปรับระยะความตึงของสายพานให้เหมาะสมอยู่เสมอ

2.3.2.7 ตรวจอัดไข หรือจาระบี เป็นระยะสม่ำเสมอ หรืออย่างน้อยเดือนละครั้ง

2.3.3 การตากแห้ง

ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวนั้น จะใช้วัสดุที่มีความชื้นสูง (สูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นก่อนนำไปใช้ก็จะต้องทำให้แห้ง วิธีการที่สะดวกและประหยัด สำหรับชาวบ้านก็คือการตากแดดโดยตรง อาจจะตากบนพื้นซีเมนต์ หรือบนสังกะสีลูกฟูก ฯลฯ ก็นับว่าเป็นวิธีการที่ประหยัด ซึ่งสำหรับโครงการนี้ก็ทำการทดลองตากแดดโดยตรงบนพื้นซีเมนต์ เป็นเวลา 2-3 วัน ก็สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ก็มีวิธีการตากหรือการทำให้แห้งหลายวิธี นอกจากตากแดดโดยตรง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.1 อบในตู้อบแสงอาทิตย์

2.2.3.2 อบด้วยความร้อนจากเตาเผาขยะ

2.2.3.3 อบด้วยความร้อนที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.2.3.4 อบด้วยความร้อนจากเครื่องทำความร้อน

2.3.4 การเก็บรักษาแท่งเชื้อเพลิง

2.3.4.1 การตัดให้เป็นแท่งเพื่อให้ดูสวยงามและสะดวกในการหีบห่อ การตัดควรกระทำหลังตากแห้งเรียบร้อยแล้ว การตัดอาจจะใช้มีดคมๆ หรือใบมีดคัดเตอร์ตัดเป็นท่อนๆ ตามต้องการ การตัดเป็นจำนวนมากๆ จะใช้เครื่องตัดก็ได้ ถ้าต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายและไม่ต้องการความสวยงามก็ใช้มือหักเอา

2.3.4.2 การบรรจุหีบห่อโดยที่เชื้อเพลิงเขียวจะมีลักษณะโปร่ง (porosity) ดังนั้นถ้าเก็บไว้ในที่มีความชื้นสูง จะทำให้แท่งเชื้อเพลิงมีราขึ้น เหตุนี้จึงต้องเก็บไว้ในที่แห้ง การใส่ถุงพลาสติกแล้ว ซีลปากถุงก็จะช่วยได้มากจะใช้ถุงเล็กหรือถุงใหญ่ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องการเก็บไว้ใช้และความสะดวกที่มี หากไม่สะดวกจะใช้เชือกผูกแท่งเชื้อเพลิงไว้เป็นมัดๆ ก็ได้ ข้อสำคัญต้องเก็บไว้ในที่แห้งที่ฝนหรือละอองน้ำไม่กระเซนเข้าไป

2.3.5 คุณสมบัติทั่วไปของแท่งเชื้อเพลิง

โดยทั่วไปเชื้อเพลิงเขียวมีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควันมาก ถ้าใช้กับเตาปล่องจะช่วยลดควัน เชื้อเพลิงเขียวที่ทำจากเศษพืชเน่าเปื่อย เช่น เป็นเชื้อเพลิงเขียวที่มีคุณภาพดี หากผสมผงถ่านที่เหลือทิ้งสักเล็กน้อย จะช่วยทำให้มีคุณภาพสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพไม่แพ้ถ่านหรือจะดีกว่าถ่านเสียอีก แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับความเข้าใจของผู้ผลิตและผู้ใช้เชื้อเพลิงในการปรับปรุงเทคนิคเล็กๆ น้อยๆ

เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงเขียวมีค่าความหนาแน่น (Density) ใกล้เคียง 1 ดังนั้นสามารถนำไปเผาเป็นถ่านได้ (Carbonization) โดยจากการทดลองเผาแบบแกลบกลบ ใช้เวลาประมาณ 20-24 ชั่วโมง (1 วัน) และถ่านที่ได้สามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงได้ และให้ความร้อนได้สูง

เชื้อเพลิงเขียวที่ใช้วัชพืช (ไมยราบยักษ์) สับเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับลิกไนท์ผง 20-30% จะเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะกับโรงบ่มยาสูบ หากใช้ลิกไนท์ผงล้วนๆ อัดแท่ง เถ้าจะจับตัวเป็นก้อนแตกยาก หากผสมชีวมวลจะช่วยให้เถ้าแตกง่าย (วัฒนา, 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง

2.3.6.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

2.3.6.2 บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.3.6.2.1 ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ไม้ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

2.3.6.2.2 ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

2.3.6.2.3 คุณลักษณะที่ต้องการ

2.3.6.2.3.1 ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

2.3.6.2.3.2 การใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

2.3.6.2.3.3 ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

2.3.6.2.3.4 ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม

2.3.6.3 การบรรจุ

2.3.6.3.1 หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

2.2.6.3.2 น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

2.3.6.4 เครื่องหมายและฉลาก ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุถ่านอัดแท่งทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน ดังนี้

2.3.6.4.1 ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์

2.3.6.4.2 ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ

2.3.6.4.3 น้ำหนักสุทธิ

2.3.6.4.4 เดือน ปีที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.4.5 ข้อแนะนำในการใช้

2.3.6.4.6 ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียนในกรณีใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

2.3.6.5 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ถ่านอัดแท่งที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

2.3.6.5.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการตรวจสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ เครื่องหมาย และฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ข้อ 4 และข้อ 5 จึงถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3.6.5.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการใช้งาน ความชื้น และค่าความร้อน ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านมาทดสอบตามข้อ 6.2.1 แล้ว จำนวนไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม น้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.2 ถึงข้อ 3.6 จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3.6.5.3 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างถ่านอัดแท่งต้องเป็นไปตามข้อ 6.2.1 และข้อ 6.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าถ่านอัดแท่งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์นี้

2.3.7 ทดสอบ

2.3.7.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะที่บรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

2.3.7.2 การทดสอบการใช้งาน ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่ง แล้วตรวจพินิจ

2.3.7.3 การทดสอบค่าความชื้น ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173

2.3.7.4 การทดสอบค่าความร้อน ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865

2.3.7.5 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

2.3.8 ข้อได้เปรียบของแท่งเชื้อเพลิงเขียวเทียบกับฟืนและถ่าน

2.3.8.1 ไม่ต้องตัดไม้ทำลายป่ามาทำเป็นฟืนและเผาถ่าน การใช้เชื้อเพลิงเขียวซึ่งทำจากชานอ้อยเน่าเปื่อย และเศษพืช ฯลฯ ทดแทนฟืน และถ่าน ทำให้มีโอกาสได้ช่วยสงวนป่าไม้ของชาติไว้ให้ลูกหลาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8.2 การจุดติดไฟทำได้ง่ายกว่าฟืนและถ่าน เชื้อเพลิงเขียวจะใช้เวลาในการเรียงเชื้อเพลิงและจุดติดไฟภายใน 1 นาที ซึ่งฟืนและถ่านทำไม่ได้

2.3.8.3 ได้เชื้อเพลิงสะอาด การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูง การเผาไหม้จึงดีกว่าฟืนและถ่าน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนหรือเสริมแก๊สหุงต้มได้ในบางโอกาสและที่สำคัญคือ เชื้อเพลิงเขียวไม่ไวไฟ (unflamable) ดังนั้น จึงไม่มีอันตรายจากการระเบิด เช่น ถังแก๊สหุงต้มที่ปรากฏความสูญเสียอยู่บ่อยๆ

2.3.3.4 ทำใช้ได้สะดวกกว่าหาฟืนและเผาถ่านเพราะวัสดุโดยเฉพาะชานอ้อยเน่าเปื่อย และวัชพืชหาได้ง่ายและราคาต่ำ ถ้าท่านพร้อมที่จะทำ

2.3.8.5 ช่วยทำลายวัชพืชบกที่รบกวนพื้นที่เกษตรกรรม เช่น หญ้าขจรจบ ไมยราบยักษ์ วัชพืชที่อยู่ได้ทั้งบนบกและในน้ำ เช่น โสน กกธูป วัชพืชน้ำที่รบกวนแหล่งเลี้ยงปลา ปิดกั้นทางคมนาคม ทางน้ำ ทำให้คลองระบายน้ำตื้นเขินและปิดการระบายน้ำ เช่น ผักตบชวา

2.3.8.6 มีศักยภาพที่จะทำเป็นเชื้อเพลิงที่มีกลิ่นหอมได้ ถ้าเลือกใช้พืช เช่น ใบเตย ทำเป็นเชื้อเพลิง ย่างเนื้อให้มีรสหอม เป็นต้น

2.3.8.7 มีราคาถูกกว่าฟืนและถ่าน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากผักตบชวาโดยผสมกับแกลบเพื่อให้สารลิกนินซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่มีอยู่ในแกลบได้รับความร้อนจากกระบวนการอัดสลายตัวออกมาทำหน้าที่เป็นตัวประสานทำให้แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้มีความแข็งแรงขึ้นไม่เปราะหรือแตกได้ง่าย ผลของงานวิจัยพบว่าการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากผักตบชวาควรใช้แกลบเป็นส่วนผสมด้วยจะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นหรือช่วยเพิ่มความแข็งให้แก่แท่งเชื้อเพลิง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มค่าความร้อนอีกด้วย อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมของแกลบไม่ควรเกินร้อยละ 50 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการผสมแกลบในอัตราส่วนร้อยละ 25 มีความเหมาะสมมากที่สุดในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่อัตราส่วนผสมของผักตบชวามากกว่าร้อยละ 75 ทำให้ความยาวแท่งเชื้อเพลิงแข็งสั้นกว่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงหักก่อนที่จะชนกับเหล็กฉากที่ติดตั้งไว้สำหรับหักท่อนเชื้อเพลิงซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดความยาวของแท่งเชื้อเพลิงด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผักตบชวามีความชื้นสูงมาก ต้องใช้การอบแห้งเป็นเวลานานประกอบกับต้องใช้แกลบเป็นส่วนผสมเพื่อเป็นตัวประสานให้เป็นแท่ง เป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงจึงสูง

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกทุเรียนโดยการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้ง มาบดย่อยด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหั่นย่อยซากพืชให้มีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร นำไปตากแดดให้มีความชื้นพอเหมาะต่อการอัดแท่งผลงานวิจัยจากการนำเปลือกทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์ คือ พันธุ์ชะนีและพันธุ์หมอนทอง มาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแล้วได้เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีและไม่แตกต่างกัน สรุปว่าเปลือกทุเรียนสามารถนำมาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานความร้อนในครัวเรือนแทนฟืนและถ่านได้

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากเส้นใยและกากปาล์มน้ำมัน พบว่า เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตได้โดยไม่เติมตัวประสาน เชื้อเพลิงแห้งเกิดการแตกหักทั้งหมด จึงต้องมีการเติมตัวประสาน ได้แก่ แป้ง , กลีเซอรีน ผลงานวิจัยพบว่าเชื้อเพลิงแข็งที่ได้มี ระยะเวลาเฉลี่ยในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็ง 500 กรัม เท่ากับ 2 ชั่วโมง การติดไฟอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเทียบกับไม้

มีงานวิจัยทำเชื้อเพลิงแข็งจากชานอ้อยเน่าเปื่อยมาผสมกับขุยมะพร้าว เนื่องจาก ถ้าใช้ขุยมะพร้าวล้วนๆ อัดแท่งจะไม่สามารถทำได้ ทั้งนี้เกิดจากขุยมะพร้าวมีเส้นใยที่ยาวและแข็ง ซึ่งจะพันรอบเกลียวในขณะอัดแท่ง และเมื่อมีหนาแน่นมากขึ้น จะทำให้เกลียวของเครื่องอัดหยุดหมุน สำหรับชานอ้อยถ้าละเอียดมากๆ ก็จะมีปัญหาต่อการอัดเช่นเดียวกัน เชื้อเพลิงแข็งสามารถอัดเป็นแท่งได้โดยอาศัยความเหนียวของยางในชานอ้อยเป็นตัวเชื่อมประสานและมีความชื้นพอดี เมื่ออัดออกมาเป็นแท่งแล้วก็จะได้แท่งอัดเชื้อเพลิงที่ใช้ประโยชน์แทนฟืน, ถ่าน หรือแก๊สหุงต้ม ได้เป็นอย่างดี (ประลอง, 2553)

เนื่องจากในเนื้อแห้วมีแป้งจำนวนหนึ่ง ในการปอกเปลือกแห้วจะมีเศษเนื้อติดมากับเปลือกซึ่งอาจใช้เป็นตัวเชื่อมประสานทำให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ไม่ต้องเติมตัวช่วยเชื่อมประสาน อันจะยิ่งเป็นผลดี ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงและกระบวนการผลิตง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 เปลือกแห้ว ได้จากชาวบ้านในอำเภอศรีประจันต์ โดยการประสานงานของสำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

3.1.1.2 แป้งมันสำปะหลัง

3.1.1.3 น้ำ

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

3.1.2.1 อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ประกอบด้วย เครื่องชั่งสปริง บิ๊กเกอร์ 1000 ml ไม้บรรทัด

3.1.2.2 ภาชนะผสม

3.1.2.3 ภาชนะใช้สำหรับต้ม

3.1.2.4 เตาถ่านหรือเตาแก๊ส

3.1.2.5 เครื่องบด

3.1.2.6 เครื่องอัดใช้การอัดเกลียวหรือสกรู ทำงานด้วยมอเตอร์ 3 แรงม้า ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที ปรับทดรอบโดยใช้ pulley ขับด้วยสายพาน เกลียวที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าบีบเข้าไปยังกระบอกอัดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร และถูกดันออกมาทางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัดอีกข้างหนึ่ง

โครงสร้างประกอบด้วย

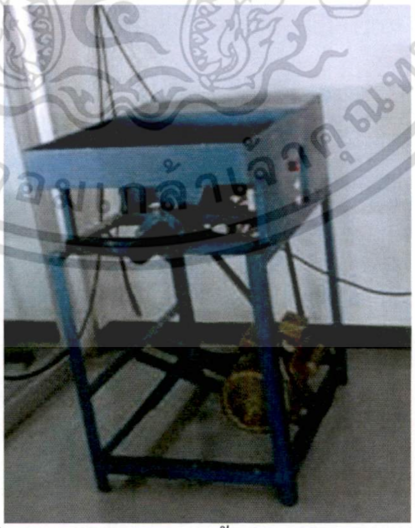
- สกรูอัด (Screwfeeder)
- มอเตอร์
- กระบอกรีด (Troat)
- คัปปิ้ง (หน้าแป้นสำหรับต่อเชื่อมเพลา 2 ชุด)
- ลูกปืนตุ๊กตา (Ball bearing)
- เพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แกนเพลา
- มูเล่
- สายพาน
- ช่องป้อนวัตถุดิบ ทำจากสแตนเลส
- ถาดกองวัตถุดิบ

3.1.2.7 แผ่นสังกะสีลูกฟูกขนาด 5x2 ฟุต จำนวน 6 แผ่น

ภาพที่ 3.1 เครื่องบดที่ใช้ในงานวิจัย



ภาพที่ 3.2 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 กรรมวิธีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งชีวมวลจากเปลือกแห้วล้วน

3.2.1.1 นำเปลือกแห้วสดไปตากแดด 1 วัน แต่เนื่องจากเปลือกแห้วที่เราได้มาเป็นเปลือกแห้วที่ชาวบ้านได้ตากให้แห้งแล้ว ซึ่งความชื้นจะน้อยกว่าความชื้นของเปลือกแห้วสดที่นำมาตากแดด 1 วัน ดังนั้นเราจึงนำไปผสมกับน้ำเปล่าเพื่อให้ความชื้นใกล้เคียงกับเปลือกแห้วสดที่ตากไว้ 1 วัน ใช้อัตราส่วนเปลือกแห้วแห้งต่อน้ำเปล่า (1: 0.5 กิโลกรัม)

3.2.1.2 นำเปลือกแห้วที่ได้จากข้อ 3.2.1.1 เข้าเครื่องอัดให้ขึ้นรูป

3.2.1.3 นำเปลือกแห้วเติมตัวประสานแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 10, 20, และ 30 % โดยน้ำหนัก วิธีการเตรียมตัวประสานแป้ง โดยนำแป้งมันสำปะหลังเติมน้ำในอัตราส่วนต่างๆ นำไปต้มบนเตาจนน้ำแป้งขนหนืด(เหมือนกาวแป้งเปียก) แล้วนำมาผสมกับเปลือกแห้ว คลุกเค้าให้เข้ากัน จึงนำเข้าเครื่องอัดให้ขึ้นรูป

3.2.1.4 นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ไปตากแดดให้แห้งสนิทบนสังกะสีลูกฟูกหรือพื้นคอนกรีตประมาณ 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ) และวัดความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

3.2.1.5 นำไปวิเคราะห์หาค่าความชื้น ค่าความหนาแน่น ดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก ค่าความร้อน ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน และค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

3.2.2 พื้นที่ที่ใช้ในการตาก

สังกะสีจำนวนทั้งหมด 6 แผ่น มีพื้นที่สำหรับ ตากเท่ากับ 5.4 m^2 ดังนั้น สังกะสี 1 แผ่น สามารถใช้ตากเปลือกแห้วได้ 5 กิโลกรัม (ในการ อัดแท่งเชื้อเพลิงแต่ละครั้งใช้วัตถุดิบครั้งละ 2 กิโลกรัมเท่ากันทุกชนิดตัวอย่าง)

3.3 การวิเคราะห์หาสมรรถนะของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

3.3.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture) (รุ่งโรจน์, 2553)

3.3.1.1 เครื่องมือ

- เตาอบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น Um 400
- อะลูมิเนียมแคน (Aluminium can)
- โถดูดความชื้น (Desiccators)
- ที่คีบ (Tong)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ DENVER INSTRU MENT รุ่น ST-234

3.3.1.2 วิธีการทดลอง

- นำอะลูมิเนียมแคนที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W)

- ใส่ตัวอย่างประมาณ 2 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W1)

- นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1-2 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

3.3.1.3 สูตรการคำนวณ

จากสูตร **M = (W1 – (W2-W)) / W1 * 100**

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W = น้ำหนักอะลูมิเนียมแคนเปล่า (กรัม)

W1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักอะลูมิเนียมแคนและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3.3.2 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density)

3.3.2.1 เครื่องมือ

ตอนที่ 1 โดยวิธี Bulk Density

- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่งยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น DRAGON 4001

- ไม้บรรทัด

ตอนที่ 2 โดยวิธี True Density

- อุปกรณ์วัดความหนาแน่น

- บิ๊กเกอร์

- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่งยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น DRAGON 4001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 โดยวิธี Bulk Density

- นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาชั่งน้ำหนัก (m)
- นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งมาวัดความสูง (h) รัศมี (r) แล้วนำไปคำนวณหาปริมาตรทรงกระบอก (v) และหาความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

ตอนที่ 2 โดยวิธี True Density

- ชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงแข็ง
- จากนั้นชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่อยู่ในน้ำโดยเครื่องชั่ง นำมาคำนวณหาปริมาตรและความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

3.3.2.3 สูตรการคำนวณ

ตอนที่ 1 โดยวิธี Bulk Density

จากสูตร $\boldsymbol{\rho = m/v}$

ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)

m = น้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ชั่ง (kg)

v = ปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง (m^3)

ตอนที่ 2 โดยวิธี True Density

จากสูตร $\mathbf{V = W/\rho_w}$

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m^3)

W = น้ำหนักที่ถูกแทนที่ด้วยตัวอย่าง (kg)

จากสูตร $\mathbf{D = M/V}$

D = ความหนาแน่นของตัวอย่าง (kg/m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = ปริมาตรของตัวอย่าง (m^3)

M = น้ำหนักตัวอย่าง (kg)

3.3.3 การหาการแตกหักของแท่งเชื้อเพลิงแท่ง (สุริยา, 2544)

3.3.3.1 เครื่องมือ

- เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่งยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น DRAGON 4001
- ตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร
- ไม้บรรทัดขนาด 100 เซนติเมตร

3.3.3.2 วิธีการทดลอง

- นำแท่งเชื้อเพลิงแต่ละอัตราส่วนที่แห้งแล้วใส่ถุงประมาณ 300 กรัม นำไปชั่งน้ำหนัก
- ปล่อยแท่งเชื้อเพลิงแข็งให้ตกลงมาจากความสูง 200 เซนติเมตร
- จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร
- นำส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาค่าต้านการตกกระแทก

3.3.3.2 สูตรการคำนวณ

จากสูตร $\mathbf{R} = \dfrac{W_f}{Wi}$

R = ค่าต้านการตกกระแทก

W_i = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)

W_f = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือหลังทดสอบ (g)

3.3.4 การหาค่าความร้อน (Heating Value) (ASTM, 1999)

นำแท่งเชื้อเพลิงส่งตรวจวิเคราะห์หาค่าความร้อนด้วยเครื่อง Automatic Bomb calorimeter รุ่น AC-350 ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.3.5 การหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.1 วิธีการทดลอง

- บันทึกเวลาที่ใช้เครื่องบดและเครื่องอัด

3.3.5.2 สูตรการคำนวณ

- หาจาก 1 ยูนิต = (กำลังไฟฟ้า(วัตต์)ของเครื่องอัด×จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน×จำนวนเครื่อง)/1000

3.3.6 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency) (สิทธิชัย, 2550)

3.3.6.1 เครื่องมือ

- เตาถ่าน
- ถ่านไม้
- เทอร์โมมิเตอร์
- หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 14 ยี่ห้อ ตราม้าลาย

3.3.6.2 วิธีการทดลอง

- ทำการทดสอบในสภาวะแวดล้อมที่มีพื้นที่เปิดโล่ง ไม่มีลมพัด และทำที่อุณหภูมิห้อง
- นำถ่านที่จะใช้ในการต้มน้ำชั่งน้ำหนักปริมาณ 90 กรัม โดยใช้ขนาดกองถ่านตามที่ซื้อมา ติดไฟในเตาโดยใช้กระดาษและเศษไม้ช่วยติดไฟ
- นำหม้ออลูมิเนียมเบอร์ 14 โดยตวงน้ำจากกระบอกตวง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบ 300 กรัม เทน้ำลงในหม้อทำการปิดฝา ชั่งน้ำหนักหม้อพร้อมฝาและวัดอุณหภูมิน้ำตอนเริ่มต้นทำการยกตั้งไฟ
- นำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน
- บันทึกเวลาเริ่มต้นก่อนตั้งไฟ จนกระทั่งน้ำเดือด บันทึกอุณหภูมิน้ำเดือด
- นำฝาหม้อออกและปล่อยให้น้ำเดือดต่อไปอีก 10 นาที หลังจากนั้นทำการบันทึกเวลาและน้ำหนักหม้อที่มีน้ำเดือด
- บันทึกน้ำหนักถ่านที่เหลือ
- นำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

3.3.6.3 สูตรการคำนวณ

จากสูตร $HU = [(MC_p(T_2-T_1)+(M_i)L)/M_fH]\times 100$ (สิทธิชัย, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ HU = ประสิทธิภาพ, %(Heat Utilization Efficiency)

M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (kg)

M_l = น้ำหนักเชื้อเพลิงถ่านที่ใช้ไป (kg)

M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิง (kg)

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.184 kJ/kg°C

T_1 = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)

T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)

H = ค่าความร้อนของถ่าน

L = ค่าความร้อนแฝงของน้ำ

3.3.7 การวิเคราะห์หาต้นทุนต่อหน่วย

โดยการคำนวณว่าใน 1 เดือนนั้นเราสามารถผลิตเชื้อเพลิงได้ปริมาณเท่าไร ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงานต่อเดือนใช้เท่าไร จะได้ต้นทุนรวมต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการนำเปลือกแห้วมาใช้ทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง ในเบื้องต้นได้ดำเนินการใช้เครื่องบดเพื่อจะย่อยเปลือกแห้วให้เล็กลงก่อนทำการอัดด้วยเครื่องอัดแต่พบว่าสามารถนำเปลือกแห้วป้อนโดยตรงเข้าเครื่องอัดได้เลย สามารถฟอร์มตัวเป็นแท่งได้เช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงลดขั้นตอนไม่ต้องใช้เครื่องบด อันเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ทางหนึ่ง กล่าวคืองานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการนำเปลือกแห้วล้วนมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง และใช้แป้งเป็นตัวประสานในอัตรา 10% 20% และ 30% จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าความชื้น ค่าความหนาแน่น ค่าความร้อน ดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน และค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน รวมทั้งนำไปวิเคราะห์หาต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ด้วย

4.1 ผลของการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม

ภาพที่ 4.1 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว (100%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.2 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว + แป้ง10%

ภาพที่ 4.3 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว + แป้ง 20%

ภาพที่ 4.4 แสดงแท่งเชื้อเพลิงที่ออกมาจากเครื่องอัดของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกแห้ว + แป้ง 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งกับเครื่องอัดในแต่ละอัตราส่วนผสม จะสามารถผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งได้ดังรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 โดยมีข้อมูลในการผลิตดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงระยะเวลาและรอบของการอัดแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมต่างๆ

ชนิดตัวอย่าง	เวลาที่ใช้ (min)	รอบในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง	อัตราการผลิต (kg/min)
เปลือกแห้ว (100%)	6.915	3	0.188
เปลือกแห้ว + แป้ง 10%	5.165	2	0.246
เปลือกแห้ว + แป้ง 20%	5.190	2	0.229
เปลือกแห้ว + แป้ง 30%	2.390	1	0.506

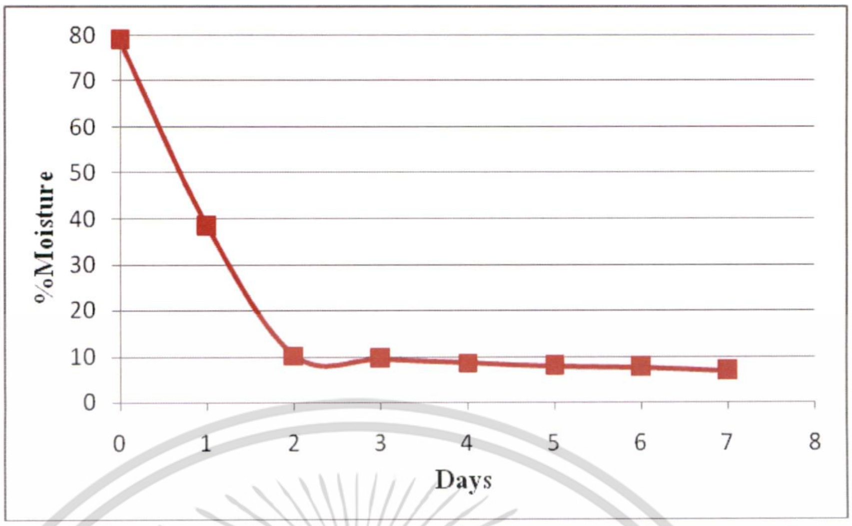
หมายเหตุ : อัตราการผลิตในตารางนี้เป็นน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง

จากตาราง แสดงจำนวนรอบที่ใช้ในการวน และเวลาในการผลิตในแต่ละส่วนผสม พบว่าที่เปลือกแห้วเติมแป้ง 30% สามารถผลิตได้ในรอบเดียว จึงเป็นอัตราส่วนผสมที่ดีในการนำไปผลิตใช้จริง

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture)

เปลือกแห้วสดที่เราได้รับมาจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 79 ได้นำมาตากแดด เพื่อศึกษากราฟการทำแห้ง (drying curve) ในช่วงเวลา 7 วัน ได้ผลดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

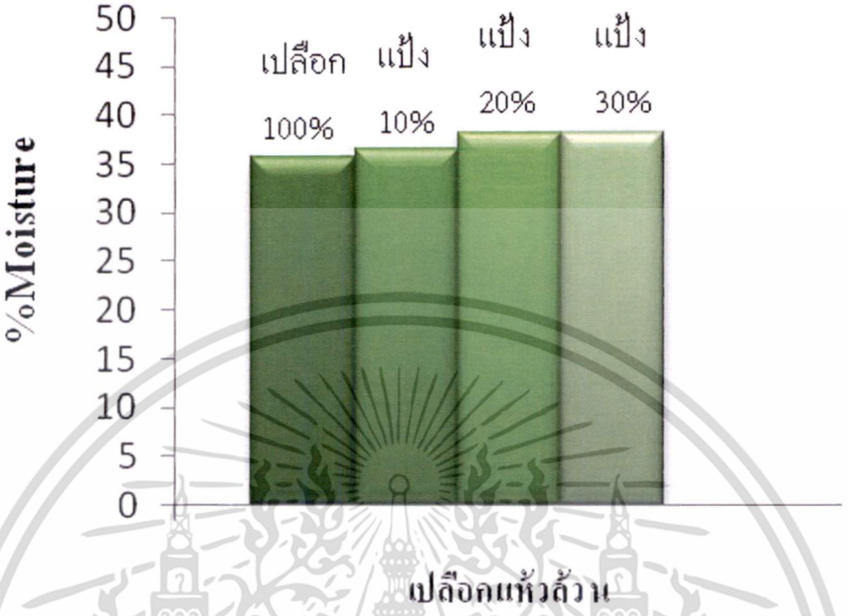


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราความชื้นของเปลือกแห้วที่ตากใน 7 วัน

จากรูปจะเห็นได้ว่า เมื่อจำนวนวันที่ตากมากขึ้น ปริมาณความชื้นจะน้อยลงเรื่อยๆ ปริมาณความชื้นมีผลกระทบต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงอย่างมาก ถ้าเปลือกแห้วมีความชื้นน้อยเกินไปจะทำให้แท่งเชื้อเพลิงที่อัดออกมาติดเครื่องจนไม่สามารถอัดต่อไปได้

ดังนั้น เราจึงหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการนำเปลือกแห้วมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งได้ดีคือ 1 วัน มีความชื้นประมาณร้อยละ 35-40 (เนื่องจากเปลือกแห้วที่เราได้มาเป็นเปลือกแห้งเกินกว่า 1 วัน จึงนำมาเติมน้ำในอัตราส่วน 1:0.5) จะได้ความชื้นของวัตถุดิบที่ผสมในแต่ละอัตราส่วนดังรูปที่ 4.6 แล้วนำวัตถุดิบที่ผสมในแต่ละอัตราส่วนเข้าเครื่องอัด จะได้แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่มีความชื้นดังรูปที่ 4.7 หลังจากได้แท่งเชื้อเพลิงแข็งตาม อัตราส่วนต่างๆ แล้วนำไปตากแดดจนแห้งเป็นเวลา 7 วัน จะได้ความชื้นดังรูปที่ 4.8

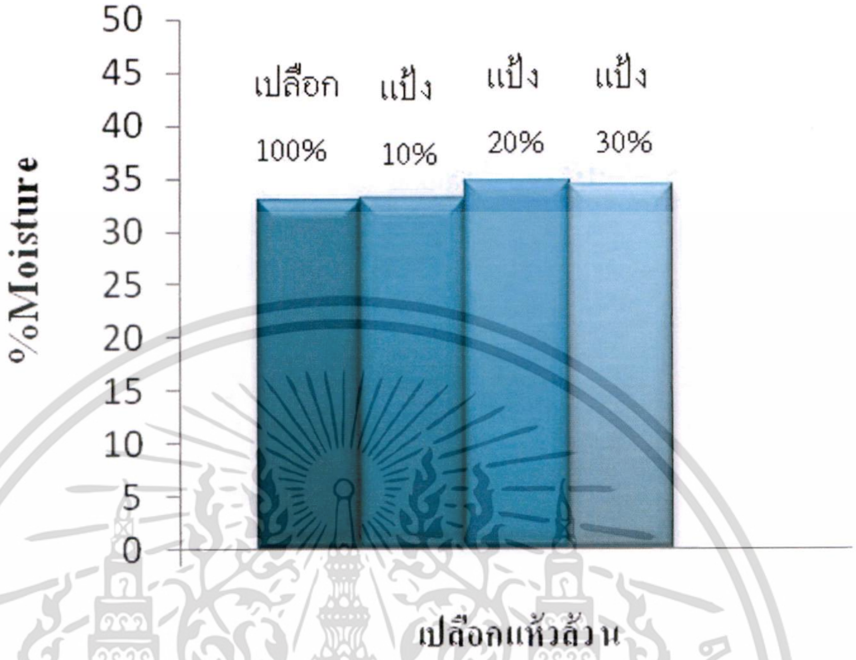
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงอัตราความชื้นของวัตถุดิบที่ผสมในแต่ละอัตราส่วน

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่าเปลือกแห้วที่ผสมแป้งในเปอร์เซ็นที่มากขึ้น จะทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น

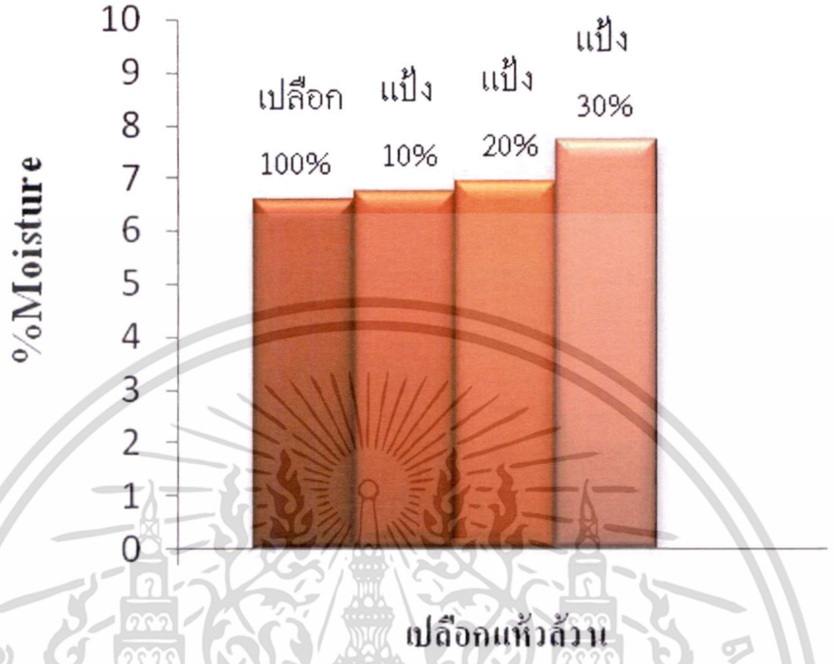
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งเริ่มต้นในแต่ละอัตราส่วน

จากรูปที่ 4.7 แสดงอัตราความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ผ่านการอัดแท่งแล้ว เมื่อเปรียบกับรูป 4.6 ความชื้นจะลดลงจากความชื้นก่อนเข้าเครื่องอัดแท่ง เนื่องจากปริมาณน้ำจะถูกบีบออกมาในขั้นตอนการอัด ทำให้ความชื้นลดลงไปเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ตากไว้ 7 วัน

จากรูปที่ 4.8 พบว่าปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่นำไปตากไว้ 7 วัน ในแต่ละอัตราส่วนผสมมีปริมาณความชื้น ไม่เกินร้อยละ 8 เป็นไป ตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 ก: 1-3) ที่กำหนด

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับถ่านไม้ซึ่งมีความชื้นประมาณ 6.3 แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ทำจากเปลือกแห้วล้วนยังมีปริมาณความชื้นสูงกว่าถ่านไม้เล็กน้อย

4.3 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง (Density)

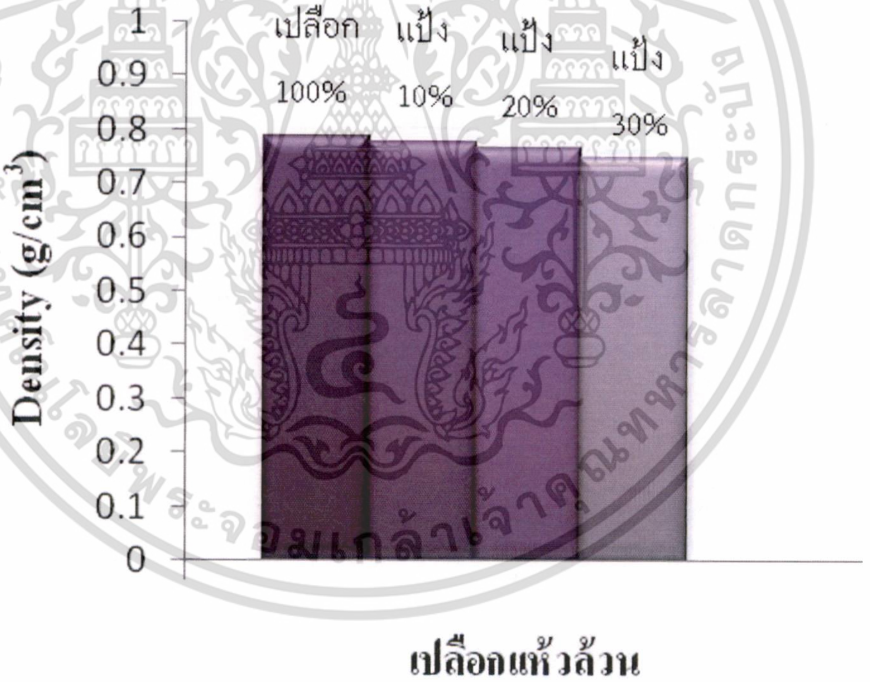
แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ตากแห้งแล้วในแต่ละอัตราส่วนผสม มาทดสอบหาความหนาแน่นแบบวิธี Bulk Density และวิธี True Density พบว่าได้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

อัตราส่วน	Bulk Density (g/cm3)	True Density (g/cm3)
เปลือก100%	0.785953	0.785956
แป้ง10%	0.776673	0.776676
แป้ง20%	0.765019	0.765023
แป้ง30%	0.747996	0.748000

จากการคำนวณหาความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม ดังตารางที่ 4.2 นำมาเปรียบเทียบโดยใช้กราฟแท่งแสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความหนาแน่นจริงของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วน

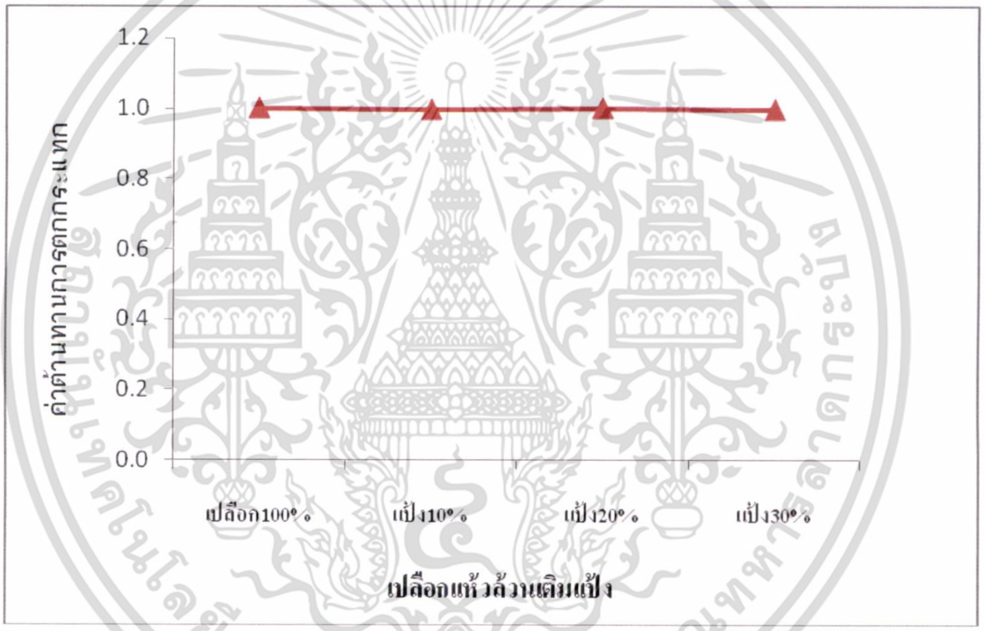
จากรูป 4.9 จะเห็นว่าส่วนที่ทำจากเปลือกแห้วล้วน เมื่อเติมแป้งในเปอร์เซ็นที่มากขึ้น ความหนาแน่นจริงจะลดลง แต่ทั้งหมดนี้ก็ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบที่ใช้ในการอัดด้วยซึ่งมีผลต่อความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสมมาเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของถ่านไม้เท่ากับ 0.5-0.6 g/cm^3 พบว่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ทำจากเปลือกแห้วล้วนมีความหนาแน่นสูงกว่าถ่านไม้

4.4 ดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก

นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ตากแห้งแล้ว มาทดสอบดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก โดยชั่งแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง 300 กรัม นำมาปล่อยตกกระแทกที่ความสูง 2 เมตร



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงค่าต้านทานการตกกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง(เปลือกแห้วล้วน)

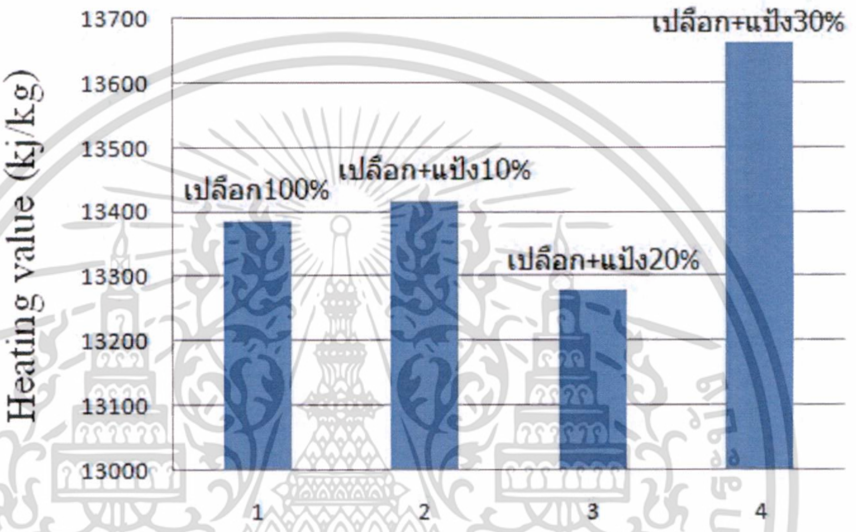
จากรูปที่ 4.10 แสดงค่าต้านทานการกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสมจะมีค่าไม่ต่างกันอยู่ที่ 0.996-1 ซึ่งเป็นไปตามที่เกณฑ์ที่กำหนดคือ 0.5-1 แสดงว่าแท่งเชื้อเพลิงสามารถทนแรงกระแทกได้ดี

เมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสมมาเปรียบเทียบกับถ่านไม้ ซึ่งมีค่าต้านทานการกระแทกเท่ากับ 0.992 พบว่าแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกแห้วล้วนสามารถทนแรงกระแทกได้ดีกว่าถ่านไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การหาค่าความร้อน (Heating Value)

แท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรี่มิเตอร์ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.8



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงการหาค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วน

จากรูปที่ 4.11 แสดงค่าความร้อนของเปลือกแห้ว มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 13,279-13,662 kj/kg ซึ่งน้อยกว่าถ่านไม้ที่มีค่า 28,283 kj/kg

4.6 การหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด (Energy Consumption)

แท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม เมื่อนำไปหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

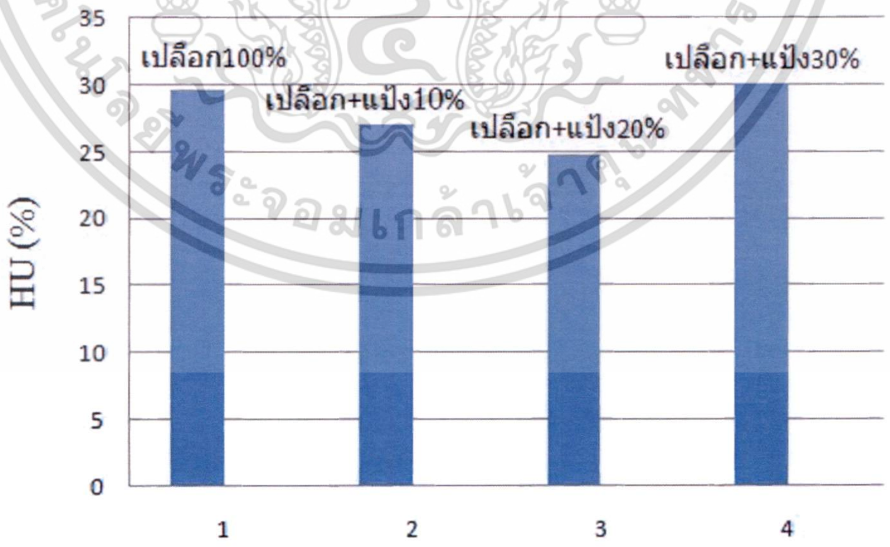
ตารางที่ 4.3 แสดงการหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัด

ชนิดตัวอย่าง	เวลาที่ใช้ (min)	kW	อัตราการผลิต (kg/min)	อัตราการผลิต (kg/unit)	ค่าไฟฟ้า (baht/kg)
เปลือกแห้ว (100%)	6.915	2.238	0.188	5.040	0.593
เปลือกแห้ว + แป้ง 10%	5.165	2.238	0.246	6.595	0.453
เปลือกแห้ว + แป้ง 20%	5.190	2.238	0.229	6.139	0.487
เปลือกแห้ว + แป้ง 30%	2.390	2.238	0.506	13.566	0.220

หมายเหตุ: คิดอัตราค่าไฟฟ้า เท่ากับ 2.987 บาทต่อยูนิต และ การหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระหว่างการอัดในตารางนี้เป็นน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง

4.7 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน (Heat Utilization Efficiency)

แท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม เมื่อนำไปหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.9



ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของแท่งเชื้อแพลิงในแต่ละอัตราส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 ค่าประสิทธิภาพการให้ความร้อน (%HU) ของเปลือกแห้วล้วนและเปลือกแห้วผสมแป้งอยู่ระหว่าง 24.7 – 30.1 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้จะมีค่าน้อยกว่า โดยค่าประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านจากไม้อยู่ที่ 39.54 %

4.8 การวิเคราะห์หาต้นทุนต่อหน่วย

แท่งเชื้อเพลิงแข็งในแต่ละอัตราส่วนผสม เมื่อนำไปวิเคราะห์หาต้นทุนต่อหน่วย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงต้นทุนต่อหน่วย

ชนิดตัวอย่าง	ค่าไฟฟ้า (baht/kg)	ค่าแป้ง (baht/kg)	ค่าแรง (baht/kg)	รวมต้นทุน (baht/kg)
เปลือกแห้ว (100%)	0.593	0	2.77	3.363
เปลือกแห้ว + แป้ง 10%	0.453	2.6	2.12	5.173
เปลือกแห้ว + แป้ง 20%	0.487	5.2	2.27	7.957
เปลือกแห้ว + แป้ง 30%	0.220	7.8	1.03	9.05

หมายเหตุ: ราคาแป้ง 26 บาท/กิโลกรัม, ค่าแรง 250 บาท/วัน, ตารางนี้เป็นน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง

จากตาราง4.4 ต้นทุนต่อหน่วย ของเชื้อเพลิงที่ไม่ผสม binder จะต่ำสุด แต่การใช้ binder จะทำให้เวลาในการอัดลดลงทำให้ค่าไฟฟ้าต่ำกว่า เช่นเดียวกับค่าแรง ถ้าผลิตได้เร็วขึ้น ค่าแรงต่อหน่วยก็จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าสามารถนำเปลือกแห้วมาอัดใช้เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ นอกเหนือจากการนำไปทำปุ๋ย อาหารสัตว์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงที่ได้จากแท่งเชื้อเพลิงเปลือกแห้วล้วน กับถ่านจากไม้ จะได้ค่าความชื้นที่ได้จากแท่งเชื้อเพลิงเปลือกแห้วล้วนมีค่าใกล้เคียงกับถ่านจากไม้ ในเรื่อง ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกแห้วมีค่าน้อยกว่าถ่านไม้ ซึ่งเราสามารถนำไปใช้งานได้แต่ประสิทธิภาพอาจจะไม่ดีมากนัก ในเรื่องค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกแห้วล้วนมีค่าความหนาแน่นมากกว่าของถ่านจากไม้ ในเรื่องค่าต้านทานการกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกแห้วล้วน จะสามารถทนแรงกระแทกได้ดี ไม่แตกหักง่าย และค่าประสิทธิภาพการให้ความร้อน (%HU) ของเปลือกแห้วล้วนมีประสิทธิภาพการให้ความร้อนได้ใกล้เคียงกับถ่านจากไม้ ดังนั้นจากผลการทดลองคุณสมบัติต่างๆสามารถนำแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกแห้วมาใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน อันเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกแห้ว โดย ต้นทุนของเชื้อเพลิงแข็งจากเปลือกแห้ว ที่ไม่ใส่ binder ประมาณ 3.4 บาท ต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ต้นทุนส่วนใหญ่อยู่ที่ค่าแรง ถ้าสามารถเพิ่มกำลังผลิตก็จะสามารถลดต้นทุนต่อหน่วยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. นอกจากแท่งเชื้อเพลิงที่ทำจากเปลือกแห้ว เราอาจใช้เปลือกอย่างอื่น หรือวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรมาผสมกับเปลือกแห้วได้

2. ควรนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการอัดแท่งแล้วไปตากแดดให้แห้งมากกว่า 7 วัน เพื่อช่วยให้ปริมาณความชื้นน้อยลง

3. นำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการตากแดดแล้ว ควรใส่ถุงพลาสติกทันที เพื่อปิดไม่ให้อากาศเข้าไปได้ ช่วยไม่ให้ตัวแท่งเชื้อเพลิงดูดความชื้นและป้องกันการเกิดเชื้อรา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมป่าไม้. 2539. สถิติการป่าไม้ของประเทศไทย ปี 2539. ส่วนศูนย์ข้อมูลกลาง, สำนักสารสนเทศ, กรมป่าไม้

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2539. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2 กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เครื่องอัดถ่านอัดแท่งในปัจจุบัน ตามการใช้งานแต่ละประเภท. [Online] Available: http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/technoloye.php

ประลอง ดำรงค์ไทย. 2553. แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน. [online]. Available: http://www.forest.go.th/research/knowledge/green_fuel.htm

พรสถิตย์ ยงยืน. 2554. เครื่องอัดถ่านอัดแท่งในปัจจุบันตามการใช้งานแต่ละประเภท. แหล่งที่มา:http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/technoloye.php, 14 กันยายน 2554.

รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล 2553. การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์. 2529. รายงานวิจัยเรื่องเชื้อเพลิงเขียว (โครงการเชื้อเพลิงแข็ง) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย. 2544. การศึกษาความเหมาะสมการผลิตไฟฟ้าระบบความร้อนร่วมจากเชื้อเพลิงชีวมวล. Biomass CHP Workshop. The Energy Conservation of Thailand. March 19-23, 2001. กรุงเทพฯ

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2523. พืชหัว. เล่ม 5. [online]. Available: http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK5/chapter5/t5-5-l5.htm

สิทธิชัย ทองทา . 2550. แท่งเชื้อเพลิงเขียว เพื่อทดแทนฟืนและถ่าน . คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สุริยา ชัยเดชทยากูล. 2544. การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล

สำนักงานเกษตรอำเภอศรีประจันต์, 2546. การผลิตและการตลาดแห้วจีน. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Test Method for Gross Calorific value of Coal and Coke: ASTM D 5865. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: american Society for Testing and Material.

Steve, D. 2000. Chinese water chestnut. ATTRA. [online]. Available: www.attra.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 วัตถุดิบ

ภาพที่ ก.1 เปลือกแห้ว

ก.2 พื้นที่ในการตาก

ตากบนดาดฟ้าอาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ช่วงเวลากลางวัน (8.00-18.00 น.) อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส

ภาพที่ ก.2 พื้นที่ในการตาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 วัตถุดิบ

ภาพที่ ก.1 เปลือกแห้ว

ก.2 พื้นที่ในการตาก

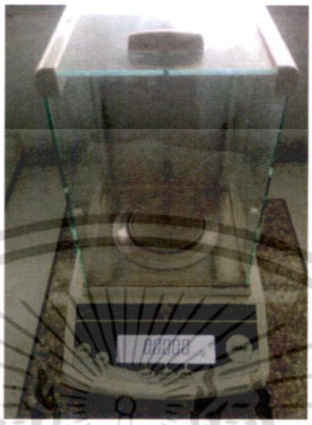
ตากบนดาดฟ้าอาคารเจ้าคุณทหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ช่วงเวลากลางวัน (8.00-18.00 น.) อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส

ภาพที่ ก.2 พื้นที่ในการตาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ก.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น



ภาพที่ ก.3 เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ DENVER INSTRU MENT รุ่น ST-234

ภาพที่ ก.4 Hot air oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น Um 400

ภาพที่ ก.5 การอบหาปริมาณความชื้นในตู้ Hot air oven

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3.2 การวิเคราะห์ความหนาแน่น

ภาพที่ ก.6 แสดงการหาความหนาแน่นแบบ True density

ก.3.5 ค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

ภาพที่ ก.7 แสดงการเปรียบเทียบในขณะต้มน้ำของแท่งเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงอัตราส่วนของเปลือกแห้วต่อปริมาณน้ำที่เติม

ตัวอย่าง	ก่อนอบ		หลังอบ		% ความชื้น
	น.น.แคน (g)	น.น.เปลือก (g)	น.น.แคน+เปลือก (g)	น.น.เปลือก (g)	
เปลือกแห้วแห้งเริ่มต้น	16.95	2.06	18.74	1.79	12.95
	17.74	2.05	19.53	1.79	12.73
	17.88	2.03	19.66	1.77	12.90
					12.86
เปลือกแห้วต่อน้ำ 1 : 0.1	16.13	2.09	17.78	1.65	21.26
	16.71	2.04	18.28	1.57	22.88
	17.60	2.05	19.16	1.56	23.86
					22.67
1 : 0.3	17.99	2.01	19.40	1.41	29.92
	16.83	2.08	18.28	1.44	30.58
	17.44	2.05	18.91	1.46	28.56
					29.68
1 : 0.5	20.38	2.05	21.58	1.19	41.67
	17.45	2.05	18.72	1.26	38.68
	17.13	2.04	18.35	1.22	40.17
					40.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ก่อนอบ		หลังอบ		% ความชื้น
	น.น.แคน (g)	น.น.เปลือก(g)	น.น.แคน+เปลือก (g)	น.น.เปลือก (g)	
1 : 0.7	20.38	2.07	21.44	1.05	49.06
	17.68	2.00	18.62	0.94	53.151
	17.59	2.03	18.66	1.08	46.98
					52.48
1 : 0.9	17.86	2.07	18.78	0.92	55.24
	15.86	2.00	16.74	0.88	56.11
	17.69	2.05	18.57	0.88	56.87
					56.08
1 : 1.1	17.74	2.07	18.46	0.72	65.07
	17.83	2.05	18.56	0.73	64.56
	17.55	2.03	18.31	0.76	62.61
					64.08
1 : 1.5	16.23	2.06	16.90	0.67	67.39
	16.62	2.07	17.28	0.66	68.17
	18.00	2.00	18.64	0.64	68.10
					67.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบก่อนการอัด

ตัวอย่าง	ก่อนอบ		หลังอบ		%ความชื้น
	น.น.แคน (g)	น.น.เปลือก (g)	น.น.แคน+เปลือก (g)	น.น.เปลือก (g)	
เปลือกแห้ว 100%	16.88	3.00	18.80	1.92	35.94
	17.80	3.06	19.76	1.96	35.79
	17.78	2.02	19.08	1.30	35.31
					35.68
เติมแป้ง 10%	18.05	3.02	19.95	1.90	37.12
	17.12	3.01	19.07	1.95	35.41
	17.69	3.09	19.64	1.95	36.93
					36.49
เติมแป้ง 20%	16.80	3.09	18.72	1.928	37.90
	18.47	3.07	20.35	1.88	38.60
	17.05	3.05	18.94	1.89	37.77
					38.09
เติมแป้ง 30%	17.90	3.03	19.74	1.84	39.41
	17.13	3.06	19.07	1.94	36.46
	16.27	3.04	18.13	1.86	38.84
					38.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงความชื้นเริ่มต้นของของแท่งเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง	ก่อนอบ		หลังอบ		%ความชื้น
	น.น.แคน (g)	น.น.เปลือก (g)	น.น.แคน+เปลือก (g)	น.น.เปลือก (g)	
เปลือกแห้ว 100%	16.87	3.05	18.94	2.06	32.30
	16.92	3.03	18.95	2.03	32.85
	16.38	3.07	18.41	2.03	33.81
					32.98
เติมแป้ง 10%	17.47	3.06	19.55	2.08	32.21
	17.92	3.02	19.95	2.03	32.94
	17.25	3.03	19.24	1.99	34.27
					33.14
เติมแป้ง 20%	16.68	3.06	18.69	2.00	34.62
	18.59	3.07	20.57	1.97	35.88
	17.82	3.02	19.82	2.00	33.81
					34.77
เติมแป้ง 30%	17.53	3.08	19.52	1.99	35.36
	17.29	3.01	19.28	1.99	34.03
	17.06	3.03	19.07	2.01	33.67
					34.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 แสดงความชื้นสุดท้ายของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

ตัวอย่าง	ก่อนอบ		หลังอบ		%ความชื้น
	น.น.แคน (g)	น.น.เปลือก (g)	น.น.แคน+เปลือก (g)	น.น.เปลือก (g)	
เปลือกแห้ว 100%	17.78	2.02	19.66	1.88	6.94
	17.84	2.09	19.79	1.94	6.76
	17.83	2.08	19.78	1.95	6.01
					6.57
เติมแป้ง 10%	18.21	2.06	20.13	1.92	6.73
	17.25	2.03	19.14	1.89	6.74
	16.99	2.03	18.89	1.89	6.69
					6.72
เติมแป้ง 20%	19.05	2.05	20.96	1.91	6.85
	17.82	2.02	19.71	1.88	6.92
	17.67	2.07	19.60	1.93	6.89
					6.89
เติมแป้ง 30%	16.44	2.07	18.36	1.91	7.40
	17.25	2.07	19.16	1.90	7.88
	17.09	2.06	18.99	1.90	7.79
					7.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

ตัวอย่าง	M (g)	h (cm)	R (cm)	r (cm)	v (cm^3)	$m_{ในน้ำ}$ (g)	$V_{ในน้ำ}$ (cm3)	Bulk Density (g/cm3)	True Density (g/cm3)
เปลือกแห้ว 100%	101.30	5.80	2.60	-	123.11	123.11	123.11	0.822821	0.822824
	94.50	6.00	2.60	-	127.35	127.35	127.35	0.742001	0.742003
	90.90	5.40	2.60	-	114.62	114.62	114.62	0.793038	0.793041
								0.785953	0.785956
เติมแป้ง 10%	99.90	5.80	2.60	-	123.1131	123.1126	123.1126	0.811449	0.811452
	90.40	5.60	2.60	-	118.8678	118.8673	118.8673	0.760508	0.760512
	88.50	5.50	2.60	-	116.7452	116.7447	116.7447	0.758061	0.758064
								0.776673	0.776676
เติมแป้ง 20%	88.80	5.40	2.60	-	114.6226	114.6221	114.6221	0.774717	0.774720
	89.90	5.50	2.60	-	116.7452	116.7447	116.7447	0.770053	0.770056
	86.00	5.40	2.60	-	114.6226	114.6221	114.6221	0.750289	0.750292
								0.765019	0.765023
เติมแป้ง 30%	86.70	6.00	2.60	-	127.3584	127.3579	127.3579	0.680756	0.680759
	96.60	5.50	2.60	-	116.7452	116.7447	116.7447	0.827443	0.827447
	85.90	5.50	2.60	-	116.7452	116.7447	116.7447	0.735790	0.735794
								0.747996	0.748000
ถ่านไม้	11.6	7.60	0.90	-	19.32984	22.8	22.8000	0.600108	0.508772
	10.9	7.10	0.90	-	18.05814	21.5	21.5000	0.603606	0.506977
	11.5	7.50	0.90	-	19.0755	23.1	23.1000	0.602868	0.497835
								0.602194	0.504528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าต้านทานการตกกระแทก

ตัวอย่าง	น.น.ก่อนทดสอบ (g)	น.น.หลังทดสอบ (g)	ค่าต้านการตกกระแทก
เปลือก100%	295	295	1.000
	300	300	1.000
	304	304	1.000
			1.000
แป้ง10%	305	304	0.996
	294	293	0.996
	300	300	1.000
			0.997
แป้ง20%	304	304	1.000
	300	300	1.000
	302	302	1.000
			1.000
แป้ง30%	302	301	0.996
	296	295	0.996
	300	299	0.996
			0.996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 แสดงประสิทธิภาพ (ระยะเวลาการต้มน้ำของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนผสมต่างๆ)

ชนิดตัวอย่าง	ระยะเวลาน้ำเดือดของแท่งเชื้อเพลิง (min)	อุณหภูมิสูงสุดของแท่งเชื้อเพลิง ($^{\circ}C$)	ระยะเวลาน้ำเดือดของถ่านตัวอย่าง (min)	อุณหภูมิสูงสุดของถ่านตัวอย่าง ($^{\circ}C$)
เปลือกแห้ว (100%)	38	86	32	92
เปลือกแห้ว + แป้ง 10%	30	83	32	92
เปลือกแห้ว + แป้ง 20%	23	86	32	92
เปลือกแห้ว + แป้ง 30%	15	81	32	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ข้อมูลจากตารางหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ ข.8 แสดงการหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อน

ชนิดตัวอย่าง	T				M_1	
	T_2แท่งเชื้อเพลิง (°C)	T_2ถ่าน (°C)	T_1แท่งเชื้อเพลิง (°C)	T_1ถ่าน (°C)	M_1แท่งเชื้อเพลิง (g.)	M_1ถ่าน (g.)
เปลือกแห้ว (100%)	86	90	27	27	50.11	16.93
เปลือกแห้ว + แป้ง 10%	83	89	27	27	61	16.93
เปลือกแห้ว + แป้ง 20%	86	91	26	26	66	16.93
เปลือกแห้ว + แป้ง 30%	81	89	26	26	51.6	16.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 (ต่อ)

ชนิดตัวอย่าง	**M_r**		**H**		**HU ของแท่งเชื้อเพลิง (%)**	**HU ของถ่าน (%)**
	M_r แท่งเชื้อเพลิง (g.)	**M_r ถ่าน (g.)**	**H แท่งเชื้อเพลิง (kj/kg.)**	**H ถ่าน (kj/kg.)**		
เปลือกแห้ว (100%)	88.25	83.79	13385.5	28283.84	29.73	39.54
เปลือกแห้ว + แป้ง 10%	98.3	83.79	13415.6	28283.84	27.14	39.54
เปลือกแห้ว + แป้ง 20%	96.1	83.79	13278.8	28283.84	24.77	39.54
เปลือกแห้ว + แป้ง 30%	94	83.79	13662.4	28283.84	30.13	39.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้