การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

Charcoal Briquettes Production from Agricultural Residues by Using Durian and Nypa Palm Peel Mixtures

นางสาวสุมินตรา มะลิวัลย์

นางสาวอุบลรัตน์ สารณา

นางสาวดนิตา อยู่สุขวรกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์	การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก
ชื่อ นามสกุล	สุมินตรา มะลิวัลย์ อุบลรัตน์ สารณา ดนิตา อยู่สุขวรกุล
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.สังเวย เสวกวิหารี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(นายมาโนช หลักฐานดี)

.....กรรมการ

(ผศ.ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร)

.....กรรมการและที่ปรึกษา

(ดร.ภัทริกา สูงสมบัติ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์ การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

ชื่อ นามสกุล สุมินตรา มะลิวัลย์
อุบลรัตน์ สารณา
ดนิตา อยู่สุขวรกุล

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง เพื่อศึกษาหาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง และนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของพลังงานทดแทน ในอัตราส่วนเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 และวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อน ผลการวิจัยพบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คืออัตราส่วน 50:50 ซึ่งมีค่าความชื้นต่ำสุดร้อยละ 4.68 ปริมาณเถ้าต่ำสุดร้อยละ 2.70 ปริมาณสารระเหยต่ำสุดร้อยละ 10.33 ปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุดร้อยละ 25.56 โดยทุกค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง และในอัตราส่วน 100:0 มีค่าความร้อนสูงสุด คือ 5,399 แคลอรีต่อกรัม ดังนั้นถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 50:50 จึงเหมาะสมต่อการใช้งานในรูปแบบของพลังงานทดแทน นอกจากนั้นได้ทดสอบความสามารถในการดูดกลิ่น ด้วยการนำสารที่ทำให้เกิดกลิ่น (ลูกเหม็น) ใส่ลงในขวด 2 ขวด จำนวนขวดละ 3 ก้อน เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำออก จากนั้นใส่ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 50:50 จำนวน 6 ก้อน ลงในขวดเพียงขวดเดียว ใช้ผู้ทดสอบทำการดมกลิ่นจำนวน 10 คน เป็นระยะเวลา 6 วัน โดยให้ทดสอบดมกลิ่นทุก ๆ 2 วัน พบว่า ขวดที่ใส่ถ่านมีกลิ่นลดลงมากกว่าขวดที่ไม่ใส่ถ่าน ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากจึงมีประสิทธิภาพที่ดีในการดูดกลิ่น เหมาะสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือน

Independent Study Title	Charcoal Briquettes Production from Agricultural Residues by Using Durian and Nypa Palm Peel Mixtures
Authors	Sumintra Maliwan
	Ubonrat Sarana
	Danita Yusukworakul
Degree	Bachelor of Science
Major progam	Environmental Sciences and Natural Resources
	Faculty of Science and Technology
Academic Year	2015

Abstract

This research focuses on the production of charcoal briquettes from agricultural residues by using durian and nypa palm peel mixtures. The objectives of this study are to study the combustion efficiency of charcoal briquettes; study the suitable ratio for the production of briquettes with the ratios of durian : nypa palm peel mixtures as 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100; recycle the agricultural residues as the renewable energy sources and analyze the fuel characteristics; moisture content, ash content, volatile matters, fixed carbon and heating value. The results showed that the best ratio for the combustion efficiency of charcoal briquettes is 50:50 with the minimum moisture content of 4.68%; the minimum ash content of 2.70%; the volatile matters of 10.33%; the maximum fixed carbon of 25.56% and all characteristics are met with the standard of charcoal briquettes from the local community products. In the ratio of 100:0, it showed the maximum heating value as 5,399 calories per gram. Therefore, the 50:50 charcoal briquettes are suitable as the renewable energy source. Besides, the capacity of odor adsorption was analyzed by adding the odor substances (mothball) in two bottles with three mothballs for each bottle for two consecutive days, before removal. Then, six of 50:50 charcoal briquettes were added into one bottle. Ten testers smelled the bottle every two days for six days.

The result showed that the bottle with the charcoal briquettes had odor less than the bottle without briquettes. Hence, the charcoal briquettes from durian and nyla palm peel mixtures have the best odor adsorption capacity and are suitable for household uses.

KEYWORDS: briquettes, charcoal, agricultural residues, durian, nypa palm, peel mixtures ratio, renewable energy, combustion efficiency, moisture content, ash content, fixed carbon, volatile matters, heating value, odor adsorption

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์หลายท่าน คณะผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ดูแลให้คำปรึกษา แนะนำข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งช่วยตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ และ ผศ. สังเวย เสวกวิหารี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ดูแลให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย แนะนำขั้นตอนการทำวิจัย และให้คำปรึกษาตลอดการวิจัย อาจารย์มาโนช หลักฐานดี ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ และ ผศ. ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาในการช่วยเหลือให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้มอบทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2559 ภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่เพื่อเป็นทุนสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณร้านขายทุเรียนในตลาดองค์การตลาดเพื่อเกษตรกร (อ.ต.ก.) และร้านจันทร์แรมขนมจาก ตำบลบางจะเกร็ง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม ที่ให้ความช่วยเหลือเรื่องวัตถุดิบหลักในการทำวิจัยซึ่งได้แก่ เปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก

ขอขอบพระคุณปราชญ์ชาวบ้านซึ่งทำอาชีพเผาถ่านขายในจังหวัดสมุทรสาคร ที่กรุณาสอนขั้นตอนการเผาถ่าน และให้คำปรึกษาเรื่องขั้นตอนของการเผาถ่าน รวมทั้งให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเผาถ่าน

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้การอบรมเลี้ยงดู ให้การสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด ขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่าน ที่ได้ช่วยเหลือผู้วิจัยในด้านต่าง ๆ ตลอดจนกำลังใจที่มีให้เสมอในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

สุมินตรา มะลิวัลย์
อุบลรัตน์ สารณา
ดนิตา อยู่สุขวรกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.6 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก	4
1.7 ระยะเวลาดำเนินโครงการและแผนดำเนินงานตลอดโครงการ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 พลังงานชีวมวล	6
2.2 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	7
2.2.1 เศษพืชหรือวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร	8
2.2.2 สิ่งเหลือทิ้งหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastes)	8
2.2.3 ขยะมูลฝอย (Municipal Wastes)	8
2.2.4 วัชพืช (Weeds)	8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง 9

2.3.1 ทุเรียน 9

2.3.2 จาก 12

2.4 ประเภทของเชื้อเพลิง 16

2.4.1 เชื้อเพลิงเหลว 17

2.4.2 เชื้อเพลิงก๊าซ 17

2.4.3 เชื้อเพลิงแข็ง 17

2.5 ถ่าน 19

2.5.1 การไล่ความชื้น 19

2.5.2 การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน 20

2.5.3 การทำถ่านให้บริสุทธิ์ 20

2.5.4 การทำให้เย็น 20

2.6 ลักษณะของเตาเผา 20

2.6.1 เตาเผาถ่านด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตรแบบนอน 21

2.6.2 เตาเผาถ่านด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตรแบบตั้ง 21

2.7 ถ่านอัดแท่ง 23

2.7.1 ขั้นตอนการอัดถ่านอัดแท่ง 23

2.7.2 วิธีการอัดแท่ง 23

2.7.3 ความสำคัญของรูตรงกลางของถ่านอัดแท่ง 24

2.7.4 ตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 25

2.7.5 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง 29

2.7.6 มาตรฐานถ่านอัดแท่ง 29

2.7.7 ข้อดีของถ่านอัดแท่ง 30

2.7.8 ข้อเสียของถ่านอัดแท่ง 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8 วิธีการอัดถ่านอัดแท่ง 31

2.8.1 การอัดแท่งด้วยมือ 31

2.8.2 เครื่องอัดถ่านอัดแท่ง 31

2.9 ตัวประสาน 34

2.9.1 ตัวประสานที่สามารถเผาได้ (Combustible Binders) 35

2.9.2 ตัวประสานที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non-combustible Binders) 35

2.10 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านถ่านอัดแท่ง 35

2.10.1 การประเมินคุณภาพและสมบัติของถ่าน 35

2.10.2 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) 36

2.10.3 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content) 37

2.10.4 การหาปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) 38

2.10.5 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) 39

2.10.6 การหาค่าความร้อน (Heating Value) 39

2.11 การทดสอบถ่านดูดกลิ่น 40

2.11.1 การทดสอบกลิ่นโดยวิธีทางเคมี 40

2.11.2 การทดสอบกลิ่นโดยวิธีการดมกลิ่น 40

2.11.3 ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการตรวจวัดกลิ่น 44

2.12 ประโยชน์ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 44

2.12.1 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม 44

2.12.2 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 44

2.12.3 การใช้ประโยชน์ในการเกษตร 45

2.12.4 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ 46

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ 53

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตถ่านอัดแท่ง 53

3.2 ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่ง 54

3.2.1 รูปแบบเตาเผาถ่าน 54

3.2.2 การเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากเพื่อทำถ่าน 57

3.2.3 เตรียมตัวประสาน 62

3.2.4 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก 64

3.3. ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง 67

3.3.1 การวิเคราะห์ผล 67

3.4 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่ง 74

3.4.1 ขั้นตอนการทำถ่านดูดกลิ่น 74

3.4.2 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่ง 76

3.5 แผนผังสรุปการทดลอง 80

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์และอภิปราย 81

4.1 ผลการวิเคราะห์ 81

4.1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) 81

4.1.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content) 84

4.1.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) 86

4.1.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) 88

4.1.5 ค่าความร้อน (Heating Value) 91

4.1.6 การดูดกลิ่น 93

4.1.7 เปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งกับถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป 95

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 97

5.1 สรุปผลการวิจัย 97

5.1.1 ค่าปริมาณความชื้น 97

5.1.2 ค่าปริมาณเถ้า 97

5.1.3 ค่าปริมาณสารระเหย 97

5.1.4 ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว 98

5.1.5 ค่าความร้อน 98

5.1.6 การทดสอบการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 50:50 98

5.1.7 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก กับถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป 98

5.2 ข้อเสนอแนะ 98

เอกสารอ้างอิง 100

ภาคผนวก 107

ประวัติผู้วิจัย 120

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1-1 แสดงระยะเวลาดำเนินโครงการและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	5
ตารางที่ 4-1 แสดงปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง	82
ตารางที่ 4-2 แสดงปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งระยะเวลาในการเผา 6 ชั่วโมง	84
ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่ง	86
ตารางที่ 4-4 แสดงปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง	89
ตารางที่ 4-5 แสดงค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง	91
ตารางที่ 4-6 แสดงการแตกปะทุ และปริมาณควันของถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป และถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก	93
ตารางที่ 4-7 แสดงข้อมูลผลการทดสอบการดูดซับกลิ่นของถ่านอัดแท่ง	96

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1-1 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก	4
ภาพที่ 2-1 ลักษณะใบของทุเรียน	9
ภาพที่ 2-2 ลักษณะของดอกทุเรียน	10
ภาพที่ 2-3 แสดงลักษณะผลทุเรียน	10
ภาพที่ 2-4 ลักษณะต้นจาก	12
ภาพที่ 2-5 ลักษณะใบจาก	12
ภาพที่ 2-6 ลักษณะดอกจาก	13
ภาพที่ 2-7 ลักษณะผลลูกจาก	13
ภาพที่ 2-8 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรแบบนอน	19
ภาพที่ 2-9 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรแบบตั้ง	19
ภาพที่ 2-10 รูตรงกลางของถ่านอัดแท่ง	21
ภาพที่ 2-11 แสดงการใช้ขี้เลื่อยเป็นถ่านสำหรับเผาให้ความร้อน	22
ภาพที่ 2-12 แสดงการใช้แกลบเป็นถ่านสำหรับเผาให้ความร้อน	23
ภาพที่ 2-13 เครื่องอัดแท่งด้วยมือ	27
ภาพที่ 2-14 เครื่องอัดแบบลูกสูบ	28
ภาพที่ 2-15 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2-1 ลักษณะใบของทุเรียน	10
ภาพที่ 2-2 ลักษณะของดอกทุเรียน	11
ภาพที่ 2-3 แสดงลักษณะผลทุเรียน	11
ภาพที่ 2-4 ลักษณะต้นจาก	13
ภาพที่ 2-5 ลักษณะใบจาก	13
ภาพที่ 2-6 ลักษณะดอกจาก	14
ภาพที่ 2-7 ลักษณะผลลูกจาก	15
ภาพที่ 2-8 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรแบบนอน	22
ภาพที่ 2-9 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรแบบตั้ง	22
ภาพที่ 2-10 รูตรงกลางของถ่านอัดแท่ง	25
ภาพที่ 2-11 แสดงการใช้ขี้เลื่อยเป็นถ่านสำหรับเผาให้ความร้อน	26
ภาพที่ 2-12 แสดงการใช้แกลบเป็นถ่านสำหรับเผาให้ความร้อน	27
ภาพที่ 2-13 เครื่องอัดแท่งด้วยมือ	31
ภาพที่ 2-14 เครื่องอัดแบบลูกสูบ	32
ภาพที่ 2-15 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย	32
ภาพที่ 2-16 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวยพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด	33
ภาพที่ 2-17 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง	33
ภาพที่ 2-18 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2-19 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน	34
ภาพที่ 3-1 แสดงรูปแบบเตาเผาถ่าน	54
ภาพที่ 3-2 แสดงวิธีการเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก	58
ภาพที่ 3-3 เตรียมแป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นตัวประสาน	62
ภาพที่ 3-4 แสดงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก	64
ภาพที่ 3-5 แสดงการประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง	69
ภาพที่ 3-6 แสดงการเปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน และเปลือกลูกจากกับถ่านไม้ที่ขายทั่วไป	72
ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการทำถ่านดูดกลิ่นจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก	74
ภาพที่ 3-8 แสดงวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่น	77
ภาพที่ 4-1 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	83
ภาพที่ 4-2 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	85
ภาพที่ 4-3 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	87
ภาพที่ 4-4 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4-5 แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	92
ภาพที่ 4-6 แสดงระยะเวลาถ่านที่ให้ความร้อนจนน้ำเดือดระหว่างถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป และถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก	94
ภาพที่ 4-4 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณสารระเหยได้ของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	80
ภาพที่ 4-5 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	83
ภาพที่ 4-6 แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ	85
ภาพที่ 4-7 แสดงระยะเวลาถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไปและถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากให้ความร้อนจนน้ำเดือด	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีอุตสาหกรรมทางการเกษตรอย่างครบวงจร การนำผลผลิตทางการเกษตรออกสู่ตลาดทั้งในและนอกประเทศ ทำให้มีกากและเศษวัสดุเหลือใช้เกิดขึ้น ทั้งในบริเวณชุมชนหรือตามตลาดขายผลไม้ทั่วไป จึงจำเป็นต้องมีการกำจัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในรูปแบบของพลังงานทดแทน สามารถนำไปผ่านกระบวนการเผาไหม้ได้โดยตรงหรือบางชนิดต้องแปรสภาพในรูปของการอัดแท่ง เป็นต้น และจากสถานการณ์พลังงานที่มีราคาสูงขึ้น ทำให้ส่งผลต่อภาคเศรษฐกิจในประเทศและส่งผลให้ความมั่นคงทางเศรษฐกิจของประเทศต่ำลง

พลังงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญกับการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน จากความจำเป็นของการใช้พลังงานเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ จึงต้องพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศ ทำให้สูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก รัฐบาลจึงได้มีนโยบายและแนวทางในการผลิตพลังงานทดแทนจากแหล่งภายในประเทศ เพราะการใช้พลังงานทดแทนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อีกทั้งพลังงานชีวมวลยังเป็นการนำเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในประเทศมาเพิ่มมูลค่าการใช้ ซึ่งเป็นการเพิ่มผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้ภาคอุตสาหกรรมและชุมชน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

พลังงานชีวมวล เป็นพลังที่มีอยู่มากมายรอบ ๆ ตัวเรา จากการที่ได้มีการพัฒนาส่งเสริมการเกษตรส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตทางการเกษตรมากขึ้น ปริมาณชีวมวลจึงมีการเพิ่มมากขึ้นด้วย ชีวมวลมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย โดยมีการใช้ประโยชน์ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิง ซึ่งไม่ต้องเสียต้นทุนค่าขนส่ง นับเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้จึงช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงและสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่น นอกจากนี้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ และไม่สร้างสภาวะเรือนกระจกและมีการนำมาเปลี่ยนสภาพเป็นเชื้อเพลิงได้ เช่น การนำมาอัดแท่งเชื้อเพลิง เป็นต้น

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยใช้เปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก ซึ่งทุเรียนจะมีมากในช่วงเดือน เมษายน-กันยายน ส่วนลูกจากจะมีตลอดทั้งปี สาเหตุที่เลือกเปลือกผลไม้ทั้งสองชนิดนี้ เนื่องจากประเทศไทยมี

การปลูกผลไม้ทั้งสองชนิดนี้เป็นจำนวนมาก และเมื่อบริโภคแล้วจะเหลือเปลือกผลไม้ทิ้งไว้ โดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ในปริมาณมาก การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากมาผสมกัน เพื่อให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพ และพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่ง รวมถึงเป็นการนำเปลือกผลไม้ที่ได้จากการเหลือทิ้งเหล่านี้ไปใช้แทนฟืนและถ่านไม้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อถ่าน สำหรับใช้ในครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมครัวเรือน และเป็นการลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัด ซึ่งจะช่วยลดปัญหาและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก
2. เพื่อศึกษาหาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก
3. เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นพลังงานทดแทน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สถานที่ทำการวิจัย ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม (9404) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. เปลือกทุเรียนที่นำมาทำการวิจัย นำมาจาก ร้านขายทุเรียนในตลาดองค์การตลาดเพื่อเกษตรกร (อ.ต.ก)
3. เปลือกลูกจากที่นำมาทำการวิจัย นำมาจาก ร้านจันทร์แรมขนมจาก ตำบลบางจะเกร็ง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม 75000
4. การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งใช้ค่าต่าง ๆ ที่ทำการตรวจวัดเป็นหลักในการประเมินคุณภาพดังนี้
    - 4.1 ค่าความชื้น (Moisture Content)
    - 4.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)
    - 4.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)
    - 4.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)
    - 4.5 ค่าความร้อน (Heating Value)
    - 4.6 การดูดกลิ่น
    - 4.7 เปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ถ่านที่มีประสิทธิภาพจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก
2. ได้ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก
3. ได้ทราบกระบวนการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของพลังงานทดแทน
4. สามารถลดปริมาณการใช้ฟืนและถ่านไม้จากป่าธรรมชาติ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

พลังงานชีวมวล(Biomass Energy) คือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ และสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Fuel Briquettes) คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ไม้ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

ถ่านอัดแท่ง คือ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากการอัดแท่ง โดยอาศัยตัวประสานเป็นตัวเชื่อมในการอัดเป็นแท่งและมีความชื้นพอดี ซึ่งใช้ประโยชน์แทนฟืน, ถ่าน หรือแก๊สหุงต้ม ได้เป็นอย่างดี

ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่ในของเสียหลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ของเสียที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง จึงมีช่วงเวลาในการลุกไหม้นาน

ค่าความร้อน (Heating Value) คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงนั้นถูกเผาไหม้

เถ้า (Ash) คือ ส่วนที่เป็นผงละเอียดของเชื้อเพลิง ที่เหลือจากไฟเผามอดแล้ว

1.6 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

ภาพที่ 1-1 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

1.7 ระยะเวลาดำเนินโครงการและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ตารางที่ 1-1 แสดงระยะเวลาดำเนินโครงการและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

แผนการดำเนินงาน	2558			2559								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→								
2. เสนอโครงร่างงานวิจัย				↔								
3. จัดเตรียมวัตถุดิบและอุปกรณ์				←	—	→						
4. ดำเนินการวิจัย					←	—	→					
5. สรุปผลการทดลอง								←	→			
6. จัดทำเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์										←	→	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2

เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการพิจารณาและอ้างอิงดังนั้นเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในด้านต่าง ๆ ในเนื้อหาของงานวิจัยเล่มนี้จึงมีการกำหนดหัวข้อหลัก ๆ ไว้ ดังนี้

2.1 พลังงานชีวมวล

2.2 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2.3 วัตถุดิบที่ใชทำการทดลอง

2.4 ประเภทของเชื้อเพลิง

2.5 ถ่าน

2.6 ลักษณะของเตาเผา

2.7 ถ่านอัดแท่ง

2.8 วิธีการอัดถ่านอัดแท่ง

2.9 ตัวประสาน

2.10 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านถ่านอัดแท่ง

2.11 การทดสอบถ่านดูดกลิ่น

2.12 ประโยชน์ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สิ่งที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ต้นไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ถ่าน ฟืน แกลบ วัชพืชต่าง ๆ ขยะและมูลสัตว์ สามารถลดการใช้พลังงานด้านอื่น อาทิ พลังงานจากน้ำมัน ไฟฟ้า แก๊ส

ถ่านหิน ฯลฯ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดการสูญเสียเงินตราของประเทศในการนำเข้าการพัฒนาการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ (พลังงานชีวมวล; http://www.ku.ac.th/emagazine/jun51/know/know4.htm)

พลังงานชีวมวล (Biomass Energy) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ สารอินทรีย์เหล่านี้ที่ได้จากพืชและสัตว์ เช่น เศษไม้ ขยะ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อทำให้ได้พลังงานโดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล (เช่น น้ำมัน) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่าง ๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร ไม้ และเศษไม้หรือของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน โดยกระบวนการแปรรูปชีวมวลไปเป็นพลังงานรูปแบบต่าง ๆ (กรกต พิมทะวงศ์, 2546)

2.2 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นแหล่งเก็บกักพลังงานจากธรรมชาติรูปแบบหนึ่งและสามารถนำพลังงานที่เก็บไว้มาผลิตพลังงานได้ วัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ เช่น เศษไม้ ปลายไม้จากอุตสาหกรรมไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากชุมชน และของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตรที่เหลือทิ้งจากการผลิตพืชผลทางการเกษตร เช่น เศษผัก ฟางข้าว แกนข้าวโพด ก้านยาสูบ ข้าว ทุเรียน น้ำมันปาล์ม ลูกจาก และมันสำปะหลัง เป็นต้น

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทยมีอยู่กระจัดกระจายทั่วประเทศ ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาท อย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้จะมีวัสดุเหลือทิ้งออกมาจำนวนหนึ่งด้วย ปริมาณชีวมวลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศจะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ทำให้มีขยะเหลือทิ้งจากการบริโภคผลผลิตทั้งในบริเวณชุมชนหรือตามตลาดขายผลไม้ทั่วไป กล่าวคือประเทศไทยมีปริมาณวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในภูมิภาคเป็นจำนวนมากแต่มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านพลังงานค่อนข้างต่ำ ซึ่งสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือวัสดุเหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ไม่หมดและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมน้อย (ศศิรินทร์ ชัยอาภา, 2542)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานการเกษตรกรรมมาตั้งแต่ในอดีตแล้ว ในปัจจุบันยังพบประชากรมากกว่าร้อยละ 70 ยังคงประกอบอาชีพเกษตรกรรมและการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการเกษตรทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับความต้องการใช้หรือบริโภคในประเทศและการส่งออก เมื่อมีการใช้ย่อมจะมีของเสียหรือของเหลือใช้ทั้งจากการบริโภคและการผลิตที่เรียกกันว่า "ขยะ" ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่มีประโยชน์ใช้ไม่ได้หรือใช้ได้น้อย แล้วจำเป็นที่จะต้องนำไปทิ้ง โดยได้จำแนกไว้ดังนี้

2.2.1 เศษพืชหรือวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร

เป็นสิ่งที่ได้จากการคัดหรือจำแนกเอาส่วนที่ใช้ประโยชน์ไปใช้แล้วเอาส่วนที่ไม่ใช้ไปทิ้ง ซึ่งพบได้ทั่วไปตามไร่นา สวน ป่า และโรงงานต่าง ๆ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย กิ่งไม้ และเศษวัสดุที่เหลือใช้จากการเก็บเกี่ยว (Crop Residues) เช่น ฟางข้าว เปลือกถั่ว ต้นข้าว และต้นมันสำปะหลัง

2.2.2 สิ่งเหลือทิ้งหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastes)

เป็นการนำวัสดุจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมมาทำการผลิตสินค้า โดยอาศัยเครื่องจักรขนาดใหญ่ วัตถุดิบจำนวนมากและพลังงานที่ต้องลงทุนสูง สิ่งที่เกิดขึ้นจะมีทั้งผลิตภัณฑ์และของเสียต่างๆ เช่น กากส่าเหล้าจากโรงงานสุรา เศษซังข้าวโพดจากโรงงานบดอาหารสัตว์ เศษเยื่อกระดาษจากโรงงานผลิตกระดาษ เป็นต้น นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดภาวะ เช่น น้ำเน่าเสียและควันส่งกลิ่นเหม็น

2.2.3 ขยะมูลฝอย (Municipal Wastes)

จากการเพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้การบริโภคมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสังคมเมืองที่เป็นเมืองใหญ่ ๆ เช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ สงขลา และนครราชสีมา เป็นสิ่งที่เหลือใช้จากการบริโภค ในกรุงเทพฯ มีปริมาณขยะทิ้งในแต่ละวันถึง 8,000 ตัน และขยะที่ทิ้งทั่วประเทศประมาณ 32,000 ตันต่อวัน (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)

2.2.4 วัชพืช (Weeds)

วัชพืชอาจจะไม่เป็นสิ่งที่เราทิ้งหรือเป็นผลิตผลที่เราสร้างขึ้น แต่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการและไม่ได้สร้างมันโดยตรง พบได้ทั่วไปในพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่รกร้าง แม่น้ำ ลำคลอง หนอง และบึง เป็นต้น วัชพืชเหล่านี้สามารถกระจายและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว วัชพืชบางอย่างมีประโยชน์ เช่น ผักตบชวานำมาสานได้ กกนำมาสานเป็นเสื่อได้ แต่ส่วนใหญ่มักไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์มากนัก วัชพืชที่พบมาก เช่น ผักตบชวา และหญ้า

เศษวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ หากพิจารณาให้ดีแล้วก็พบว่ายังมีวัสดุบางอย่างที่น่าจะนำมาทำให้เกิดประโยชน์ได้ เป็นการรีไซเคิล (นำมาดัดแปลงและนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก) ตัวอย่าง เช่น การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำการอัดถ่านอัดแท่ง การหมักเศษวัสดุเป็นก๊าซถ่านในการหุงต้ม (อรรถกร ฤกษ์วิรี, 2549)

2.3 วัตถุดิบที่ใช้ทำการทดลอง

2.3.1 ทุเรียน

ทุเรียน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus* L. ทุเรียน เป็นไม้ผลในวงศ์ฝ้าย (Malvaceae) ในสกุลทุเรียน (*Durio*) เป็นผลไม้ที่ได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ ทุเรียนเป็นไม้ผลหลักของภาคใต้ โดยมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดเมื่อเทียบกับไม้ผลชนิดอื่นในช่วงที่ผ่านมาทุเรียนถือได้ว่าเป็นพืชที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกค่อนข้างสูงผลผลิตทุเรียนส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ โดยทั่วไปในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นฤดูเก็บเกี่ยวของทุเรียนในภาคตะวันออกและช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายนซึ่งเป็นฤดูเก็บเกี่ยวทุเรียนของภาคใต้ทุเรียนในประเทศไทยมีเพียง 4 พันธุ์เท่านั้นที่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์ คือ ชะนี กระดุมทอง หมอนทอง และก้านยาว

2.3.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) **ใบ** ทุเรียนเป็นไม้ยืนต้น ไม่มีการผลัดใบ ทรงพุ่มแผ่กว้าง อาจสูงถึง 20 - 40 เมตร สำหรับต้นที่ปลูกมาจากเมล็ด ส่วนต้นที่ปลูกจากการเสียบยอดอาจสูงประมาณ 8 - 12 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ยาวประมาณ 8 - 20 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 4 - 6 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ชนิดใบกว้างแบบใบเลี้ยงเดี่ยว ขนาดของใบกว้าง 2 - 3 นิ้ว ยาว 6 - 8 นิ้ว ปลายใบแหลม มีก้านใบสีน้ำตาลยาวประมาณ 1 นิ้ว บนใบสีเขียวแก่ถึงเขียวเข้ม ใต้ใบเป็นสีน้ำตาล เส้นใบทุเรียนสานกันเป็นร่างแห (ภาพที่ 2-1)

ภาพที่ 2-1 ลักษณะใบของทุเรียน

ที่มา: http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/durian/controller/

2) **ราก** ทุเรียนเป็นพันธุ์ไม้ที่มีรากหาอาหารตามผิวดินจนถึงระดับ 50 เซนติเมตร มีรากพิเศษที่เกิดจากบริเวณโคนต้นอยู่มากมายตามผิวดิน แตกออกมาลักษณะตีนตะขาบเรียกว่ารากตะขาบรากแก้วของทุเรียนทำหน้าที่ยึดลำต้น ส่วนทุเรียนที่ไม่มีรากแก้วเพราะปลูกจากกิ่งตอนจะมีรากพิเศษแทนหรือรากแขนงที่แตกจากรากพิเศษ หยั่งลึกลงไปในดินทำหน้าที่คล้ายรากแก้วและสามารถหยั่งลึกไปถึงระดับน้ำใต้ดินได้ มีรากฝอยเป็นรากหาอาหารออกมาจากรากพิเศษทำหน้าที่ดูดอาหารด้วย

3) **ดอก** ดอกทุเรียนมีลักษณะคล้ายระฆัง มีส่วนของดอกครบถ้วนและเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีรังไข่อยู่เหนือส่วนอื่นของดอกแต่ละดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยงอยู่ชั้นนอกสุดมีสีเขียวอมน้ำตาล หุ้มดอกไว้มิดชิดโดยไม่มีการแบ่งกลีบแต่เมื่อดอกใกล้แย้ม จึงแยกออกเป็นสองหรือสามกลีบ กลีบรองลักษณะคล้ายหม้อตาลโตนดอยู่ถัดเข้าไปจากกลีบเลี้ยง กลีบดอกสีขาวนวลมี 5 กลีบ เกสรตัวผู้มี 5 ชุด ประกอบด้วยก้านเกสร 5 - 8 อัน ทุเรียนมักออกดอกเป็นช่อ ช่อหนึ่งมีตั้งแต่ 1 - 30 ดอก ดอกมักอยู่รวมกันเป็นพวง ๆ มี 1 - 8 ดอก (ภาพที่ 2-2)

ภาพที่ 2-2 ลักษณะของดอกทุเรียน

ที่มา: http://sweetenmellow.blogspot.com/2013/08/benefits-of-durian.html

4) **ผล** ผลของทุเรียนมีเปลือกหนา มีหนามแหลมแข็งเป็นรูปปิรามิดตลอดผล ทรงของผลทุเรียนมีหลายรูปแบบแล้วแต่ชนิดพันธุ์ของทุเรียน เช่น พันธุ์กลม (ก้านยาว กระดุม) พันธุ์ก้นป้าน (หมอนทอง ทองย้อย) ฯลฯ ผลมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 - 20 เซนติเมตร ความยาวอยู่ที่ลักษณะของทุเรียน เนื้อของทุเรียนมีสีจำปาหรือเนื้อสีเหลืองอ่อน ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและพันธุ์ของทุเรียน (ภาพที่ 2-3)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2-3 แสดงลักษณะผลทุเรียน

ก. ภาพผลทุเรียน

ข. ภาพเปลือกทุเรียน

ที่มา: http://www.thaihof.org/main/article/detail/3309

2.3.1.2 การใช้ประโยชน์ของทุเรียน

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยทุเรียนมีปริมาณการบริโภคสูงทั้งในรูปของผลสดและแปรรูป เช่น ทำเป็นทุเรียนทอดกรอบทุเรียนกวน ทำขนมหวานได้หลากหลาย ได้แก่ ลูกกวาดโบราณของประเทศมาเลเซีย ขนมปังสอดไส้ และรวมถึงการดัดแปลงให้ทันสมัยอย่างไอศกรีม ขนมไหว้พระจันทร์ และเค้กขอนไม้ นอกจากนี้ยังมีข้าวเหนียวทุเรียน คือ ข้าวเหนียว ที่นำไปนึ่งกับกะทิเสิร์ฟพร้อมทุเรียนสุก

ส่วนที่เหลือของผลไดแก เปลือกและเมล็ดซึ่งมีจำนวนมาก ในแต่ละปีถูกกองทิ้งไว้จนเป็นกองขยะจำนวนมาก ดังนั้นจึงเลือกเปลือกทุเรียนที่กำลังเป็นปัญหาในการหาสถานที่นำไปทิ้งหรือทำลาย นำมาเพิ่มมูลค่า โดยทำเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน เปลือกทุเรียนสามารถนำมาใช้เป็นถ่านในการรมควันปลา และใช้ไล่ยุงหรือแมลงอีกทั้งเปลือกสามารถนำมาผลิตทำเป็นกระดาษ ซึ่งกระดาษเปลือกทุเรียนมีเส้นใยเหนียวนุ่มและเหนียวกว่าเนื้อกระดาษสา นอกจากนี้เปลือกทุเรียนยังสามารถใช้เป็นปุ๋ย ในหมู่เกาะชวาจะนำขี้เถ้าจากการเผาเปลือกทุเรียนนำไปผสมในเค้ก เป็นต้น (นฤมล มานิพพาน, 2549)

2.3.2 จาก

ต้นจาก (Nypa Plam) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nypa fruticans* Wurmb ในวงศ์ Arecaceae เป็นพืชในตระกูลปาล์ม พบได้ทั่วไปในพื้นที่ที่ติดชายทะเล และปากอ่าวแม่น้ำที่ติดกับทะเล มีชื่อเรียกทั่วไป คือ จาก ส่วนบางท้องถิ่นในภาคใต้ เรียก อัตต๊ะ มักจะขึ้นเป็นดงขนาดใหญ่ เรียกว่า ป่าจาก หรือดงจาก ต้นจากสามารถเติบโตได้ดีในดินโคลนตามป่าชายเลน หรือบริเวณริมคลองที่มีไม้ให้ร่มเงาปะปนอยู่ด้วย มักอยู่ในช่วงที่มีน้ำจืดและน้ำกร่อยปนกัน

2.3.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) ต้นจาก มีถิ่นกำเนิดอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย จัดเป็นปาล์มแตกกอจากลำต้นใต้ดินหรือลำต้นที่เลื้อยไปบนดิน โดยโผล่ก้านใบและตัวใบขึ้นมาอยู่เหนือดิน ลำต้นจะแตกแขนงอยู่ใต้ดินทำให้ขึ้นเป็นกอ ต้นจากมีความสูงประมาณ 3 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในดินเหนียว มีอินทรียวัตถุสูง และมีน้ำท่วมขัง ชอบแสงแดดจัด (ภาพที่ 2-4)

ภาพที่ 2-4 ลักษณะต้นจาก

ที่มา: http://news.voicetv.co.th/thailand/8266.html

2) ใบจาก ใบเป็นใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้ามกัน มีใบย่อยเป็นรูปขอบขนาน มีความกว้างประมาณ 5 - 6 เซนติเมตร และยาวประมาณ 90 - 120 เซนติเมตร แผ่นใบหนา ปลายใบลักษณะเรียวแหลม โคนใบเป็นรูปลิ่ม (ลักษณะคล้ายใบมะพร้าว) และเป็นรูปรางน้ำคว่ำ ที่ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเข้มเป็นมัน ส่วนผิวใบด้านล่างมีสีนวล ส่วนกาบใบใหญ่ห่อโคนต้น ก้านใบที่แตกใหม่จะเป็นสีม่วงแดงส่วนโคนใบจะมีกะเปาะอากาศ เป็นตัวช่วยพยุงให้ใบชูขึ้นเหมือนชูชีพ กาบใบนี้บางครั้งจะเรียกว่า พอนใบ (ภาพที่ 2-5)

ภาพที่ 2-5 ลักษณะใบจาก

ที่มา: http://frynn.com/%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81/

3) ดอกจาก ดอกมีสีเหลือง ออกดอกเป็นช่อแบบกระจุกแน่นระหว่างกาบใบ ดอกเป็นรูปกลม ดอกเป็นแบบแยกเพศอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกจะชูตั้งขึ้นและโค้งลง มีความยาวประมาณ 25 - 65 เซนติเมตร ออกดอกได้ตลอดทั้งปี ส่วนช่อดอกที่แทงออกมาเรียกว่า นกจาก (ภาพที่ 2-6)

ภาพที่ 2-6 ลักษณะดอกจาก

ที่มา: http://frynn.com/%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81/

4) ผลจาก ผลอยู่รวมกันเป็นช่อ มีผลย่อยอยู่เป็นจำนวนมากเป็นกระจุกเรียกว่าโหม่งจากลักษณะของผลเป็นรูปทรงไข่กลับ (คล้ายกับผลระกำ แต่ไม่มีหนาม) แบนและนูนตรงกลาง ผลมีสีน้ำตาลเรียบเป็นมัน มีความกว้างประมาณ 3 - 10 เซนติเมตร และยาวประมาณ 6.5 - 7.5 เซนติเมตร ผลมีสันแหลมหรือมีร่องผลประมาณ 9 - 10 ร่อง ข้างในมีเนื้อเมล็ดสีขาว มีปริมาณของเนื้อไม่มากนัก และใช้รับประทานได้ มีรสชาติคล้ายกับลูกตาลสด ภายในผลมีเมล็ดเมล็ดมีลักษณะเป็นรูปไข่ มีสีขาว (ภาพที่ 2-7)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2-7 ลักษณะผลลูกจาก

ก. ภาพผลลูกจากที่อยู่บนต้น

ข. ภาพเปลือกลูกจาก

ที่มา: http://frynn.com/%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81/

2.3.2.2 การใช้ประโยชน์ของจาก

1) ต้นจาก นิยมใช้ปลูกเพื่อประดับริมน้ำกร่อย หรือริมทะเล หรือในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง หรือใช้ปลูกเพื่อเป็นแนวกันลม เพื่อช่วยลดเสียงรบกวน ส่วนผลมีลักษณะที่สวยงาม ใช้ปลูกเป็นไม้กระถางประดับได้เช่นกัน

2) ต้นจากที่เหลือใช้ สามารถนำมาใช้ทำเป็นถ่านได้

3) ลูกจากอ่อน หรือ ผลอ่อน สามารถนำมาไปแกงทำเป็นอาหาร ต้มกินกับน้ำพริก กินร่วมกับแกงไตปลา ทำเป็นแกงกะทิ ฯลฯ หรือหากปล่อยให้อ่อนพอเหมาะ หรือลูกจากหนุ่มก็ผ่าเอาเมล็ดมารับประทานสดเป็นผลไม้ได้ หรือจะนำมาลอยแก้ว หรือใช้เชื่อมรับประทานเป็นขนมหวาน

4) ผลจากที่สุกแล้วจะมีเนื้อเยื่อสีขาวและใส นุ่มใช้รับประทานเป็นของหวาน หรือที่เรียกว่า ลูกจากเชื่อม

5) ผลอ่อนที่แตกหน่อ จะมีจาวจากอยู่ข้างใน สามารถนำมารับประทานได้เช่นเดียวกันจาวมะพร้าวและจาวตาล

6) น้ำหวานของต้นจาก (ปลายช่อดอก) หรือที่เรียกว่า น้ำตาลจากมีรสชาติเหมือนกับน้ำตาลโตนด และยังสามารถนำไปเคี่ยวเพื่อทำเป็นน้ำผึ้งจากและจะได้น้ำตาลปึกเมื่อเคี่ยว

ต่อไปก็จะได้เป็นตังเมซึ่งเป็นขนมที่เด็กจะชอบกันมากหรือจะนำไปหมักเพื่อเป็นน้ำส้มจากก็ได้เช่นกัน โดยน้ำส้มจากเมื่อนำไปหมักผสมกับอาหารกุ้งก็จะช่วยทำให้น้ำในบ่อกุ้งไม่เน่าเสีย

7) งวงจากหนุ่ม สามารถนำมาใช้ทำเป็นไม้กวาด หรือทำเป็นแส้สำหรับปัดแมลงได้ หรือทำชดหรือแปรงล้างกระบอกตาลตอนทำน้ำตาลจาก

8) ใบจากสามารถนำมาใช้ห่อขนมจาก ใช้ทำแมงดากันฝน ทำเป็นของเล่นหรือลูกโตน ส่วนใบแก่จะเย็บเป็นตับจากแล้วนำมาใช้มุงหลังคาหรือใช้กั้นฝาบ้านได้ หรือทำกระแชงที่มีลักษณะคล้ายกับเต็นท์ แถมยังกันความร้อนได้ดีกว่าเต็นท์อีกด้วย หรือนำมาทำเป็นเพิงสำหรับอาศัยพักผ่อนของชาวไร่ชาวสวน ใช้ทำเป็นหมวกที่เรียกว่า เปี้ยวหรือจะใช้กันแดดกันฝนบนเรือแจวก็ได้ นอกจากนี้ยังนำมาใช้ทำฝาชีสำหรับครอบกับข้าว หรือทำเป็นฝาชี้งสำหรับนึ่งอาหาร เพราะใบจากจะทนทานต่อความร้อนได้ดี เปรียบเสมือนฉนวนกันความร้อน ส่วนก้านใบที่ลิดใบแล้วใช้ทำไม้กวาด

9) ใบอ่อนที่เพิ่งแตกยอดใช้ทำมวนบุหรี่สูบ ตอกบิด ห่อขนมจาก นอกจากนี้ยังใช้ทำที่ตักน้ำที่เรียกว่า หมาจากสำหรับใช้วิดน้ำในเรือได้ แถมยังดีกว่าหมาวิดน้ำแบบอื่น ๆ เพราะหมาจากนั้นไม่กินเนื้อไม้ ทำให้เนื้อไม่มีเสีย เรือไม่ทะลุ

10) พอนจาก หรือ ปงจาก ใช้ทำเป็นทุ่นสำหรับเกาะตอนว่ายน้ำเพื่อไม่ให้จม หรือนำไปทำเป็นของเล่นสำหรับเด็ก เช่น ทำเป็นดาบ ปืน เรือ ฯลฯ นอกจากนี้ส่วนที่เหนือขึ้นไปเล็กน้อยของพอนจากก็สามารถนำมาตัดทำเป็นไม้ดอกตีเงี่ยงปลาสำหรับชาวประมงได้ด้วย (โดยเลือกตัดเอาเฉพาะพอนจากที่มีขนาดพอดีมือ) หรือนำมาใช้ทำเป็นถ่านก็ได้

11) ทางจาก สามารถนำมาทำปลอกสำหรับแจวเรือได้ โดยมีข้อดีกว่าปลอกแจวแบบเป็นเชือกไนลอนคือจะมีความเหนียวกว่า แต่ก็มีข้อเสียคือไม่ทนทานเท่าไหร่นัก นอกจากนี้ยังใช้ทำตับจากได้อีก แต่นำมาใช้ได้เพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะไม่แข็งแรง ส่วนของทางจากแก่นำมาทำเป็นตะแกรงสำหรับย่างปลาอีกด้วย (ต้นจากมากประโยชน์; phunphin.suratthani.doae.go.th)

2.4 ประเภทของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง คือ สารซึ่งเมื่อเผาไหม้แล้วให้พลังงานความร้อนออกมาในปริมาณที่สูงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ และอัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเกิดการเผาไหม้อยู่ในระดับที่ควบคุมได้ โดยสามารถแบ่งเชื้อเพลิงออกได้เป็น 3 ชนิดดังต่อไปนี้

2.4.1 เชื้อเพลิงเหลว

เชื้อเพลิงที่มีสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ เชื้อเพลิงประเภทนี้ได้แก่ น้ำมันที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม น้ำมันจากพืช น้ำมันจากสัตว์ เป็นต้นเชื้อเพลิงเหลวเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้มากในประเทศไทยโดยจะนิยมใช้กับยานพาหนะและโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพราะสะดวกต่อการใช้งานและให้ค่าทางความร้อนสูง เชื้อเพลิงเหลวที่ใช้กันส่วนมากจะได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา เป็นต้น สำหรับเชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากพืชผลทางการเกษตร เช่น การผลิตไบโอดีเซล การสกัดน้ำมันจากเมล็ดสบู่ดำ เป็นต้น

2.4.2 เชื้อเพลิงก๊าซ

เชื้อเพลิงที่มีสถานะที่เป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติ หรืออาจหมายถึงก๊าซทุกชนิดที่สามารถนำมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดการเผาไหม้ทำให้ได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เชื้อเพลิงประเภทนี้จะมีสารไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และก๊าซแต่ละชนิดจะให้ความร้อนจากการเผาไหม้ที่ไม่เท่ากัน เช่น ก๊าซชีวมวล ก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซ เอ็น.จี.วี. ก๊าซแอล.พี.จี. เป็นต้น

2.4.3 เชื้อเพลิงแข็ง

เชื้อเพลิงแข็งมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติ และประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน และเถ้า เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา โดยปกติเมื่อเกิดเผาไหม้คาร์บอนจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนไฮโดรเจนเมื่อเกิดการเผาไหม้จะได้น้ำ เชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากธรรมชาติได้แก่ ถ่านหิน หินน้ำมัน ถ่านไม้ ถ่านโค้ก แกลบ ขี้เลื่อย ชานอ้อย ฟาง เศษวัสดุต่าง ๆ เป็นถ่านที่นำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ส่วนใหญ่ใช้ในครัวเรือน เป็นต้น

2.4.3.1 ประเภทของเชื้อเพลิงแข็ง

1) ถ่านหิน คือ หินตะกอนชนิดหนึ่งและเป็นแร่ที่สามารถติดไฟได้มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีดำมีทั้งชนิดผิวมันและผิวด้าน น้ำหนักเบา ถ่านหินประกอบด้วยธาตุที่สำคัญ 4 อย่าง ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน นอกจากนั้น มีธาตุหรือสารอื่น เช่น กำมะถันเจือปนเล็กน้อย ถ่านหินที่มีจำนวนคาร์บอนสูงและมีธาตุอื่น ๆ ต่ำ เมื่อนำมาเผาจะให้ความร้อนมากถือว่าเป็นถ่านหินคุณภาพดี

2) ถ่านโค้ก เป็นถ่านที่ผลิตจากการเผาถ่านหินบิทูมินัสในที่ที่มีอากาศน้อยมาก เพื่อลดปริมาณเถ้าและเพิ่มสัดส่วนของคาร์บอน

3) ถ่านไม้ เป็นถ่านที่ผลิตจากไม้โดยขบวนการให้ความร้อนเพียงเล็กน้อยเพื่อให้กลายสภาพเป็นคาร์บอน ถ่านไม้จะถูกใช้แทนถ่านหินในประเทศที่มีไม้มากแต่ไม่มีถ่านหิน ถ่านไม้จะถูกนำมาเป็นถ่านในการทำอาหารหรือทำเป็นถ่านอื่น ๆ ส่วนประกอบของแร่ธาตุและสารต่าง ๆ จะระเหยออกมาอยู่ในรูปของไอร้อนและควัน เป็นต้น

4) หินน้ำมัน คือ หินตะกอนชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยอินทรียวัตถุในรูปของสารที่เรียกว่า คีโรเจน เมื่อคีโรเจนถูกทำให้ร้อนประมาณ 500 องศาเซลเซียส จะให้น้ำมันและก๊าซไฮโดรคาร์บอนออกมา สำหรับการเกิดของหินน้ำมันนั้นเกิดจากพวกพืชและสัตว์ที่ตายแล้วซึ่งได้สะสมรวมกันกับเศษหินดินทรายต่าง ๆ อยู่ในที่ที่เคยเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ทั่วไปมาก่อน เมื่อเวลาได้ผ่านไปนานนับล้านปีพวกอินทรียวัตถุอันได้แก่ ซากพืชและสัตว์ต่าง ๆ ดังกล่าวนั้นก็จะแปรสภาพเป็นสารคล้ายยางเหนียว ๆ ส่วนเศษหินดินทรายต่าง ๆ ซึ่งมีสารคีโรเจนอยู่ด้วยนี้ก็แปรสภาพเป็นหิน
(ประเภทเชื้อเพลิง;
http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Combution_and_Cogeneration/content/content_1_1/body1_1.htm)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการทำถ่านอัดแท่งจึงศึกษาเพียงถ่านอัดแข็งชนิดเดียว ถ่านแข็ง คือ ถ่านที่มีสภาพเป็นของแข็งเมื่ออุณหภูมิปกติ ได้แก่ ถ่าน ไม้ วัชพืชต่าง ๆ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แห้งแล้วสามารถจุดไฟได้ จึงนำไปใช้เป็นถ่าน แต่วัสดุบางประเภทมีลักษณะทางกายภาพไม่เหมาะสม เช่น ชานอ้อย ฟาง หญ้าแห้ง ฯลฯ เมื่อนำไปใช้งานจะจุดติดไฟได้ แต่การเผาไหม้เร็วไม่เหมาะสมในการหุงต้มอาหาร ต้องนำไปผ่านการอัดแท่งเสียก่อนจึงจะสามารถใช้แทนถ่านได้ การนำเอาเศษเหลือใช้ต่าง ๆ มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงนั้น ควรจะนำมาอัดให้แน่นเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อสะดวกในการใช้งาน การเก็บรักษา และการเผาไหม้ที่สม่ำเสมอขึ้น (ธำรงค์ โชตะมัง และสุจิตต์ สนองคุณ, 2545)

2.5 ถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่นำผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยอาศัยความร้อนจากเปลวไฟ ในสภาวะที่ปราศจากก๊าซออกซิเจนที่เป็นตัวทำให้เกิดการเผาไหม้ การลุกติดไฟ ไม้ที่ได้รับความร้อนจนความชื้นและสารต่าง ๆ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส จะเกิดการระเหยและสลายตัวออกไปจากเนื้อไม้ จะเหลือแต่ส่วนที่เป็นคาร์บอน ไม้จึงเปลี่ยนเป็นสีดำ เก็บไว้ใช้ได้นานไม่มีปัญหาจากปลวกและมอดมากินไม้เนื่องจากอาหารของปลวกถูกสลายไป สามารถใช้งานเป็นเชื้อเพลิงในด้านต่าง ๆ รวมทั้งมีคุณสมบัติพิเศษในการใช้งานอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลายเมื่อมีการเผาด้วยอุณหภูมิสูง ถ่านที่ดีลักษณะภายนอกจะมีความแข็งแกร่งและหนัก หักแล้วมีความมันวาว เคาะกันแล้วมีเสียงดังกังวาน เมื่อใช้งานจะไม่มีควัน โดยปกติในเนื้อไม้ที่มาใช้เผาถ่าน 1 ตันจะมีน้ำมันดินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งเป็นส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ น้ำมันดินที่ละลายน้ำ 190 กรัมและน้ำมันดินที่ไม่ละลายน้ำ 50 กรัม ซึ่งหากเป็นถ่านที่ไม่ได้เผาด้วยอุณหภูมิสูงจะมีน้ำมันดินปนอยู่ เมื่อนำถ่านนั้นไปทำการปิ้งย่างน้ำมันดินก็จะระเหยออกจากถ่านเมื่อโดนความร้อน และจะเกาะติดกับไขมันของเนื้อสัตว์ เมื่อเราบริโภคเข้าไปจะทำให้ได้รับสารก่อมะเร็งเข้าไปด้วย น้ำมันดินจะเริ่มระเหยออกจากไม้ที่อุณหภูมิ 425 องศาเซลเซียสขึ้นไป โดยปกติก็จะทำการเผาให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิด้านล่างเตาที่ 450 องศาเซลเซียส และด้านบนเตา 700 องศาเซลเซียส ก็จะแน่ใจได้ว่าน้ำมันดินจะถูกขจัดออกจากถ่านที่ทำการเผาจนหมด (ถ่านของดำ ๆ ที่ไม่ธรรมดา; http://www.thairath.co.th/)

หลักการการเผาถ่าน คือ กระบวนการเปลี่ยนให้ไม้กลายเป็นถ่าน ซึ่งจำแนกขั้นตอนการเผาออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

2.5.1 การไล่ความชื้น

การไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 20 - 270 องศาเซลเซียส โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

2.5.1.1 ช่วงที่ 1 อุณหภูมิ 20 - 180 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่มีการให้ความร้อนเพื่อไล่ความชื้นซึ่งก็คือน้ำที่อยู่ภายในเนื้อไม้ออกมาด้วย ลักษณะควันจะเป็นสีขาวปนสีน้ำเงินอ่อน

2.5.1.2 ช่วงที่ 2 อุณหภูมิ 180 - 270 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวจนหมดที่อุณหภูมิ 260 องศาเซลเซียส การจะทำให้ความร้อนใกล้เคียงกันทั่วทุกจุดของเตา ต้องพยายามรักษาอุณหภูมิให้อยู่ที่ 260 องศาเซลเซียส ให้ได้นานควันช่วงนี้จะมีสีเหลืองจาง

2.5.2 การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน

การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่านอุณหภูมิ 270 – 400 องศาเซลเซียส โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

2.5.2.1 ช่วงที่ 1 อุณหภูมิ 270 - 300 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่ไม่ต้องเติมฟืนหน้าเตาแล้ว เตาจะมีความร้อนสะสมพอที่จะคลายความร้อนได้ เป็นการสลายตัวด้วยความร้อนที่สะสมไว้ในตัวเองที่อุณหภูมิ 275 องศาเซลเซียส และเซลลูโลสมีการสลายตัว ควันจะมีสีขาวอมเหลืองกลิ่นฉุน จากนั้นควันจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเทาช่วงนี้จะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เป็นเวลานาน

2.5.2.2 ช่วงที่ 2 อุณหภูมิ 300 - 400 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้สิ้นสุดที่ 400 องศาเซลเซียส เซลลูโลสจะมีการสลายตัวต่อเนื่อง และที่ 310 องศาเซลเซียส ลิกนิน จะเริ่มสลายตัว

2.5.3 การทำถ่านให้บริสุทธิ์

ถ่านจะสามารถใช้เป็นถ่านได้เมื่อเผาเสร็จที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสแล้วแต่ยังมีน้ำมันดิน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งอยู่ รวมทั้งค่าคาร์บอนเสถียรยังต่ำอยู่อุณหภูมิพื้นเตาประมาณ 500 องศาเซลเซียส ควันจะมีสีเริ่มใสจะต้องทำการปิดช่องอากาศเข้า ความร้อนจะมีการถ่ายเทลงมาที่พื้นอุณหภูมิก็จะใกล้เคียงกันที่ 500 องศาเซลเซียส

2.5.4 การทำให้เย็น

ก่อนจะนำถ่านไม้มาใช้งานต้องปิดปล่องเตาทุกปล่องปล่อยให้ถ่านเย็นจนอุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส

เตาเผาถ่านสำหรับผลิตถ่านคุณภาพสูง มีคุณสมบัติที่สมบูรณ์ และปลอดจากสารก่อมะเร็ง จะต้องเป็นเตาเผาถ่านที่สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงเกิน 1,000 องศาเซลเซียส โดยที่ตัวเตาต้องออกแบบมาให้สามารถทนต่อความร้อนสูงที่เกิดขึ้นได้รวมทั้งมีระบบการหมุนเวียนความร้อนภายในได้ดี (การเผาถ่าน; http://www.charcoalthai.com/การเผาถ่านคุณภาพ/การเผาถ่านคุณภาพ.html)

2.6 ลักษณะของเตาเผาถ่าน

กระบวนการเผาถ่าน ในปัจจุบันมีการพัฒนาปรับปรุงเตาเผาถ่านเพื่อให้เกิดการสูญเสียผลผลิตถ่านน้อยลงและได้ถ่านที่มากขึ้น เตาเผาถ่านที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

2.6.1 เตาเผาถ่านด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตรแบบนอน (ภาพที่ 2-8)

เตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบนอนเป็นเตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูง โดยอาศัยความร้อนไล่ความชื้นในเนื้อไม้ที่มีอยู่ในเตาเพื่อทำให้ไม้กลายเป็นถ่านหรือเรียกว่ากระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น โครงสร้างปิดของถังทำให้ควบคุมปริมาณอากาศได้การลุกติดไฟของเนื้อไม้จึงไม่เกิดขึ้น ผลผลิตที่ได้จึงเป็นถ่านที่มีคุณภาพมีขี้เถ้าน้อย ลักษณะเด่นออกแบบให้มีการเผาไหม้ที่ดีและสมบูรณ์ เคลื่อนย้ายสะดวก มีความง่ายต่อการเก็บรักษา ได้ถ่านที่มีคุณภาพ การประกอบและการสร้างไม่ซับซ้อน ง่ายในการติดตั้ง มีอายุการใช้งานได้นาน ราคาถูกและไม่เลือกประเภทไม้ และผลพลอยได้จากกระบวนการเผาถ่านอีกอย่างหนึ่งคือ น้ำส้มควันไม้ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรกรรมได้ (เตาเผาถ่าน; http://technology.thaiza.com/เตาเผาถ่าน-200-ลิตร/313311/)

2.6.2 เตาเผาถ่านด้วยถังน้ำมัน 200 ลิตรแบบตั้ง (ภาพที่ 2-9)

เตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบตั้งเป็นเตาเผาถ่านแบบประหยัดพลังงาน ชนิดมีปล่องขนานข้างเตา เป็นเตาซึ่งประดิษฐ์ขึ้นจากวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น โดยได้ปรับปรุงและพัฒนาจนมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดียิ่งขึ้น ทำให้ถ่านที่ผลิตได้มีคุณภาพดี ประหยัดเวลา และที่สำคัญสร้างประกอบง่าย ราคาถูก เคลื่อนย้ายสะดวกเหมาะสำหรับครัวเรือนในชนบทที่มีการใช้ถ่านเป็นพลังงานในการหุงต้มประกอบอาหาร อีกทั้งมีผลพลอยได้ คือ น้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่าน สำหรับนำไปใช้เป็นยาฆ่าแมลงกำจัดศัตรูพืช (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547)

ภาพที่ 2-8 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรแบบนอน

ที่มา: http://technology.thaiza.com/เตาเผาถ่าน-200-ลิตร/313311/

ภาพที่ 2-9 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรแบบตั้ง

ที่มา: http://www.nanagarden.com/Picture/Product/400/241619.jpg

2.7 ถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่ง คือ วัสดุที่สามารถให้ความร้อนที่มีลักษณะเป็นแท่ง หรือถ่านที่นำมาขึ้นรูปเป็นแท่งเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน

ถ่านอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่นำเอาวัสดุเหลือทิ้งและกากของเสียนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้ทดแทนไม้ฟืนและถ่าน วัสดุเหลือทิ้งพวกชีวมวลจากพืช หรือของเหลือทิ้งจากการเกษตร สามารถเปลี่ยนลักษณะใหม่เป็นถ่านที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดแท่งที่มีความแน่นสูง เนื่องจากวัสดุทางการเกษตร ก่อนอัดแท่งมีความหนาแน่นต่ำ มีปริมาณมากไม่สะดวกต่อการขนส่ง และการเก็บรักษา เมื่อนำมาอัดแท่งจะมีปริมาตรลดลงและมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง การเก็บรักษา และมีความเหมาะสมต่อการเป็นถ่าน พบว่าถ่านอัดแท่งส่วนใหญ่จะให้ความร้อนที่สูงกว่าไม้ฟืนทั่วไปและลุกไหม้ได้นานกว่าไม้ฟืน (จุฑามาศ บุษราคัมวดี, 2547)

2.7.1 ขั้นตอนการอัดถ่านอัดแท่ง

วัสดุที่นำมาอัดถ่านอัดแท่ง ทั้งที่ต้องผสมตัวประสานหรือไม่ใช้ตัวประสาน โดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนในการอัดแท่งของถ่านอัดแท่ง ดังนี้

2.7.1.1 การบด (Grinding) เพื่อให้วัสดุมีขนาดเล็กลงทำให้การอัดยึดติดเป็นก้อนทำได้ง่ายขึ้น

2.7.1.2 การอบ (Drying) วัสดุที่ผ่านการบดแล้วจะถูกอบให้มีความชื้นที่เหมาะสมในการอัดก้อน ถ้ามีความชื้นมากเกินไป ถ่านอัดแท่งจะแตกเมื่อสูญเสียความชื้น

2.7.1.3 การผสม (Mixing) การผสมวัสดุกับตัวประสานและสารเคมีต่าง ๆ เพื่อให้อัดถ่านเป็นแท่งได้ โดยที่เวลาในการผสมจะต้องมากพอที่จะผสมสารต่าง ๆ ให้มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน

2.7.1.4 การขึ้นรูป (Pressing) ส่วนผสมจะถูกใส่เข้าไปในเครื่องอัด แรงในการอัดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดและกระบวนการในการอัด ดังนั้นคุณภาพของถ่านที่ได้จึงขึ้นกับแรงอัดและระยะเวลาที่ใช้การอัด (วนิดา จาดดำ, 2548)

2.7.2 วิธีการอัดแท่ง

การอัดแท่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี

2.7.2.1 การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่ง วัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน ขณะนี้มี 2 ชนิด คือ แกลบ และขี้เลื่อย เพราะวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของ

วัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2.7.2.2 การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่น ๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน ถ้าวัสดุใดมีขนาดใหญ่ เช่น เปลือกทุเรียน, เปลือกลูกจากเมื่อผ่านการเผาแล้ว ต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันในอัตราส่วนตามที่ต้องการซึ่งรูปแบบการอัดแบบนี้แบ่งได้ 2 แบบคือ

1) แบบไม่ใช้ตัวประสาน จะใช้วัสดุชนิดเดียวอัดตัวมันเองให้เป็นแท่ง โดยวัสดุนี้จะสามารถจับติดกันหรือประสานตัวมันเองได้ เช่น การอัดผักตบชวาเป็นต้น

2) แบบใช้ตัวประสาน เป็นการอัดที่ใช้วัสดุชนิดอื่นเป็นตัวประสาน เรียกว่าตัวเชื่อมประสาน (Binder) เพราะตัวมันเองไม่มีเส้นใยหรือยางเหนียวเพียงพอที่จะจับตัวได้ เช่น การอัดฟางข้าวผสมกับตะกอนน้ำเสีย การอัดเปลือกทุเรียนผสมกับผักตบชวา ซึ่งตัวประสานที่ผสมมีทั้งที่สามารถให้ความร้อนและที่ผสมเพื่อให้การจับตัวดีขึ้น เช่น ซีเมนต์ ดินเหนียว และแป้งเปียก (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553)

2.7.3 ความสำคัญของรูตรงกลางของถ่านอัดแท่ง

การที่ถ่านอัดแท่งต้องมีรูตรงกลาง (ภาพที่ 2-10) มีจุดประสงค์เพื่อให้ถ่านเกิดการถ่ายเทความร้อนไปทั่วทั้งก้อน ทำให้ไฟแรง ความร้อนสูง และติดไฟทั่วกันทั้งก้อน เหมาะสำหรับการทำอาหารประเภทปิ้ง ย่าง ต้องการไฟแรง ๆ สำหรับเรื่องรูตรงกลางของถ่าน จะรูเล็กหรือว่ารูใหญ่แล้วแต่ความถนัดของผู้ผลิตถ่านแต่ละราย แต่ถ่านที่มีรูตรงกลางใหญ่เกินไปจะทำให้ถ่านมอดและดับได้ไวเกินไป เพราะฉะนั้นต้องดูขนาดรูที่เหมาะสม เพื่อให้ถ่านอัดแท่งมีคุณภาพดีที่สุด(ถ่านอัดแท่ง;http://www.charcoalthais.com/news/389003/html)

ภาพที่ 2-10 รูตรงกลางของถ่านอัดแท่ง

ที่มา: http://igetweb.com/www/charcoalthais/news/389003_150326072043.jpg

2.7.4 ตัวอย่างถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งประเภทหลัก ๆ เช่น ขี้เลื่อย กากอ้อย แกลบ ขุยมะพร้าว กะลามะพร้าวและซังข้าวโพด วัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปเป็นถ่านพลังงานทดแทนได้ดังต่อไปนี้

2.7.4.1 ถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย

การผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อยมี 2 วิธี คือ

1) การอัดร้อน เป็นการอัดวัสดุโดยที่วัสดุไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านมาก่อน เมื่ออัดเป็นแท่งเสร็จแล้ว ค่อยนำเข้าเตาให้เป็นถ่านอีกครั้งหนึ่งวัสดุที่สามารถผลิตโดยวิธีการอัดร้อน เมื่อโดนอัดด้วยความร้อน จะมีสารในเนื้อของวัสดุยึดตัวมันเอง จึงทำให้สามารถยึดเกาะเป็นแท่งได้ โดยที่ไม่ต้องใช้ตัวประสาน โดยที่เครื่องอัดต้องเป็นเครื่องอัดชนิดอัดร้อน ซึ่งราคาค่อนข้างสูง

2) การอัดเย็น เป็นการอัดวัสดุที่เผาถ่านมาแล้ว แล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือวัสดุประสานอื่น ๆ โดยทั่วไปจะเป็นแป้งมัน เมื่อผ่านการเผาแล้วต้องมีเครื่องบดให้ละเอียดก่อน แล้วค่อยนำมาผสมกับแป้งมันและนำอัดในอัตราส่วนตามที่ต้องการ (วิธีการอัดถ่านอัดแท่ง; https://sarew1313.wordpress.com)

ภาพที่ 2-11 แสดงการใช้ขี้เลื่อยเป็นถ่านสำหรับเผาให้ความร้อน

ที่มา: http://www2.dede.go.th

2.7.4.2 ถ่านอัดแท่งจากแกลบ

แกลบที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบได้ต้องเป็นแกลบที่แห้งสนิทไม่มีความชื้น (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10) แกลบส่วนใหญ่ที่นำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง จะนำมาจากไซโลเก็บแกลบ ซึ่งจะแห้งและมีความชื้นต่ำ สามารถนำมาใช้อัดได้ในทันที ส่วนที่ตากไว้ตามลานปูนนั้นไม่สามารถนำมาใช้ผลิตถ่านอัดแท่งได้ เพราะจะโดนทั้งฝนและน้ำค้าง ซึ่งทำให้แกลบนั้นมีความชื้นสูงไม่มีคุณสมบัติพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้จำต้องนำแกลบไปอบไล่ความชื้นใหม่ อาจใช้วิธีเดียวกันกับการอบข้าวหรือว่านำไปอบด้วยเตาโรตารี่ก็ได้ เพื่อให้ได้แกลบที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 เหมือนที่ออกมาจากไซโลเก็บแกลบ สำหรับแกลบที่นำออกมาจากไซโลเก็บแกลบนั้น สามารถนำไปเข้าเครื่องอัดแกลบ แล้วอัดออกมาเป็นแท่งฟืนจากแกลบได้เลยโดยไม่ต้องนำไปอบไล่ความชื้นก่อนเพราะแกลบที่ออกมาจากกระบวนการสีข้าว จะไม่มีความชื้นและไม่ต้องร่อนคัดขนาดเหมือนขี้เลื่อย เพราะขนาดของแกลบเท่ากันหรือว่าใกล้เคียงกันทุกเม็ด

1) วิธีการเผาแกลบอัดแท่งให้เป็นถ่าน

การนำแท่งฟืนไปเผาเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบ มีหลากหลายวิธีการเผามาก ไม่ว่าจะเป็นการเผาด้วยวิธี เผาด้วยถัง 200 ลิตร เผาด้วยเตาอิฐก่อ ของกรมป่าไม้ หรือเตาหลุมได้ทั้งหมด จะเลือกใช้วิธีไหนก็ได้ทั้งนั้น ขั้นตอนการเผาก็เหมือนกับการเผาไม้

2) ขบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบ

2.1) นำแกลบที่ออกมาจากไซโลเก็บแกลบเข้าเครื่องอัดแท่งแกลบ

2.2) เครื่องอัดแท่งแกลบอัดแกลบออกมาเป็นแท่งฟืนจากแกลบ

2.3) นำแท่งฟืนขี้เลื่อยไปเผาเป็นถ่านอัดแท่งจากแกลบ

2.5) บรรจุ เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป

เมื่อเทียบกับถ่านจากกะลามะพร้าวและถ่านจากขี้เลื่อยแล้ว จะได้ความแข็งแรง ความทนทาน ความหนาแน่นของถ่านใกล้เคียงกัน

(ถ่านอัดแท่งจากแกลบ;http://www.doungdeekankasat.com)

ภาพที่ 2-12 แสดงการใช้แกลบเป็นถ่านสำหรับเผาให้ความร้อน

ที่มา: http://www2.dede.go.th

2.7.4.3 ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว

ชนิดถ่านที่ให้ความร้อนสูงและมีคุณภาพอีกหนึ่งชนิด คือถ่านจากกะลามะพร้าว ถ่านกะลามะพร้าวอัดเป็นถ่านที่ใช้ในการหุงต้ม ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร หรือเศษถ่าน โดยมีแป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาลหรือส่าเหล้า อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นตัวประสาน ทำให้เศษถ่านยึดติดกันขึ้นรูปได้ โดยใช้เครื่องอัดถ่านอัดแท่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ขึ้นรูป มีทั้งแบบใช้เครื่องกดและแบบที่ใช้จากคนเป็นต้นกำลังส่งแรงอัดไปยังกระบอกอัดแบบลูกสูบและในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กก็จะใช้เครื่องจักรทั้งหมดโดยปกติเกษตรกรปลูกมะพร้าวเพื่อจำหน่ายผลเป็นส่วนใหญ่ มีนักธุรกิจที่เล็งเห็นประโยชน์จากผลผลิตของมะพร้าว บางกลุ่มเริ่มนำกาบมะพร้าวมาทำเป็นใยมะพร้าว ส่งจำหน่ายโรงงานผลิตเครื่องใช้ต่างๆ อีกมากมาย ส่วนกะลามะพร้าวที่ได้นำเนื้อเยื่อไปทำประโยชน์อย่างอื่นแล้ว กะลายังถูกทิ้งขว้างเป็นมลภาวะที่มีปัญหาต่อชุมชน เพราะย่อยสลายยาก

1) ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว

1.1) เริ่มจากการเผากะลามะพร้าวให้เป็นถ่าน โดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ก่อนเผาต้องคัดกะลามะพร้าวไม่ให้มีเศษวัสดุอื่นเจือปน จะทำให้ถ่านไม่มีคุณภาพ

1.2) นำถ่านที่ได้จากการเผาแล้วนำไปบด โดยบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ เนื้อถ่านที่ต้องมีคาร์บอนคงตัวไม่ต่ำกว่าร้อยละ 82

1.3) หลังจากบดถ่านเสร็จแล้ว นำเข้าเครื่องผสมโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานร้อยละ10 และเติมน้ำสะอาดร้อยละ 8 เพื่อที่จะให้ส่วนผสมทุกส่วนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้มือหยิบดูว่าส่วนผสมเข้ากันหรือยังถ้ายังไม่เข้ากัน ใช้เครื่องผสมช่วย สาเหตุที่ต้องใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับถ่านกะลาเนื่องจากจะทำให้เกิดภาวการณ์เกาะตัวกัน

1.4) นำถ่านที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัดแท่ง เป็นเครื่องอัดเกลียวชนิดสกรูแรงดันสูงที่ 1,100 – 1,700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้ได้ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเผาไหม้ไม่สิ้นเปลือง ส่วนที่เหลือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก (ถ่านกะลามะพร้าว ยังสามารถใช้ดับกลิ่นในตู้เย็นได้ดี) จัดเป็นรูปทรงกระบอกหกเหลี่ยม และมีรูกลวงตรงกลาง ขนาด 1 เซนติเมตร แล้วแต่ความต้องการของตลาด จากนั้นตัดเป็นท่อน ๆ ตามขนาดที่ต้องการใช้งาน

1.5) นำถ่านที่ตัดเป็นท่อน เข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ ประมาณ 12 – 15 ชั่วโมง โดยใช้ไม้ฟืนจากไม้ยางพาราเป็นถ่านในการอบหรือตากแดดประมาณ 8 วัน เป็นการไล่ความชื้นในขั้นสุดท้ายการตรวจสอบคุณภาพ โดยการสังเกตจากการใช้มือบีบถ่าน ถ้าแห้งสนิทจะบีบไม่แตก

(ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว; http://kanchanaburi.energy.go.th)

2.7.4.4 ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

ในพื้นที่หลายจังหวัดได้เป็นแหล่งปลูกข้าวโพดหวานและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แหล่งใหญ่ของจังหวัด ผลผลิตที่ได้หลังจากแกะเมล็ดแล้ว ซังข้าวโพดจึงเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและมีจำนวนมากถูกทิ้งโดยเปล่าประโยชน์และมีการเผาทำลายเพิ่มมากขึ้น การทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อแปรสภาพสิ่งของเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแทนการเผาทำลาย หรือปล่อยทิ้งไว้ให้เปล่าประโยชน์ สามารถลดรายจ่ายในเรื่องของพลังงาน ถ่านในขณะเดียวกันเกษตรกรในกลุ่มยังมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการผลิตถ่านอัดแท่งจำหน่ายช่วยให้ชุมชนสามารถได้พึ่งพาตนเองได้ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

1) ขั้นตอนการผลิต

1.1) นำซังข้าวโพดที่แกะเมล็ดออกแล้ว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดหวาน) มาเผาให้เป็นถ่าน นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด

1.2) ผสมซังข้าวโพดเผาบดละเอียดผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำ ตามอัตราส่วน ซังข้าวโพดบดละเอียด 10 ส่วน แป้งมันสำปะหลัง 1 ส่วน และน้ำ 7 ส่วน

1.3) นำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่องอัดถ่านเสร็จแล้วนำไปตากแดดประมาณ 3 - 4 แดด เพื่อไล่ความชื้นออกไปให้หมด จากนั้นก็นำไปใช้งานหรือบรรจุถุงจำหน่ายได้ (ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด; http://www.rakbankerd.com)

2.7.5 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

2.7.5.1 ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่

2.7.5.2 ปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ

2.7.5.3 ทนทานสามารถใช้งานได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 – 3 เท่า

2.7.5.4 ประหยัดเพราะใช้ได้นาน ไม่แตก และไม่ดับเมื่อติดแล้ว ทำให้ไม่มีการเสียเปล่าเนื่องจากถ่านจะเผาไหม้จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้า

2.7.5.5 ไม่แตกปะทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป

2.7.5.6 ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก

2.7.5.7 ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ ไม่ผสมสารเคมี

2.7.5.8 ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อย ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อย

2.7.5.9 ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบเนื่องจากความหนาแน่นของถ่านไม่เท่ากันทุกส่วนผสม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

2.7.6 มาตรฐานถ่านอัดแท่ง

2.7.6.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547ก, 1-3)

1) ขอบข่าย มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

2) บทนิยามความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มีดังต่อไปนี้

2.1) ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ไม้ กะลามะพร้าว ปาล์ม และซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็น

แท่งตามรูปทรงที่ต้องการหรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

2.2) ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

3) คุณลักษณะที่ต้องการของถ่านอัดแท่งชุมชน

3.1) ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกันมีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

3.2) การใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3.3) ความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก

3.4) ค่าความร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม

2.7.7 ข้อดีของถ่านอัดแท่ง

2.7.7.1 มีขนาดและรูปทรงเป็นแบบเดียวกัน สามารถใช้ป้อนเป็นถ่านในทางอุตสาหกรรมได้อย่างต่อเนื่อง

2.7.7.2 มีคุณสมบัติทางกายภาพและความร้อนที่สามารถใช้เป็นถ่านหุงต้มในครัวเรือนได้

2.7.7.3 ปราศจากมลภาวะ เนื่องจากไม่มีกำมะถัน ฟอสฟอรัส และขี้เถ้าปล่อยออกมาจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมมลภาวะที่มีราคาสูง

2.7.7.4 มีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

2.7.7.5 สะดวกต่อการเก็บและการใช้งาน

2.7.7.6 ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรธรรมชาติ จากการตัดไม้ทำลายป่า เพียงแต่ใช้เศษเหลือจากการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมาประยุกต์ (จุฑามาศ บุษราคัมวดี, 2547)

2.7.8 ข้อเสียของถ่านอัดแท่ง

2.7.8.1 การอัดแท่งจะใช้แรงดันสูง ทำให้ต้องใช้พลังงานสูงในขบวนการผลิตเป็นสาเหตุให้กระบอกอัดและสกรูสึกหรอได้ง่ายจากการขัดสี

2.7.8.2 ถ่านอัดแท่งเมื่อถูกน้ำหรืออากาศที่มีความชื้นสูงมักจะแตกร่วน (อาภาวดี เบ็จมธารกุล, 2546)

2.8 วิธีการอัดถ่านอัดแท่ง

การอัดถ่านอัดแท่งสามารถแบ่งได้ 2 วิธีการ ดังนี้

2.8.1 การอัดแท่งด้วยมือ

คือการนำเศษชีวมวล เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว นำไปเผาและบดให้เป็นผงละเอียด โดยมีแป้งมัน และกากน้ำตาลเป็นตัวประสาน เพื่อให้ถ่านจับตัวได้ดี แล้วนำไปใส่ลงในกระบอกแม่แบบ ซึ่งอาจจะทำมาจากกระบอกท่อเหล็ก หรือท่อ PVC เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 – 5 เซนติเมตร ใช้เหล็กกระทุ้งซึ่งเป็นเหล็กกลมปลายทู่ ยาวกว่ากระบอกแม่แบบนั้นหรือกระแทกพื้น จากนั้นก็คว่ำแม่แบบดันถ่านออกมาแล้วนำไปทำให้แห้ง โดยการนำไปตากแดดหรือใช้ความร้อนเป็นถ่านในการทำให้แห้ง (การอัดแท่งด้วยมือ; http://sarew1313.wordpress.com)

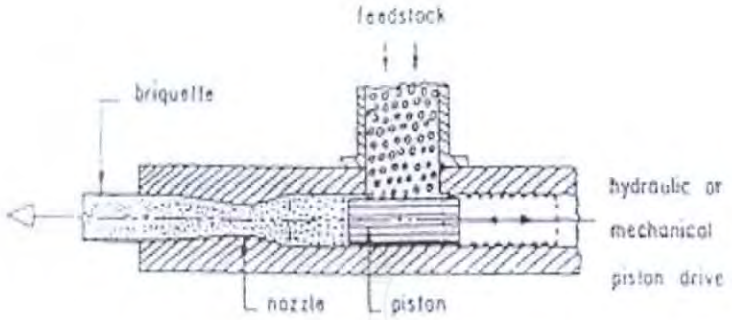
ภาพที่ 2-13 เครื่องอัดแท่งด้วยมือ

ที่มา: http://100tambol.qlf.or.th

2.8.2 เครื่องอัดถ่านอัดแท่ง

เครื่องสามารถแบ่งได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

2.8.2.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดแท่งออกมาเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 - 100 มิลลิเมตร เครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40 - 1000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไปคือ การขัดสีของกระบอกอัดและการแตกของลูกสูบ (ภาพที่ 2-14) (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)



ภาพที่ 2-14 เครื่องอัดแบบลูกสูบ

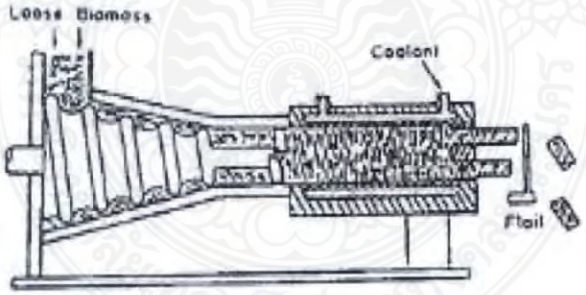
ที่มา: ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)

2.8.2.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) ในเครื่องอัดแบบเกลียว วัตถุดิบที่ใช้อัดจากช่องป้อน (Feed Hopper) ถูกส่งผ่านและอัดด้วยเกลียว แบ่งเครื่องอัดแบบนี้ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press) (ภาพที่ 2-15)

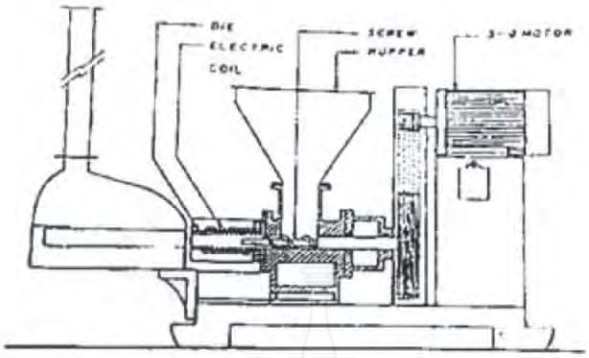
2) เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw Press With a Heated Die) ปัญหาใหญ่ของเครื่องอัดแบบนี้คือ การขัดสีของเกลียวและกระบอกอัด (ภาพที่ 2-16) (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)

3) เครื่องอัดแบบเกลียวคู่ (Twin-screw Press)



ภาพที่ 2-15 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย

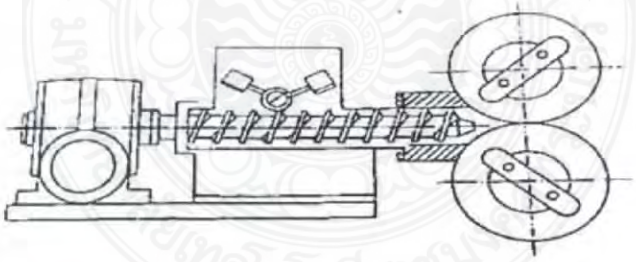
ที่มา: ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)



ภาพที่ 2-16 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวยพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด

ที่มา: ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)

2.8.2.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งนี้ มีการทำงานโดยจะเริ่มทำงานอัดวัตถุดิบที่ตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่หมุนทิศทางตรงกันข้าม ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่นเข้าไปในตัวรองรับแท่นอัด (Pillow-shaped Briquetted) การอัดแท่งแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่น และแท่งอัดที่ได้มีความทนทานน้อยกว่าแท่งอัดที่ได้จากการอัดแบบอื่น เนื่องจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้ยากต่อการสร้างสภาวะของอุณหภูมิแรงอัดในการหลอมละลายลินิน ได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการอัดแท่งด้วยวิธีนี้จะได้ผลสำเร็จดีจำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้าช่วยที่ทำให้วัสดุเกาะติดกันดี (ภาพที่ 2-17) (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)

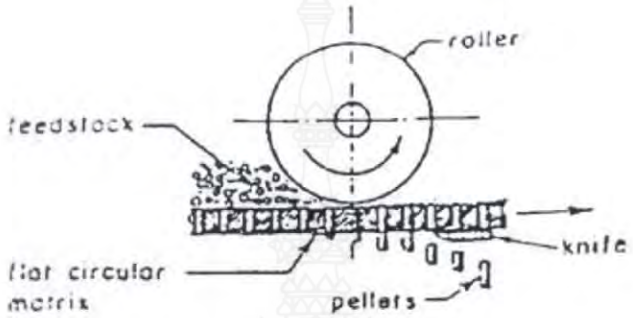


ภาพที่ 2-17 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง

ที่มา: ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)

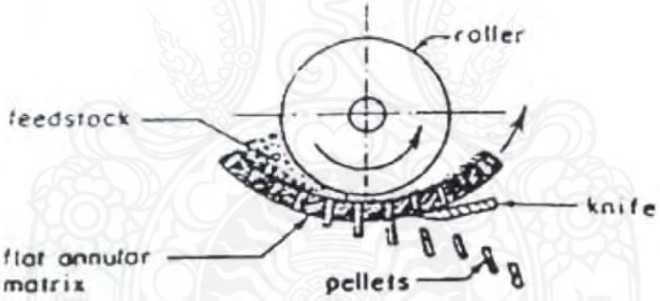
2.8.2.5 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pelletizing Press) เครื่องอัดแบบนี้ประกอบด้วยแม่พิมพ์ (Matrix) และลูกกลิ้ง (Roller) ซึ่งแรงอัดระหว่างแม่พิมพ์กับลูกกลิ้งทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสีและทำการอัดวัตถุดิบผ่านแม่พิมพ์ที่เจาะเป็นรูซึ่งมี 2 แบบคือ เครื่องอัดแบบ

แม่พิมพ์แผ่นกลม (Disk Matrix Press) และเครื่องอัดแม่พิมพ์วงแหวน (Ring Matrix Press) แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมาแล้วจะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดให้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 - 15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้แล้วจะใช้การอัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) แทนการอัดเม็ด (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)



ภาพที่ 2-18 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม

ที่มา: ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)



ภาพที่ 2-19 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน

ที่มา: ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)

2.9 ตัวประสาน (Binder)

ตัวประสานจะเป็นตัวกลางในการทำหน้าที่เพื่อสร้างแรงยึดเกาะระหว่างวัสดุ และลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้น นอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยว (Adhesive Force) ระหว่างอนุภาคสูงแล้วยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นผิวของถ่านอัดแท่งได้ทั่วถึงเพื่อให้การยึดเหนี่ยวเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น (จุฑามาศ บุษราคัมวดี, 2545) นอกจากนี้มูลค่าของตัวประสานอาจก่อให้ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจแก่

กระบวนการผลิตของอุสาหกรรมครัวเรือนได้ ดังนั้นจะต้องคำนึกถึงประเภทของตัวประสาน โดยจะต้องมีปริมาณมากและหาได้ง่ายในท้องถิ่น รวมถึงปริมาณของตัวประสานที่ใช้ควรมีค่าน้อยที่สุด แต่ยังคงอัดเป็นก้อนได้ ตัวประสานที่ใช้ในการอัดแท่งมีอยู่หลายชนิด (ธงชัย ประจักษ์สูตร์, 2547) สามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.9.1 ตัวประสานที่สามารถเผาได้ (Combustible Binders)

ตัวประสานที่เผาได้ เช่น น้ำมันดิน แป้ง (Starch) สาหร่าย (Algae) มูลสัตว์ เรซิน ธรรมชาติ (Natural Rasins) เรซินสังเคราะห์ (Synthetic Rasins) กากส่าเหล้า โมลาส เป็นต้น

2.9.2 ตัวประสานที่เผาไหม้ไม่ได้ (Non-combustible Binders)

ตัวประสานที่เผาไม่ได้ เช่น ดินขาว (Clay) โคลน (Mud) และซีเมนต์ (Cement) การผสมตัวประสานแบบเผาไหม้ไม่ได้จะไม่ช่วยให้พลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งมากขึ้น แต่ตัวประสานนี้อาจช่วยทำให้ระยะเวลาเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งนานขึ้นได้ อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบกับตัวประสานควรทำการวิเคราะห์โดยวิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) ในห้องปฏิบัติการก่อนที่จะนำมาใช้ผสม โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะต้องทำให้คุณสมบัติในการเผาไหม้ของถ่านได้ดีและเป็นเถ้าน้อย ตลอดจนต้องมีค่าความแข็งแรงเชิงกล และไม่ดูดความชื้น (ชมธิดา ชื่นนิยม, 2553)

2.10 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านถ่านอัดแท่ง

2.10.1 การประเมินคุณภาพและสมบัติของถ่าน

โดยทั่วไปถ่านอัดแท่งมีคุณลักษณะคล้ายฟืน มีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านมาก เวลาจุดมีควันน้อยถ้าใช้กับเตาปล่องจะช่วยลดควัน การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจะใช้องค์ประกอบสำคัญของถ่านเป็นหลักในการประเมินคุณภาพ ดังนี้ (ประทีป ปิ่นท้วม, 2538)

2.10.1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อถ่านอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งลดลง จุดไฟได้ยากและทำให้ถ่านอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย โดยที่ความชื้นที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่ง จะต้องไม่เกินร้อยละ 7

2.10.1.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ โดยส่วนใหญ่ชีวมวลจะมีปริมาณเถ้าต่ำ

2.10.1.3 สารระเหย (Volatile Matters) ปริมารสารระเหย คือส่วนของเนื้อถ่านอัดแท่งอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

2.10.1.4 คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือมวลของคาร์บอนที่เหลือในถ่านอัดแท่งหลังจากที่ระเหยเอาสารระเหยออกไปแล้ว ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

2.10.1.5 ค่าความร้อน (Heating Value) ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในถ่านอัดแท่ง

2.10.1.6 การแตกปะทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกปะทุขณะติดไฟจะเป็นที่รังเกียจของผู้ใช้อันดับหนึ่ง ดังนั้นถ่านที่มีคุณภาพดีจะไม่มีการแตกปะทุเลยหรือมีการแตกปะทุเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟ

2.10.1.7 น้ำหนักถ่าน ถ่านหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

2.10.1.8 ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรจะมีควัน และกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

2.10.1.9 ความแข็ง ถ่านที่มีความแข็งจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้สะดวกต่อการใช้ การขนส่งและการเก็บรักษา

2.10.1.10 การดูดซับกลิ่น โดยกลไกในการดูดซับนั้นเกิดจากรูพรุนของตัวถ่านที่สามารถจะดูดซับสารเคมีที่มีกลิ่น ซึ่งส่วนมากนั้นจะมีสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอนอยู่ ซึ่งสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอนนี้จะถูกจับติดอยู่ที่รูพรุนทำให้กลิ่นต่าง ๆ จางหายไป นอกจากนี้ ถ่านบางชนิดยังมีส่วนประกอบของจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นประโยชน์ที่จะช่วยดูดซับกลิ่นและฆ่าเชื้อโรคได้ (ถ่านดูดกลิ่นได้อย่างไร; http://www.xn--12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.com)

ถ่านที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูง แต่มีสารระเหยและปริมาณเถ้าต่ำ ถ่านที่มีค่าความชื้นสูงจะมีผลทำให้ค่าความร้อนต่ำ ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี (ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2544)

2.10.2 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 นำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ปริมาณความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

2.10.2.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

1) เครื่องมือ

1.1) ตู้อบ

1.2) โถดูดความชื้น

1.3) ถ้วยทนไฟ

1.4) เครื่องชั่ง

2) วิธีการทดลอง

2.1) นำถ้วยทนไฟไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

2.2) ใส่ตัวอย่าง 10กรัม จากนั้นไปชั่งน้ำหนัก (W1)

2.3) นำไปเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 20 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

3) การคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น

$$M = \frac{(W1 - W2)}{W} \times 100$$

M = ร้อยละปริมาณความชื้น

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

2.10.3 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700 - 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของเถ้าที่เหลือ จึงนำมาชั่งน้ำหนัก

2.10.3.1 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

1) เครื่องมือ

1.1) ตู้อบ

1.2) เตาเผา

1.3) โถดูดความชื้น

1.4) ถ้วยทนไฟ

1.5) เครื่องชั่ง

2) วิธีการทดลอง

2.1) นำถ้วยทนไฟไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

2.2) ใส่ตัวอย่าง 10กรัม จากนั้นไปชั่งน้ำหนัก (W3)

2.3) นำไปเข้าเตาเผา ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 20 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W4)

3) การคำนวณหาค่าปริมาณเถ้า

$$M = \frac{(W3 - W4)}{W} \times 100$$

M = ร้อยละปริมาณเถ้า

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

2.10.4 การหาปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

ปริมาณสารระเหยหาได้โดยตั้งเตาที่อุณหภูมิ 930 – 970 องศาเซลเซียส นำถ้วยทนไฟ (Crucible) ไปเผาประมาณ 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W) แล้วชั่งตัวอย่าง 1 กรัม บดให้มีความละเอียด 250 ไมครอน (ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60) ใส่ในถ้วยทนไฟ แล้วปิดฝานำใส่ลงในเตาเผา 7 – 10 นาที แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาที นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น 30 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

2.10.4.1 การหาปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

1) เครื่องมือ

1.1) ตู้อบ

1.2) เตาเผา

1.3) โถดูดความชื้น

1.4) ถ้วยทนไฟ

1.5) เครื่องชั่ง

2) วิธีการทดลอง

2.1) นำถ้วยทนไฟพร้อมฝาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W5)

2.2) ใส่ตัวอย่าง 10 กรัม

2.3) นำใส่เตาเผา ประมาณ 10 นาที แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาที

2.4) นำออกจากเตา และนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W6)

3) การคำนวณหาค่าปริมาณสารระเหย

$$V = \frac{(W5 - W6)}{W} \times 100 - M$$

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละปริมาณความชื้น

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W5 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W6 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

2.10.5 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

ในการหาปริมาณคาร์บอนคงตัวสามารถหาได้จากการคำนวณดังนี้

ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = 100 - (ร้อยละความชื้น + ร้อยละปริมาณความชื้น + ร้อยละปริมาณสารระเหย)

2.10.6 การหาค่าความร้อน (Heating Value)

การหาค่าความร้อน โดยใช้เครื่อง Oxygen Bomb Calorimeter แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมเครื่องบอมบ์และขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

2.10.6.1 การเตรียมเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

1) นำตัวอย่างที่ทดสอบไปชั่งน้ำหนัก 0.5 กรัม แล้วใส่ในถ้วย จากนั้นนำถ้วยที่ใส่ตัวอย่างไปวางในที่วางตัวอย่าง Sample Holder

2) ยกที่ล็อคฟิวส์ที่ขา Electrods ให้สูงกว่าที่ใส่ฟิวส์ สอดปลายด้านหนึ่งของฟิวส์เข้าไปในช่องในฟิวส์ แล้วเลื่อนที่ล็อคฟิวส์ลงมาล็อค และทำเช่นเดียวกันกับปลายฟิวส์อีกด้าน แล้วบีบตรงกลางฟิวส์ให้เป็นรอยพับ ยกฟิวส์ให้สูงขึ้นเหนือตัวอย่าง โดยไม่ให้ฟิวส์แตะตัวอย่าง

3) หมุนวาล์ว (อยู่ส่วนบนของที่วางตัวอย่าง) เปิดให้สุด

4) นำที่วางตัวอย่างไปใส่ในบอมบ์ และหมุนฝาปิด

5) หมุนปิดวาล์วให้แน่น เสียบที่เติมออกซิเจนเข้าช่องเติมออกซิเจนของเครื่องบอมบ์ แล้วกดปุ่มเติมออกซิเจนจนความดันถึง 420 ปอนด์ต่อนิ้ว เครื่องจะตัดโดยอัตโนมัติ ดึงที่เติมออกซิเจนออก เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์พร้อมที่จะทำการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของตัวอย่าง

2.10.6.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) เปิดน้ำจาก Pipet (2,000 มิลลิลิตร) เข้า Bomb Bucket โดยให้น้ำกระทบที่ผนังของ Bomb Bucket เพื่อวนน้ำและลดฟองอากาศ หลังจากน้ำออกจาก Pipet หมด ให้หมุน Pipetvalve ไปในตำแหน่ง "Water Through Plpet Position" เพื่อเปิดน้ำเข้าสู่ Pipet อีกครั้ง

2) ยก Bomb Bucket ไปวางที่ Bomb Bucketwell โดยให้ตำแหน่งที่ว่าง Bomb ใน Bomb Bucket อยู่ในส่วนหน้า เพื่อจะได้มีช่องว่างพอที่จะให้ใบพัดของ Stirring หมุนได้สะดวก

3) ใส่ที่หิ้ว Bomb เข้าไปในตัว Bomb แล้วยก Bomb ไปวางใน Bomb Bucket เมื่อวางดีแล้วจึงถอดที่หิ้วออกโดยพยายามให้น้ำที่ติดมากับที่หิ้วน้อยที่สุด

4) เสียบสายจุดที่ฟิวส์ 2 เส้น เข้าไปที่ช่องเสียบด้านบนของ Bomb โดยจับสายไฟในส่วนที่เป็นฉนวนอย่าให้มือโดนน้ำใน Bomb Bucket เพราะจะทำให้ปริมาณน้ำเปลี่ยนไป

2.11 การทดสอบถ่านดูดกลิ่น

เนื่องจากถ่านมีคุณสมบัติในการช่วยดูดซับกลิ่นอับ กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ โดยมีการพัฒนาในที่นี้นำถ่านจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากไปทดลองใช้ดับกลิ่นในตู้เย็นในการตรวจวัดกลิ่นนั้นสามารถตรวจสอบได้ 2 วิธี ดังนี้

2.11.1 การทดสอบกลิ่นโดยวิธีทางเคมี

เพื่อจะได้เลือกวิธีการทดสอบได้เหมาะสมที่สุด ในการตรวจวัดกลิ่นสามารถทำได้โดยตรวจวัดที่บริเวณภาคสนามโดยตรง ดังนี้

1) การเก็บตัวอย่างสารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่น

1.1) การเก็บตัวอย่างโดยตรง การเก็บตัวอย่างสารเคมีที่ก่อให้เกิดกลิ่นในอากาศนั้นจะเป็นการเก็บอากาศที่มีกลิ่นในภาคสนามลงในถุงเก็บตัวอย่างอากาศ (Inert Flexible Bags) หรืออัดอากาศเข้าไปในถังเก็บอากาศที่ทำด้วยเหล็กปลอดสนิม

1.2) การเก็บตัวอย่างโดยวิธีเพิ่มความเข้มข้นของตัวอย่าง (Concentration Techniques)

2.11.2 การทดสอบกลิ่นโดยวิธีการดมกลิ่น

ถ่าน สามารถดูดซับกลิ่นเหม็นอับไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ได้ซึ่งจะเห็นจากการนำถ่านมาใส่ไว้ในตู้เย็น ตู้โชว์ และตู้รองเท้า เพื่อไม่ให้มีกลิ่นเหม็นอับ เนื่องจากโครงสร้างมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็กๆ มากมาย โดยกลิ่นเหม็นอับต่าง ๆ จะแพร่เข้ารูพรุนเหล่านี้ ทำให้เกิดการดูดซับกลิ่นเหล่านั้นไว้ตาม

ผนังและในรูพรุน หากถ่านมีรูพรุนมาก ก็จะทำให้ดูดซับกลิ่นได้มากตามไปด้วย จากคุณสมบัติของถ่านในการดูดซับกลิ่น ทำให้มีการทำผลิตภัณฑ์ดูดกลิ่นจากถ่านรูปแบบต่างๆ มากมาย เช่น ถ่านแท่งดูดซับกลิ่น ตุ๊กตาถ่านดูดซับกลิ่น และถ่านผลไม้ดูดกลิ่น (คุณสมบัติของถ่าน; https://poptaewall.wordpress.com/คุณสมบัติของถ่านไม้/)

การจะทดสอบประสิทธิภาพในการดูดกลิ่นของถ่านด้วยการใช้คนดมกลิ่น เป็นการวัดระดับความรู้สึกของคนที่มีต่อกลิ่น โดยหาค่าความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของกลิ่นกับความรู้สึกของคนที่ได้รับกลิ่นซึ่งมีการตรวจวัดได้ดังต่อไปนี้

2.11.2.1 ปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่รับรู้ได้

ในการตรวจวัดกลิ่นนอกจากจะใช้วิธีการตรวจวัดโดยการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดแล้ว ยังสามารถใช้วิธีการดมกลิ่นเพื่อหาปริมาณที่มีผลกระทบต่อความรู้สึกของคนได้ด้วย ซึ่งในกรณีนี้จะมีการหาค่าปริมาณความเข้มข้นต่ำสุดที่คนจะรู้สึกได้

2.11.2.2 การทดสอบกลิ่นโดยวิธีการดมกลิ่น (Sensory Odor Measurement)

ในการตรวจวัดกลิ่นนั้น นอกจากจะใช้การตรวจวัดในรูปความเข้มข้นของสารที่มีกลิ่นโดยการวิเคราะห์ทางเคมีดังกล่าวแล้ว ในการวัดระดับความรู้สึกของคนที่มีต่อกลิ่นชนิดต่าง ๆ จะต้องทำการตรวจวัดกลิ่นโดยใช้การดมกลิ่นแล้วหาค่าความสัมพันธ์ของความเข้มข้นกับความรู้สึกของคน ASTM และสมาคมบริหารจัดการด้านอากาศและของเสีย (Air and Waste Management Association; AWMA) มีแนวทางที่ใช้ในการตรวจวัดกลิ่นโดยการดมกลิ่นดังนี้

1) การเลือกกลุ่มคนที่จะใช้ในการทดสอบ

การหาค่าความเข้มข้นของกลิ่นที่จะมีผลกระทบต่อคนนั้น จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลจากความรู้สึกของกลุ่มคนมาใช้ตัดสิน ดังนั้นในการเลือกคุณสมบัติของคนที่จะตัดสินว่าได้รับกลิ่นหรือไม่ จะต้องเป็นคนที่มีประสาทรับกลิ่นเป็นปกติ ซึ่งจะต้องมีการคัดเลือกกลุ่มบุคคลที่มีคุณสมบัติดังกล่าว โดยทั่วไปกลุ่มบุคคลที่จะนำมาเป็นผู้ทดสอบกลิ่นจะได้จากคนที่ทำงานในโรงงานโดยเป็นผู้ที่ทำงานในระดับบริหารมากกว่าจะเป็นที่ทำงานในระดับปฏิบัติ ซึ่งอาจจะมีปัญหาเรื่องไม่สามารถตอบสนองต่อกลิ่นเนื่องจากในการทำงานประจำจะได้รับกลิ่นอยู่เสมอจนความไวในเรื่องกลิ่นลดลงก็ได้ ในกรณีที่กลิ่นเป็นผลกระทบต่อชุมชนในพื้นที่ ก็อาจเลือกกลุ่มคนจากประชาชนที่อาศัยอยู่ในท้องถิ่นนั้น เพื่อจะได้มีส่วนร่วมในการตัดสินแก้ไขปัญหา

ในการศึกษาแต่ละครั้ง จำนวนคนที่อยู่ในกลุ่มผู้ทดสอบกลิ่นจะต้องมีอย่างน้อยจำนวน 6 คน ซึ่งคนเหล่านี้จะต้องไม่ใช่คนที่มีความไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษ หรือขาดความสามารถในการดมกลิ่น จะต้องเป็นคนที่มีประสาทรับกลิ่นอยู่ในระดับปกติ ซึ่งจะต้องมีการทดสอบเพื่อทำการคัดเลือกคนที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ขั้นตอนในขั้นการคัดเลือก (Screening) มี 2 ขั้นตอนดังนี้

1.1) การทดสอบการรับรู้กลิ่นในสามตัวอย่าง (Triangle Test) เป็นวิธีการทดสอบความสามารถของผู้ทดสอบเรื่องกลิ่นว่าสามารถจะรับรู้กลิ่นจากไอของสาร 1-Butanol ที่ละลายอยู่ในน้ำซึ่งบรรจุอยู่ในขวดที่ทำด้วย เทฟลอน Teflon หรือไม่ โดยจะให้ดมกลิ่นไอของสาร 1-Butanol ที่อยู่ในสารละลายน้ำ (มีความเข้มข้นต่ำ) 1 ตัวอย่าง และให้ดมกลิ่นน้ำที่บรรจุในขวดชนิดเดียวกันอีก 2 ตัวอย่าง หากผู้ทดสอบกลิ่น สามารถเลือกขวดตัวอย่างได้ถูกต้อง ก็จะผ่านการทดสอบข้างต้นนี้

1.2) การทดสอบความเข้มของกลิ่น (Intensity Test) เป็นการทดสอบความสามารถในการเลือกความเข้มของกลิ่นกับกลิ่นที่ได้รับ ในช่วงแรกจะมีการเตรียมสารละลาย 1-Butanol ที่มีความเข้มข้นน้อยไปจนถึงมีความเข้มข้นมากเป็นลำดับกันไปและผู้ทดสอบกลิ่นจะต้องทำความคุ้นเคยกับกลิ่นและการจัดเรียงตามลำดับความเข้มข้นดังกล่าว จากนั้นจะมีการนำขวดตัวอย่างออก 1 ขวด โดยไม่ให้ทราบว่าขวดตัวอย่างใดถูกดึงออกมา ขวดที่เหลือที่จะถูกจัดเรียงตามลำดับความเข้มข้นเช่นเดิม ผู้ทดสอบกลิ่นจะต้องนำขวดตัวอย่างที่ถูกแยกออกมากลับเข้าไปตำแหน่งเดิมให้ถูกต้อง

2) แนวทางการปฏิบัติของบุคคลที่ทำหน้าที่ทดสอบเรื่องกลิ่น มีดังนี้

2.1) การเตรียมตัวในวันที่มาทำหน้าที่ทดสอบกลิ่น

2.1) ต้องไม่สระผมด้วยแชมพูที่มีกลิ่นแรง

2.2) ต้องไม่ใช้น้ำหอม แป้งที่มีกลิ่นหรือเครื่องประทินผิวที่มีกลิ่นหอม

2.3) ต้องไม่รับประทานอาหารที่มีรสจัด

2.4) ต้องไม่สวมใส่เสื้อผ้าทำจากวัสดุที่มีกลิ่น เช่น หนังสัตว์

3) การปฏิบัติตัวในช่วงเวลาก่อนที่จะทำหน้าที่ทดสอบกลิ่น

31) ต้องไม่สูบบุหรี่

3.2) ห้ามดื่มกาแฟ น้ำชา หรือน้ำโซดา

3.3) หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารใด ๆ อย่างหนักในช่วงเวลาหนึ่งชั่วโมง ก่อนที่จะทำหน้าที่ประเมินตัดสินเรื่องกลิ่น

3.4) ต้องไม่เคี้ยวหมากฝรั่ง

4) การดำเนินการทดสอบตัวอย่างกลิ่น

การดำเนินการทดสอบตัวอย่าง โดยใช้การดมกลิ่นจะมีการหาค่า 3 ชนิด ดังนี้

4.1) การหาค่าความเข้มต่ำสุดของสารที่คนรู้สึกกลิ่นได้ (Detection Threshold)

4.2) การหาค่าความเข้มของกลิ่น (Intensity)

4.3) การหาค่าลักษณะเฉพาะของกลิ่น (Character)

5) การหาค่าความเข้มของกลิ่น (Intensity)

การหาค่าความเข้มของกลิ่นที่รู้สึกได้นั้นทำได้ 2 วิธี

5.1) การเตรียมสาร 1-Butanol ให้มีค่าความเข้มข้นสูงกว่าค่าระดับต่ำสุดที่รับรู้กลิ่น โดยการเตรียมชุดสารตัวอย่างให้มีค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 เท่า โดยให้ผู้ดมกลิ่นใช้วิธี Triangle เลือกตัวอย่างออกมา และเปรียบเทียบความเข้มข้นของกลิ่นที่ดมได้และรายงานผลค่าความเข้มข้นของกลิ่นจะเป็นค่าคะแนนเฉลี่ยของความเข้มของกลิ่นที่บันทึกได้

5.2) ใช้ในการหาค่าความเข้มของกลิ่นนั้น ในการทดลองจะไม่ใช้อากาศในการเจือจางกลิ่น แต่จะใช้น้ำกลั่นที่ปราศจากกลิ่นเป็นตัวเจือจางโดยการเตรียมสารละลาย 8 ขวด ในขวดแก้วหรือขวดเทฟลอน (Teflon) ที่สะอาดวางไว้ในอุณหภูมิห้อง และในระหว่างการทดลองการดมกลิ่นนั้นต้องมีฝาปิดขวด เพื่อให้แน่ใจว่ามีการรักษาภาวะสมดุล (Equilibrium) ระหว่างสารละลายและอากาศที่อยู่เหนือขวดตัวอย่างที่ใช้ดมกลิ่น และควรมีการเขย่าขวดเบา ๆ ทุกครั้งก่อนการทดสอบการดมกลิ่น

6) การหาค่าลักษณะเฉพาะของกลิ่น

การหาค่าลักษณะเฉพาะของกลิ่นจะใช้ค่าสเกลตั้งแต่ 0 - 5 นั้น ผู้ทำหน้าที่สูดดมกลิ่นจะต้องให้คะแนนของกลิ่นที่ดม โดยใช้คำจำกัดความหรือความหมายของสเกล 0 - 5 ค่าที่นำมาใช้ตัดสินจะเป็นการนำเอาคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต ซึ่งการใช้คะแนนตามสเกลในการตัดสินนั้นเป็นการเลือกความเห็นที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันจากผู้ดมกลิ่นหลาย ๆ คนนั่นเอง

7) การเลือกกลุ่มคนที่จะใช้ในการทดสอบ

การหาค่าความเข้มข้นของกลิ่นที่จะมีผลกระทบต่อคนนั้น จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลจากความรู้สึกของกลุ่มคนมาใช้ตัดสิน ดังนั้นในการเลือกคุณสมบัติของคนที่จะตัดสินว่าได้รับกลิ่นหรือไม่ จะต้องเป็นคนที่มีประสาทรับกลิ่นเป็นปกติ ซึ่งจะต้องมีการคัดเลือกกลุ่มบุคคลที่มีคุณสมบัติดังกล่าว

2.11.3 ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการตรวจวัดกลิ่น

ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของการตรวจวัดกลิ่นนั้นมีหลายประการได้แก่การเจือจางของตัวอย่างอากาศ การคัดเลือกผู้ทำหน้าที่ดมกลิ่นหรือผู้ทดสอบกลิ่น การสอนเรื่องวิธีการดมกลิ่น จำนวนผู้ทำหน้าที่ดมกลิ่นโดยทั่วไปแล้วคนที่ได้รับการคัดเลือกให้ทำหน้าที่ดมกลิ่น จะต้องได้รับการฝึกฝนมาอย่างดีและควรมีจำนวน 6 - 10 คน สภาพร่างกายของคนที่ทำหน้าที่ดมกลิ่นก็มีความสำคัญมาก โดยจะต้องไม่มีปัจจัยที่มีผลต่อประสาทการรับรู้กลิ่น และการใช้ประสาทการรับรู้กลิ่นนานเกินไปก็จะทำให้เกิดการเฉื่อยชาของการรับรู้

ดังนั้นในระหว่างการทดสอบเรื่องกลิ่นจะต้องให้ผู้ทำหน้าที่ดมกลิ่นได้มีการพักผ่อนบ้างเพื่อลดปัญหาการเฉื่อยชาของประสาทรับรู้

(วิธีตรวจวัดกลิ่น; http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm)

2.12 ประโยชน์ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

2.12.1 การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

ถ่านบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตสารเคมีต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดซัลไฟด์, โซเดียมไซยาไนด์ซิลิคอนคาร์ไบด์ หรือถ่านกัมมันต์เป็นต้น

ถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากถ่านไม้ที่มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง (High Fixed Carbon) ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอีกหลากหลาย อาทิใช้ในระบบกรองและบำบัดอุตสาหกรรมน้ำดื่ม ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์จากคาร์บอนในอุตสาหกรรมโลหะหรือใช้ขี้เถ้าเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ ให้แข็งตัวช้า และมีความแข็งแกร่งขึ้น

2.12.2 การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน

เป็นที่รับรู้กันว่าในต่างประเทศอุตสาหกรรมผลิตเครื่องประดับจากถ่านเพื่อใช้ประโยชน์ในบ้านเรือนได้รับความนิยมมาก คนญี่ปุ่นเป็นตัวอย่างของผู้ที่มองเห็นคุณประโยชน์ของถ่านอย่าง

ชัดเจนการใช้ถ่านเพื่อทำหน้าที่ลดกลิ่นในห้องปรับอากาศ มีประสิทธิภาพที่ดีมาก ในห้องแอร์ที่ทำงานหรือในรถ โดยเฉพาะที่ที่มีผู้สูบบุหรี่ หรืออาจจะมีเชื้อจุลินทรีย์ควรนำถ่านไม้ไปวางดักไว้ที่ช่องดูดอากาศกลับของเครื่องดูดอากาศ รูพรุนและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านไม้จะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรคต่าง ๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดีหรือจะใช้ถ่านเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนก่อนปล่อยสู่ท่อระบายสาธารณะก็ยังเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2.12.3 การใช้ประโยชน์ในการเกษตร

ถ่านมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษภัยต่อพืชและสัตว์จึงสามารถใช้ทดแทนสารเคมีราคาแพงได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพ

2.12.3.1 ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ใส่ถ่านป่นลงในดินจะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดีขึ้นส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็วช่วยลดการใช้ปุ๋ยและเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

2.12.3.2 ถ่านไม้ที่นำมาใช้ปรับปรุงดินควรเป็นเศษถ่านขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร โดยอาจจะเป็นถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อยแต่ควรระวังขี้เถ้าซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างสูงเพราะพืชก็ไม่ชอบดินที่มีค่าเป็นด่างสูงควรรักษาค่าเป็นกรดด่างของดินไว้ที่ pH 6.0 – 6.8

2.12.3.3 ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้นผักและผลไม้จะมีกลไกผลิตก๊าซเอธิลีน (Ethylene) เพื่อทำให้ตัวมันสุกการรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้นโดยใส่ผงถ่านลงในกล่องบรรจุเพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ผักผลไม้จะยังคงสดอยู่ได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหายหรือสุกงอม

2.12.3.4 ถ่านแกลบหรือถ่านชานอ้อย ใช้ทดแทนแกลบรองพื้นคอกสัตว์ซึ่งราคาถูกและหาง่าย เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนและก๊าซต่าง ๆ อันเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการเครียดในสัตว์ส่งผลให้สุขภาพและผลผลิตจากปศุสัตว์มีคุณภาพดีขึ้น

2.12.3.5 ใช้ผสมอาหารสัตว์นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 1 ถ่านจะช่วยดูดซับก๊าซในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืดเนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกินได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

2.12.3.6 ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ นำถ่านไม้ใส่กระสอบ (ในปริมาณที่สอดคล้องกับปริมาณแหล่งน้ำ) ไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำบริเวณกระสอบถ่านนั้น เศษอินทรียวัตถุต่างๆ ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูพรุนของถ่าน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้ (นิตยสารเทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546)

2.12.4 ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ใช้ได้ทั้งในครัวเรือนการเกษตร และปศุสัตว์ เช่น ผสมน้ำ 20 เท่า จะช่วยป้องกันปลวกและมด พ่นลงดินจะช่วยทำลายจุลินทรีย์ ไส้เดือนฝอย ทาผิวหน้าไม้ที่เป็นเชื้อรา ผสมน้ำ 50 เท่า พ่นหรือราดพื้นดินช่วยป้องกันปลวก มด และสัตว์มีพิษต่าง ๆ ผสมน้ำ 100 เท่า ใช้ราดโคนต้นไม้ รักษาโรคราและโรคเน่า ผสมน้ำ 200 เท่า ใช้ฉีดพ่นใบขับไล่แมลงทุก ๆ 7 - 15 วัน ป้องกันเชื้อรา รดโคนต้นไม้เพื่อเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ฉีดในฟาร์มปศุสัตว์เพื่อลดกลิ่นและแมลง (ประโยชน์จากถ่านอัดแท่ง; http://www.rdi.ku.ac.th)

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปรีชา เกียรติกระจาย (2532) ศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งจากถ่านขี้เลื่อยและถ่านแกลบ พบว่ามีค่าความร้อนของการสันดาปเฉลี่ยของถ่านแกลบและถ่านขี้เลื่อยอัดแท่งมีค่าเป็น 2,813 และ 6,654 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณเถ้าของถ่านแกลบมีมากและใช้เวลาต้มน้ำให้เดือดนานเป็นสองเท่าของถ่านไม้อีกทั้งระเหยน้ำได้น้อย ดังนั้นถ่านแกลบอัดแท่งจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นถ่านหุงต้มในครัวเรือน ส่วนถ่านขี้เลื่อยอัดแท่งมีคุณสมบัติในการใช้ทดสอบการต้มน้ำใกล้เคียงกับถ่านไม้

ประลอง ดำรงไทย (2539) ได้ทำการวิจัยจากการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร หรืออุตสาหกรรมการเกษตร เช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย วัชพืช หรือใบมาอัดเป็นแท่งโดยกระบวนการอัดเย็นจากเครื่องอัดถ่านอัดแท่งเขียวแบบสกรู ที่ทำจากสแตนเลส และขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ได้ศึกษาวิจัยพลังงานถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเป็นการศึกษาทดลองการอัดถ่านแบบชนิดอัดร้อน และแบบอัดเย็นของเปลือกทุเรียนสองสายพันธุ์ คือ ชะนี และหมอนทอง โดยนำเปลือกมาหั่นย่อยแล้วอัดแท่งขนาด 8 มิลลิเมตร นำมาวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณขี้เถ้าของถ่านและสารระเหยที่ได้จากเปลือกทุเรียนทั้งสองสายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 5.5 - 8.0 และ 72.5 - 81.1 ตามลำดับ

ประลอง ดำรงไทย (2542) ได้นำชานอ้อยเน่าเปื่อยมาผสมกับขุยมะพร้าวในอัตราส่วน 1:1, 2:1, 3:1 และ 4:1 แล้วมาอัดโดยใช้เครื่องอัดถ่านอัดแท่งเขียวที่มีสกรูเป็นส่วนสำคัญของเครื่องอัดแท่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ยาว 750 มิลลิเมตร และ Pitch ขนาด 50 มิลลิเมตร โดยถ่านอัดแท่งเขียวจะให้ค่าความร้อนประมาณ 3,000 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งใช้ต้มน้ำเดือดภายในเวลา

ประมาณ 18 นาที ความหนาแน่นจะอยู่ระหว่าง 0.57 - 0.98 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และสามารถนำไปเผาเป็นถ่านได้

ทองทิพย์ พูลเกษม (2542) ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเปลือกทุเรียนเหลือทิ้งมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการอัดแบบร้อนและเย็น เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านถ่านและการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัด การทดลองได้นำเปลือกทุเรียน 2 พันธุ์ คือ หมอนทองและชะนี ที่มีความชื้นร้อยละ 75 – 80 สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ตากแดดให้เหลือความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 45 จากนั้นนำมาอัดแท่งเป็นถ่าน ในเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น 2 วิธี คือ อัดโดยใช้ตัวประสาน (น้ำหมักชีวภาพและโมลาส) และอัดโดยไม่ใช้ตัวประสาน ผลการทดลองพบว่าความสามารถอัดเป็นแท่งและคุณภาพถ่านของเปลือกทุเรียนทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน ถ่านที่ผ่านการอัดแท่งแบบเย็นให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ทั้งแบบอัดโดยใช้ตัวประสานและไม่ใช้ตัวประสานให้ค่าความร้อนประมาณ 3,600 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนถ่านที่ผ่านการอัดแท่งแบบร้อนจะให้ค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 3,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งใช้พลังงานเฉลี่ยสูงกว่าการอัดแบบเย็น คือ 0.45 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

กำพล กาหลง (2543) ได้ศึกษาถึงการทำถ่านอัดแท่งเชียว ซึ่งก็คือการทำถ่านอัดแท่งที่ได้จากการอัดแท่งโดยไม่ใช้ความร้อนจากวัสดุชีวมวล หรือเศษวัชพืชต่าง ๆ หรือเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ชานอ้อยที่เน่าเปื่อย เศษใบไม้ ผักตบชวา ฟางข้าว ฯลฯ แล้วนำไปตากแดดให้แห้งใช้แทนถ่านและฟืน ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งเชียวที่ทำจากชานอ้อยมีค่าประมาณ 3,100 แคลอรีต่อกรัม โดยทั่วไปถ่านอัดแท่งเชียวมีลักษณะคล้ายกับฟืน เวลาใช้งานจะมีควันจึงควรใช้กับเตาที่มีปล่องควัน ซึ่งจะช่วยลดควันไฟได้ ถ้าหากต้องการให้ถ่านอัดแท่งเชียวมีค่าความร้อนที่สูงขึ้นและไม่มีควันก็สามารถนำไปเผาไหม้ให้เป็นถ่านได้

อาภาวดี เบ็ญจมธารกุล (2545) ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานทดแทน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งได้มีการปรับปรุงคุณภาพกากตะกอนน้ำเสียโดยการหมัก และเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งโดยผสมกับแกลบ โดยนำถ่านอัดแท่งที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาเผาเป็นถ่าน ทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และด้านถ่านตามมาตรฐาน ASTM ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดแท่งกากตะกอนของเสียจากโรงงานผงชูรส

และโรงงานนมอยู่ที่ 1:1,2:1 และ 3:1 โดยปริมาณ ซึ่งสามารถอัดขึ้นรูปได้ดีและใช้เวลาน้อย จากการนำตะกอนทั้ง 3 โรงงานหลังจากหมักแล้ว ประสิทธิภาพการให้พลังงานความร้อนของกากตะกอนของเสียจากโรงงานผงชูรสและโรงงานนมต่ำลง จากการวิเคราะห์ปัจจัยในการอัดแท่ง ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจะแปลตามเวลาซึ่งขึ้นกับความชื้นของอัตราส่วนผสม จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานเนื่องจากมีการแตกร่วนน้อย คุณสมบัติทางด้านถ่าน ที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพเผาให้เป็นถ่าน มีประสิทธิภาพการใช้งานและการให้พลังงานแก่น้ำดีกว่าถ่านอัดแท่งที่ไม่เผาเป็นถ่าน

ศิริพรรณ์ บุตรมาตย์ และสีกาน นามคาน (2547) ได้ทำการศึกษาค่าพลังงานความร้อนของถ่านจากฟางข้าว แกลบ มูลสุกร ขี้เลื่อย และฟางข้าวผสมกับขี้เลื่อย ในอัตราส่วนที่ต่างกัน ผลการทดลอง พบว่าค่าพลังงานความร้อนของถ่านโดยขี้เลื่อยล้วน มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยมากที่สุดเป็น 7,496.99 แคลอรีต่อกรัม รองลงมาคือฟางข้าวผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วน 30:70 มีค่าเป็น 6,949.17 แคลอรีต่อกรัม และมูลสุกรล้วนมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดมีค่าเป็น 4,405.67 แคลอรีต่อกรัม

จุฑามาศ บุษราคัมวดี (2547)ได้ศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง วัตถุดิบ 3 แหล่ง คือ โรงงานมันเส้น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง และแปลงปลูกอัตราส่วนตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ การผลิตนำเหง้าสำปะหลังเผาเป็นถ่านโดยใช้เตาแบบถังน้ำมัน 200 ลิตร บดด้วยเครื่องบดแบบแฮมเมอร์แล้วอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแบบสกรู ศึกษาสมบัติด้านถ่านตามมาตรฐาน ASTM สมบัติเชิงกล ประกอบด้วย การทนแรงกดตามแนวตั้งและแนวนอน ความหนาแน่น ดัชนีการแตกร่วน และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน ผลการวิจัยพบว่า ถ่านเหง้ามันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม จากโรงงานมันเส้น ขนาดผง 10 มิลลิเมตร เมื่อผสมตัวประสานอัตราส่วน 0.1:0.9 มีคุณสมบัติดีที่สุด ทั้งทางด้านถ่านเชิงกล และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน โดยมีค่าความร้อน 6,281.08 แคลอรีต่อกรัม ในส่วนของเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงปลูก นำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งการใช้ขนาดผง 10 มิลลิเมตร ผสมตัวประสาน 0.1:0.9 ทำให้มีคุณสมบัติดีที่สุด มีค่าความร้อน 5,479.01 แคลอรีต่อกรัม และประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนร้อยละ 28.68 จากผลการศึกษาครั้งนี้บ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ทดแทนไม้และยังเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรตัดเหง้ามันออกก่อนนำไปจำหน่ายเป็นการส่งเสริมโครงการมันสะอาด

สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และสิงห์แก้ว ป๊อกเที่ง (2548) ได้ทำการพัฒนาถ่านอัดแท่งและเปรียบเทียบการผลิตถ่านจากวัสดุเหลือทิ้ง ประเภทซังข้าวโพดและใบไม้แห้ง และวัสดุอื่น ๆ โดยผสมวัสดุเหลือทิ้งกับแป้งในสัดส่วนต่างกัน ได้แก่ 93:4:3, 94:3:3, 95:3:2 และ 96:2:2 ตามลำดับ แล้วนำไปทดสอบเพื่อหาระยะเวลาการเผาไหม้ ทดสอบเวลาน้ำเดือดและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ จากผลการทดลอง พบว่าถ่านอัดแท่งที่ส่วนผสมต่างกัน ได้ระยะเวลาในการใช้ความร้อนถึงจุดเดือดของน้ำมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่าง 43.75 - 44.25 นาที ส่วนระยะเวลาการเผาไหม้อยู่ในช่วง 3.06 - 3.08 ชั่วโมง

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจทีปกร คุณาพรวิวัฒน์ พิสุทธ์ รัตนแสนวงษ์ และคณะ (2551) ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยมีสัดส่วนการผสมอยู่ที่ 30:70, 40:60 และ 50:50 ตามลำดับ สัดส่วนการผสมแป้งมันต่อน้ำหนักวัตถุดิบเท่ากับ 1:10 จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นและความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผงซังข้าวโพดและผงกะลามะพร้าว แต่แตกต่างกันไม่มาก การทดสอบค่าความร้อนถ่านพบว่าโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6,000 – 6,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5.7 – 5.8 โดยน้ำหนักอัตราการผลิตถ่านอัดแท่งเฉลี่ย 2.5กิโลกรัมต่อนาทีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 – 830 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความต้านทานแรงกดของถ่านอัดแท่งจะอยู่ในช่วง 1.0 – 2.8 เมกะปาสคัล ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์จุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านประมาณ 9,500 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตและจำหน่าย

ชาญยุทธ เทพพานิช (2552) ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลังและกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลังผสมชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วทำการศึกษาคุณสมบัติทางด้านกายภาพของเชื้อเพลิงมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมของกากมันสำปะหลังกากตะกอนน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงานแป้งมันสำปะหลังและชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟ 8:0:2, 7:0:3, 6:0:4, 5:0:5, 0:8:2, 0:7:3, 0:6:4, 0:5:5, 4:4:2, 3:5:3.5:3, 3:3:4 และ 2.5:2.5:5 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ในขณะที่ส่วนผสมในอัตราส่วนอื่น ๆ ไม่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางด้านเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนของถ่าน

เชื้อเพลิงอัดแท่ง ทั้ง 3 แบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งกากมันสำปะหลังหลังผสมชีวมวลที่นำออกจากแนวกันไฟอัตราส่วน 8:2 มีความเหมาะสมที่สุดในการเป็นเชื้อเพลิง โดยมีค่าความร้อน 5,993 cal/g ค่าคาร์บอนคงตัวร้อยละ 62.61 ปริมาณเถ้าร้อยละ 19.84 ความชื้นร้อยละ 3.28 สารระเหยร้อยละ 14.27 ความหนาแน่น 0.30 g/cm^3 และเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงทั้ง 3 แบบมาทดสอบการใช้งานความร้อนพบว่า ถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งกากมันสำปะหลังผสมกากตะกอนน้ำทิ้งผสมชีวมวล ที่นำออกจากแนวกันไฟอัตราส่วน 2.5:2.5:5 มีประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนสูงสุดร้อยละ 36 ใช้เวลาจุดติดไฟ 2.36 นาที เวลาในการลุกไหม้ 67.66 นาที มีเถ้าเหลือจากการลุกไหม้ร้อยละ 51.22

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล (2553) ได้ทำการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9:1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด เท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และอัตราส่วน 1:9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุด เท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ผลการทดสอบมลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณเท่ากับ 195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เท่ากับ 26 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลงสัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชุน (มผช. 238/2547)

นันท์นภัส สงค์ศิริกุล (2554) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับวัตถุดิบและกระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งชนิดคุณภาพสูง ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ กะลามะพร้าว ไม้โกงกาง ไม้ยางพารา และซังข้าวโพด ทำการอัดโดยใช้เครื่องอัดแบบเกลียว ผลการวิจัยพบว่าภาพโดยรวมของถ่านอัดแท่งที่ผลิตให้ค่าความร้อนสูง มีระยะเวลาเผาไหม้นาน ไม่มีควัน มีปริมาณเถ้าต่ำ โดยมีค่าความร้อนอยู่ที่ 6,848 แคลอรีต่อกรัม ระยะเวลาเผาไหม้อยู่ที่ 245 - 295 นาทีต่อถ่านอัดแท่ง 100 กรัม แล้วยังพบว่าถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าว และถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้โกงกางเป็นถ่านที่มีประสิทธิภาพสูง มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์

กิตติมา มหาพราหมณ์ สิริมา มงคล และเบญจพล กรีคงคา (2555) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนของเสียโรงงานผลิตนม เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งระหว่างกากตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้า ผลการศึกษาพบว่ากาก

ตะกอนของเสียผสมเปลือกกล้วยน้ำว้าที่อัตราส่วน 25:75 มีค่าความชื้นร้อยละ 9.7 ปริมาณเถ้าร้อยละ 15.8 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 61.8 ปริมาณคาร์บอนคงตัว 9.7 และค่าความร้อนเฉลี่ย 4,195 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม สามารถนำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปใช้ประโยชน์แทนฟืนได้เพื่อเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

สังเวย เสวกวิหารี (2555) ได้ทำการศึกษาศักยภาพด้านพลังงานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดผลการทดสอบศักยภาพด้านพลังงาน พบว่ามีค่าความร้อนเท่ากับ 5,920 แคลอรีต่อกรัม มีอัตราการเผาไหม้ 11.80 กรัมต่อนาที ปริมาณคาร์บอนเสถียรร้อยละ 61.7 ปริมาณเถ้าร้อยละ 7 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านพบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุด สามารถใช้งานหุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกปะทุ ติดไฟได้ดี ไม่มีเขม่า ไม่มีควันและไม่มีกลิ่นรบกวนขณะใช้งาน

ตวงสิทธิ์ วิมุกตายน กิตติธร พันธ์โคกกรวด และภิรมยา คำศรี (2556) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนประกอบมาจากเปลือกลูกจากและกากไขมันในอัตราส่วน 1:0 , 1:0.1 และ 1:0.3 กิโลกรัมตามลำดับ โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตขึ้นมาคือ การศึกษาคุณสมบัติค่าความร้อน ค่าความชื้น ปริมาณสารระเหยได้ปริมาณเถ้า และประมาณคาร์บอนคงตัว ผลการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ให้ค่าความร้อนมากที่สุดคือเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนของเปลือกลูกจากและกากไขมันอยู่ที่ 1:0.3 โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 5,370 แคลอรีต่อกรัม รองลงมาคือเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วน 1:0.1 และ 1:0 โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 5,300 และ 5,280 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้จากผลการทดลองยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณกากไขมันในส่วนผสมจะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้เมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้มาทดสอบการใช้งานโดยการจุดไฟพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่มีการผสมของกากไขมัน สามารถจุดติดไฟได้ ไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ส่วนเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีการผสมของกากไขมันในอัตราส่วน 1:0.1 และ 1:0.3 สามารถจุดติดไฟได้ มีกลิ่นไหม้ของกากไขมัน และมีควันในการพิจารณาเลือกใช้กากไขมันเป็นส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้น ก็เพื่อลดปริมาณกากของเสียที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติ ช่วยวัน และปริญญา สมคิด (2557) ได้ศึกษาวิธีการตรวจสอบคุณภาพถ่านไม้ด้วยหลักการของการต้านทานการนำไฟฟ้า เพื่อใช้แบ่งแยกคุณภาพของถ่านไม้ และยังสามารถบอกเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพของถ่านไม้ จากตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการเผาและอัดแท่งของกะลามะพร้าว ถ่านกัมมันต์ และไม้เผาอัดแท่งจากชุมชนทำไว้ใช้เอง พบว่ามีคุณภาพดีและใกล้เคียง

กัน โดยวัดด้วยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นแล้วให้ค่าความต้านทานต่ำกว่าถ่านทั่วไปตามท้องตลาด 10 - 100 เท่า (10^{-4} โอห์ม) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความร้อนสูง 5,600 - 6,000 แคลอรีต่อกรัม ค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 5 – 6 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 37 – 39 เถ้าร้อยละ 7 – 8 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 47 – 49 ดังนั้นเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชุมชนได้ต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากเพื่อศึกษาหาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมและประสิทธิภาพการเผาไหม้และเป็นกระบวนการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยมีวิธีการดังนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.2 ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.3 ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

3.4 วิธีการผลิตและการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่ง

3.5 แผงผังสรุปการทดลอง

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตถ่านอัดแท่ง

1. เตาเผา 200 ลิตร มีฝาปิด จำนวน 4 ถัง
2. เครื่องปั่น
3. เครื่องอัดแท่ง
4. เครื่องทำความร้อน (Hot plate)
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)
6. เครื่องชั่ง (Balance)
7. ปิเปต (Pipette)
8. บีกเกอร์ (Beaker)
9. แท่งแก้ว (Stirring Rod)
10. เตาอั้งโล่
11. หม้ออลูมิเนียม
12. ตะแกรงร่อนแป้ง

13. ตะแกรงลวด

14. ที่คีบ

3.2 ขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.2.1 รูปแบบเตาเผาถ่าน

เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แบบตั้ง

3.2.1.1 ส่วนประกอบของเตาเผา

1) ตัวเตาผลิตจากถังขนาด 200 ลิตร (ภาพที่ 3-1 ก และ ข)

2) ฝาเตาประกอบด้วยปล่องระบายอากาศ 2 ปล่อง ขนาด 2 นิ้ว (ภาพที่ 3-1 ค)

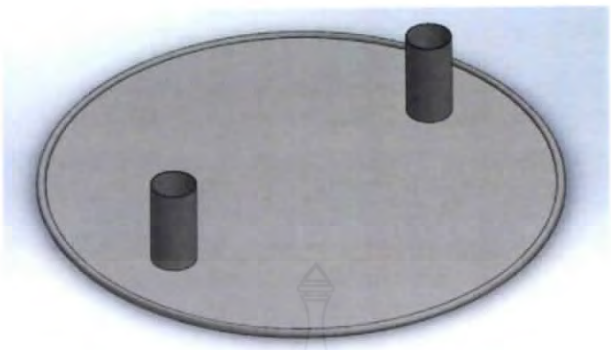
3) ก้นถังจะต้องทำการเจาะรู (ภาพที่ 3-1 ง)

4) ภาชนะสำหรับปิดทางระบายอากาศบนตัวถัง 2 ใบ

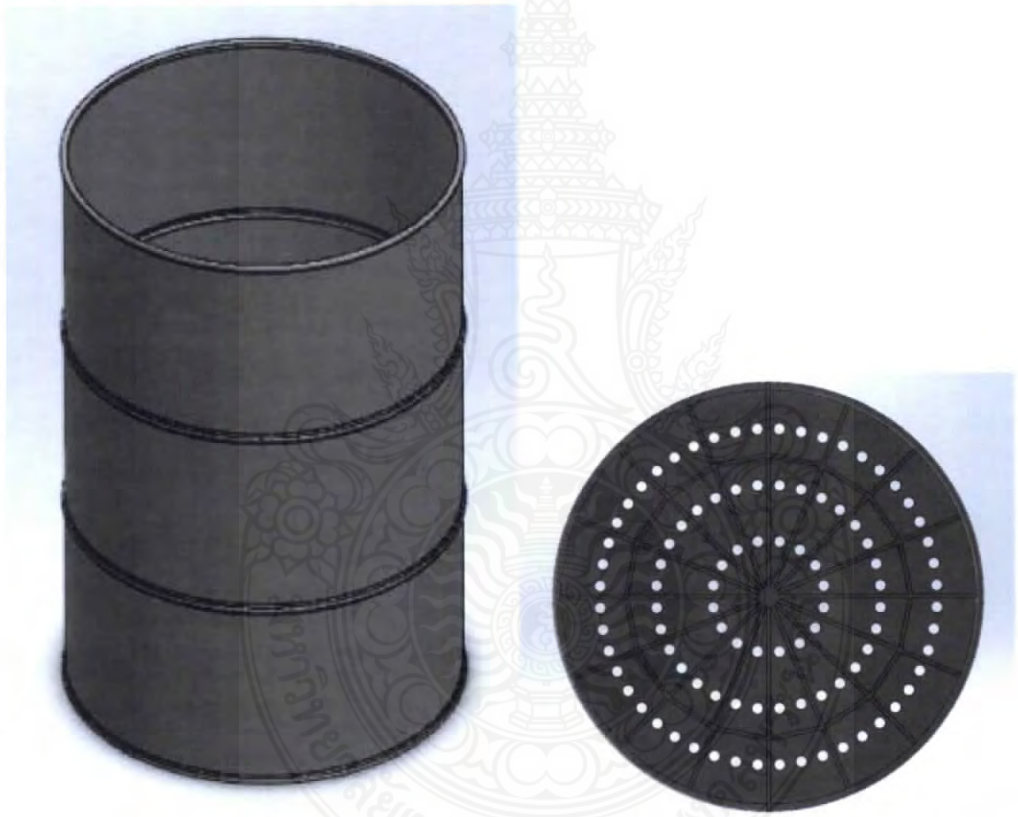
5) ท่ออากาศ 3 ท่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อกว้าง1 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว (ภาพที่ 3-1 จ)

(ก)

ภาพที่ 3-1 แสดงรูปแบบเตาเผาถ่าน



(ข)



(ค) (ง)

ภาพที่ 3-1 แสดงรูปแบบเตาเผาถ่าน (ต่อ)

(จ)

ภาพที่ 3-1 แสดงรูปแบบเตาเผาถ่าน (ต่อ)

ก. ภาพรูปแบบเตาเผาถ่าน

ข. ภาพถังขนาด 200 ลิตร

ค. ภาพฝาถังและปล่องดูดอากาศ

ง. ภาพฝาใต้ตัวถังเจาะรู

จ. ภาพท่ออากาศ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อกว้าง 1 นิ้ว ความยาว 12 นิ้ว

3.2.2 การเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากเพื่อทำถ่าน

3.2.2.1 นำเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากมาตากแดดไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้แห้ง และนำมาเผาในเตาถังแบบตั้งขนาด 200 ลิตร (มีฝาเปิด-ปิด) โดยแยกเตาเผาเปลือกทุเรียน และเปลือกลูกจาก (ภาพที่ 3-2 ก, ข, ค และ ง)

3.2.2.2 นำเศษไม้ใส่ลงไปในตัวเตาเผาเพื่อเป็นเชื้อเพลิง จากนั้นใส่เปลือกทุเรียน เปลือกลูกจาก ลงไปในตัวเตาเผาและใช้น้ำมันทาบริเวณภายนอกรอบตัวถังเพื่อดูว่าความร้อนนั้นร้อน รอบตัวถังหรือไม่ สังเกตจากรอยน้ำมันที่ทาภายนอกถังจะค่อย ๆ ระเหยหายไป (ภาพที่ 3-2 ฉ)

3.2.2.3 จากนั้นจุดไฟใต้ตัวถัง โดยสังเกตจากสีควันออกสีขาวปิดฝาถังและนำดินกลบใต้ถัง เพื่อไม่ให้ออกซิเจนเข้าไปได้ (ภาพที่ 3-2 จ และ ฉ)

3.2.2.4 ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง สังเกตจากสีควันออกสีน้ำเงิน แล้วนำภาชนะที่ทน ความร้อนมาครอบที่ปล่องระบายอากาศ (เปลือกลูกจากจะเผาไหม้ช้ากว่าเปลือกทุเรียนประมาณ 45 นาที) เมื่อนำภาชนะมาครอบ ปล่อยทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง (ภาพที่ 3-2 ช และ ซ)

3.2.2.5 เมื่อครบ 2 ชั่วโมง เปิดฝานำเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากออก หลังจากนั้นจะ ได้ถ่านที่มีลักษณะสีดำและมีน้ำหนักเบา (ภาพที่ 3-2 ฌ, ญ และ ฎ)

(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 3-2 แสดงวิธีการเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก

(จ)

(ฉ)

(ช)

(ช)

ภาพที่ 3-2 แสดงวิธีการเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก (ต่อ)

(ฌ)

(ญ)

(ฎ)

ภาพที่ 3-2 แสดงวิธีการเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก (ต่อ)

ภาพที่ 3-2 แสดงวิธีการเผาเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก (ต่อ)

ก. ภาพเปลือกทุเรียนตากแดด

ข. ภาพเปลือกลูกจากตากแดด

ค. ภาพเปลือกทุเรียนในถังขนาด 200 ลิตร

ง. ภาพเปลือกลูกจากในถังขนาด 200 ลิตร

จ. ภาพการจุดไฟใต้ตัวถัง

ฉ. ภาพการกลบดินบริเวณใต้ตัวถัง เพื่อไม่ให้ออกซิเจนเข้า

ช. ภาพการปิดฝาถัง

ซ. ภาพการนำภาชนะครอบที่ปล่องไฟ

ฌ. ภาพการปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากเผา

ญ. ภาพถ่านเปลือกทุเรียน

ฎ. ภาพถ่านเปลือกลูกจาก

3.2.3 เตรียมตัวประสาน

3.2.3.1 เตรียมตัวประสานโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง (ภาพที่ 3-3 ก)

1) ผสมแป้งมันสำปะหลังกับน้ำร้อนในอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ต่อน้ำ 640 มิลลิลิตรและคนให้เข้ากันจนมีลักษณะเหนียวจับเป็นแป้งเปียก (ภาพที่ 3-3 ข, ค, ง, จ และ ฉ)

(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 3-3 เตรียมแป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นตัวประสาน

(ง)

(จ)

(ฉ)

ภาพที่ 3-3 เตรียมแป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นตัวประสาน (ต่อ)

ก. ภาพผงถ่านละเอียด น้ำ และแป้งมันสำปะหลัง

ข. ภาพแป้งมันสำปะหลัง

ค. ภาพน้ำร้อน

ง. ภาพแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำร้อน

จ. ภาพคนแป้งให้เข้ากันมีลักษณะเหนียว

ฉ. ภาพกาวแป้งเปียก

3.2.4 การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

3.2.4.1 นำถ่านเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากที่ได้จากการเผา (ภาพที่ 3-4 ก และ ข) มาบด ด้วยเครื่องปั่นจนเป็นผงถ่านละเอียด (ภาพที่ 3-4 ค)

3.2.4.2 นำผงถ่านที่ได้จากการปั่นนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งเพื่อคัดขนาด ส่วนที่เหลืออยู่ในตะแกรงให้นำไปปั่นซ้ำอีกครั้ง (ภาพที่ 3-4 ง)

3.2.4.4 เตรียมผงถ่านทุเรียนและเปลือกลูกจากด้วยอัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 (ภาพที่ 3-4 ฉ)

3.2.4.5 เมื่อผสมตามอัตราส่วนเปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก ที่กำหนดแล้วเทตัวประสานที่เตรียมผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน นำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ (ภาพที่ 3-4 ช)

3.2.4.7 นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปผึ่งแดด เพื่อลดความชื้นและทำให้ตัวถ่านประสานกันโดยวางเรียงบนถาด ใช้เวลาผึ่งแดดประมาณ 7 วัน ขึ้นกับสภาพอากาศจนถ่านอัดแท่งแห้ง จากนั้นเก็บใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น (ภาพที่ 3-4 ญ)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3-4 แสดงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

(ง)

(จ)

(ฉ)

(ช)

(ซ)

(ฌ)

(ญ)

ภาพที่ 3-4 แสดงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก (ต่อ)

ภาพที่ 3-4 แสดงการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก (ต่อ)

ก. ภาพถ่านเปลือกทุเรียน

ข. ภาพถ่านเปลือกลูกจาก

ค. ภาพการปั่นถ่านให้เป็นผงละเอียด

ง. ภาพร่อนผงถ่านผ่านตะแกรงร่อนแป้ง

จ. ภาพผงถ่านละเอียด

ฉ. ภาพชั่งผงถ่านตามอัตราส่วนที่กำหนด

ช. ภาพเทกาวแป้งเปียกเพื่อเป็นตัวประสาน

ซ. ภาพคลุกเคล้าให้เข้ากัน และเข้าเครื่องอัดแท่งด้วยมือ

ฌ. ภาพถ่านอัดแท่งจากการเข้าเครื่องอัดแท่ง

ญ. ภาพถ่านอัดแท่ง

3.3 ประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การประเมินคุณภาพจะใช้ค่าที่ทำการตรวจวัดต่าง ๆ เป็นหลักในการประเมินดังต่อไปนี้

3.3.1 การวิเคราะห์ผล

3.3.1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

1) เครื่องมือ

1.1) ตู้อบ

1.2) โถดูดความชื้น

1.3) ถ้วยทนไฟ

1.4) เครื่องชั่ง

2) วิธีการทดลอง

2.1) นำถ้วยทนไฟไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

2.2) ใส่ตัวอย่าง 10กรัม จากนั้นไปชั่งน้ำหนัก (W1)

2.3) นำไปเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมงแล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 20 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W2)

3) การคำนวณหาค่าปริมาณความชื้น

$$M = \frac{(W1 - W2)}{W} \times 100$$

M = ร้อยละปริมาณความชื้น

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3.3.1.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

1) เครื่องมือ

1.1) ตู้อบ

1.2) เตาเผา

1.3) โถดูดความชื้น

1.4) ถ้วยทนไฟ

1.5) เครื่องชั่ง

2) วิธีการทดลอง

2.1) นำถ้วยทนไฟไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

2.2) ใส่ตัวอย่าง 10กรัม จากนั้นไปชั่งน้ำหนัก (W3)

2.3) นำไปเข้าเตาเผา ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 20 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W4)

3) การคำนวณหาค่าปริมาณเถ้า

$$M = \frac{(W3 - W4)}{W} \times 100$$

M = ร้อยละปริมาณเถ้า

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W4 = น้ำหนักถ้วย (กรัม)

3.3.1.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

1) เครื่องมือ

1.1) ตู้อบ

1.2) เตาเผา

1.3) โถดูดความชื้น

1.4) ถ้วยทนไฟ

1.5) เครื่องชั่ง

2) วิธีการทดลอง

2.1) นำถ้วยทนไฟพร้อมฝาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W5)

2.2) ใส่ตัวอย่าง 10 กรัม

2.3) นำใส่เตาเผา ประมาณ 10 นาที แล้วปล่อยไว้ในเตา 7 นาที

2.4) นำออกจากเตา และนำไปใส่ในโถดูดความชื้น 30 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W6)

3) การคำนวณหาค่าปริมาณสารระเหย

$$V = \frac{(W5 - W6)}{W} \times 100 - M$$

V = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละปริมาณความชื้น

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W5 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W6 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

3.3.1.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

การคำนวณหาค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว

ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = 100 - (ร้อยละความชื้น + ร้อยละปริมาณความชื้น + ร้อยละปริมาณสารระเหย)

(ก) (ข)

ภาพที่ 3-5 แสดงการประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

(ค)

(ง)

(จ)

ภาพที่ 3-5 แสดงการประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

ก. ภาพการอบถ้วยทนความร้อน

ข. ภาพการดูดความชื้นถ้วยทนไฟในโถดูดความชื้น

ค. ภาพการชั่งผงถ่าน

ง. ภาพการเผาผงถ่าน

จ. ภาพถ้วยทนไฟ

3.3.1.5 ค่าความร้อน (Heating Value)

โดยนำตรวจวิเคราะห์ที่โครงการเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้วิธีทดสอบ ASTM D 5865-11a

3.3.1.6 เปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากกับถ่านไม้ที่ขายทั่วไป

1) อุปกรณ์

1.1) หม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 20 พร้อมฝาปิด

1.2) เตาอั้งโล่

1.3) เทอร์โมมิเตอร์

1.4) ถ่านจากร้านค้าทั่วไป

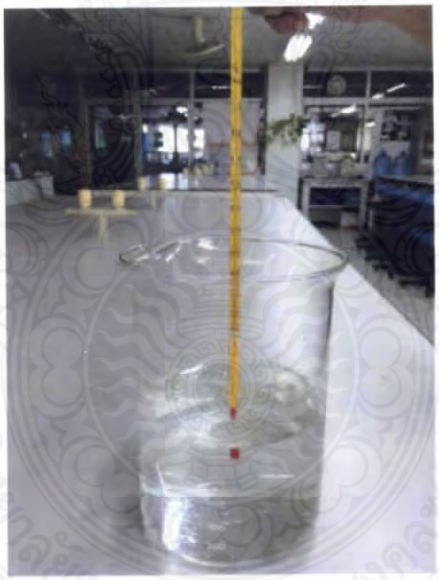
2) วิธีการทดสอบประสิทธิภาพ

2.1) นำถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากมาทดลองใช้ในการหุงต้ม โดยใช้น้ำหนักถ่านอัดแท่ง 500 กรัมต่อน้ำ 1500 กรัม (ภาพที่ 3-6 ก และ ข)

2.2) ตั้งเตาโดยนำถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนที่กำหนดจุดไฟ สังเกตการลุกไหม้ของตัวถ่าน จากนั้นนำหม้อใส่น้ำเพื่อต้มน้ำและวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนเดือด (ภาพที่ 3-6 ค)

2.3) สังเกตการแตกปะทุของเชื้อเพลิง ปริมาณควันขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำที่เดือด และปล่อยไว้จนกระทั่งไฟมอด บันทึกระยะเวลาที่ถ่านอัดแท่งให้ความร้อนจนน้ำเดือดและจนกระทั่งไฟมอด (ภาพที่ 3-6 ง และ จ)

(ก) (ข)



(ค)

ภาพที่ 3-6 แสดงการเปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก

กับถ่านไม้ที่ขายทั่วไป

(ง) (จ)

ภาพที่ 3-6 แสดงการเปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากกับถ่านไม้ที่ขายทั่วไป (ต่อ)

ก. ภาพการชั่งน้ำหนักถ่านอัดแท่ง

ข. ภาพน้ำในการทดลอง

ค. ภาพวัดอุณหภูมิน้ำก่อนเดือด

ง. ภาพวัดอุณหภูมิน้ำเดือด

จ. ภาพการมอดของถ่าน

3.4 วิธีการผลิตและการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่ง

3.4.1 ขั้นตอนการทำถ่านดูดกลิ่น

3.4.1.1 นำถ่านเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจากที่ได้จากการเผา มาบดด้วยเครื่องปั่นจนเป็นผงถ่านละเอียด (ภาพที่ 3-7 ก)

3.4.1.2 นำผงถ่านที่ได้จากการปั่นนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งเพื่อคัดขนาด ส่วนที่เหลืออยู่ในตะแกรงให้นำไปปั่นซ้ำอีกครั้ง (ภาพที่ 3-7 ข)

3.4.1.3 เตรียมผงถ่านทุเรียนและเปลือกลูกจากด้วยอัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก 50:50 (ภาพที่ 3-7 ค)

3.4.1.4 เมื่อผสมตามอัตราส่วนแล้ว เทตัวประสานที่เตรียมผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน (จากข้อ 3.2.3) (ภาพที่ 3-7 ง) นำไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดมือ (ภาพที่ 3-7 จ)

3.4.1.5 นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปผึ่งแดด เพื่อลดความชื้นและทำให้ตัวถ่านประสานกันโดยวางเรียงบนถาด ใช้เวลาผึ่งแดดประมาณ 7 วัน ขึ้นกับสภาพอากาศจนแท่งเชื้อเพลิงแห้ง จากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่น (ภาพที่ 3-7 ช)

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการทำถ่านดูดกลิ่นจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก

(ง)

(จ)

(ช)

ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการทำถ่านดูดกลิ่นจากเปลือกทุเรียนและเปลือกลูกจาก (ต่อ)

ก. ภาพการปั้นถ่าน

ข. ภาพการร่อนผงถ่านเพื่อคัดขนาด

ค. ภาพการชั่งผงถ่าน

ง. ภาพการคลุกเคล้าตัวประสารผสมการถ่าน

จ. ภาพการอัดแท่งด้วยเครื่องมือ

ช. ภาพถ่านอัดแท่ง

3.4.2 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่ง

3.4.2.1 การเลือกกลุ่มคนที่จะใช้ในการทดสอบ

ผู้ทดสอบกลิ่นจำนวน 10 คน ซึ่งผู้ทดสอบต้องไม่มีความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจที่มีผลกระทบต่อการดมกลิ่น เช่น การเจ็บป่วยเป็นหวัดและเยื่อบุจมูกบวม โรคริดสีดวงจมูกเนื้องอกในโพรงจมูก ผนังกั้นจมูกคด บาดเจ็บที่ศีรษะและสมอง การอักเสบของประสาทดมกลิ่นจากการติดเชื้อหรือสารเคมี เนื้องอกของประสาทการดมกลิ่นหรือสมองที่เกี่ยวข้องกับการรับกลิ่น โรคสมองเสื่อม เป็นต้น

3.4.2.2 อุปกรณ์และวัตถุดิบที่ใช้ทดสอบ สำหรับการดมกลิ่น

1) ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 50:50 จำนวน 6 ก้อน

2) สารที่ให้กลิ่น (ลูกเหม็น จำนวน 3 ลูก)

3) ขวดพลาสติก มีฝาปิด 2 ขวด

4) ผ้าสีดำ

3.4.2.3 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่น

1) นำลูกเหม็นใส่ลงในขวดพลาสติก จำนวน 3 ก้อน ทั้ง 2 ขวด (ภาพที่ 3-8 ข) ปิดฝาขวดพลาสติกแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 วัน เพื่อให้กลิ่นของลูกเหม็นออกมาอยู่ภายในขวดพลาสติก โดยกำหนดเป็นขวด A และ B

2) เมื่อครบกำหนด 2 วัน ให้นำลูกเหม็นออกทั้ง 2 ขวด แล้วใส่ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก อัตราส่วน 50:50 จำนวน 6 ก้อน ลงในขวดพลาสติก B ขวดเดียว (ภาพที่ 3-8 ค) ปิดฝาขวดพลาสติกแล้วตั้งทิ้งไว้อีก 6 วัน เพื่อทดสอบให้ถ่านดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่ง

3) นำผ้าสีดำมาพันรอบขวดพลาสติก (ภาพที่ 3-8 ง) เพื่อไม่ให้ผู้ทดสอบเห็นของภายในขวดพลาสติก

4) ให้ผู้รับการทดสอบทำการประเมินดังนี้

4.1) ให้ผู้รับการทดสอบทำแบบประเมินระดับความเข้มของกลิ่นที่ได้รับจากการดมกลิ่นที่จัดเตรียมไว้ โดยทางผู้ดำเนินการทดสอบจะจัดเตรียมตารางระดับความเข้มของกลิ่นและช่องลงคะแนนไว้ให้ จากนั้นผู้รับการทดสอบเมื่อดมกลิ่นแล้วก็ลงคะแนนตามความเข้มของกลิ่นที่ได้รับ

4.2) ผู้รับการทดสอบจะต้องทำการทดสอบซ้ำในระยะเวลาห่างกัน 2 วันต่อการดมกลิ่น 1 ครั้ง รวมทั้งหมด 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 6 วัน

4.3) รวบรวมผลและสรุปผลการประเมิน

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 3-8 แสดงวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการดูดกลิ่น

ก. ภาพลูกเหม็น

ข. ภาพการใส่ลูกเหม็นลงในขวดพลาสติก

ค. ภาพการใส่ถ่านลงในขวดที่มีกลิ่นลูกเหม็น

ง. ภาพขวดพลาสติกพันด้วยผ้าสีดำเพื่อนำไปทดสอบ

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☐ หญิง ☐

อายุ .....

อาชีพ .....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่นและคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

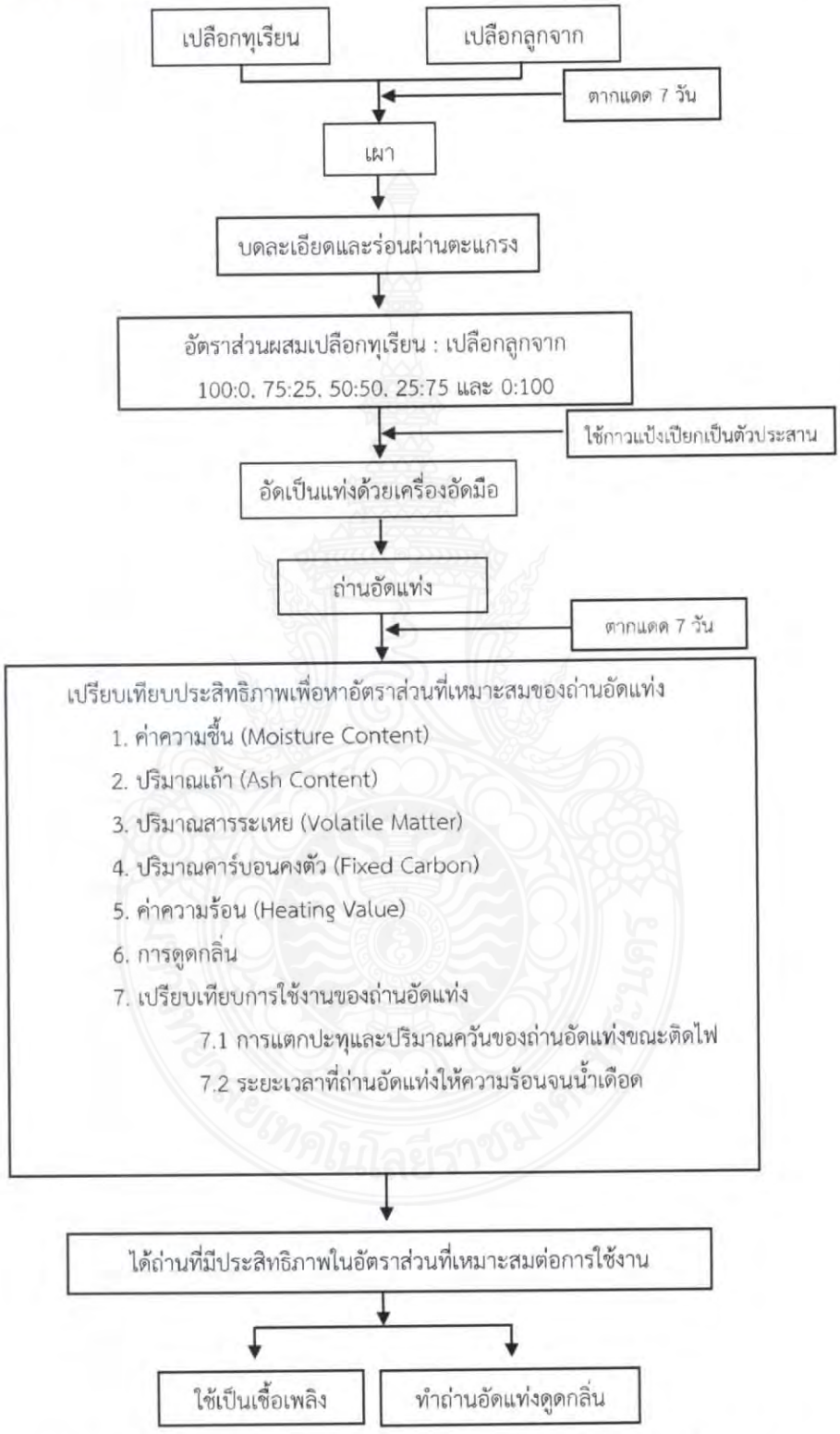
ที่มา : ดัดแปลงจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ								
ผู้ดำเนินการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1		ตัวอย่าง A						
		ตัวอย่าง B						
2		ตัวอย่าง A						
		ตัวอย่าง B						
3		ตัวอย่าง A						
		ตัวอย่าง B						

ที่มา : ดัดแปลงจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm

3.5 แผงผังสรุปการทดลอง



แผนผัง 3-1 แผงผังการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์และอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์

ในการทดสอบการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก ในอัตราส่วน 0:100, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งใช้ค่าต่าง ๆ ที่ทำการตรวจวัดเป็นหลักในการประเมินคุณภาพดังนี้

4.1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

4.1.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

4.1.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

4.1.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

4.1.5 ค่าความร้อน (Heating Value)

4.1.6 การดูดกลิ่น

4.1.7 เปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งกับถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป

4.1.7.1 การแตกปะทุและปริมาณควันของถ่านอัดแท่งขณะติดไฟ

4.1.7.2 ระยะเวลาที่ถ่านให้ความร้อนจนน้ำเดือด

4.1.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

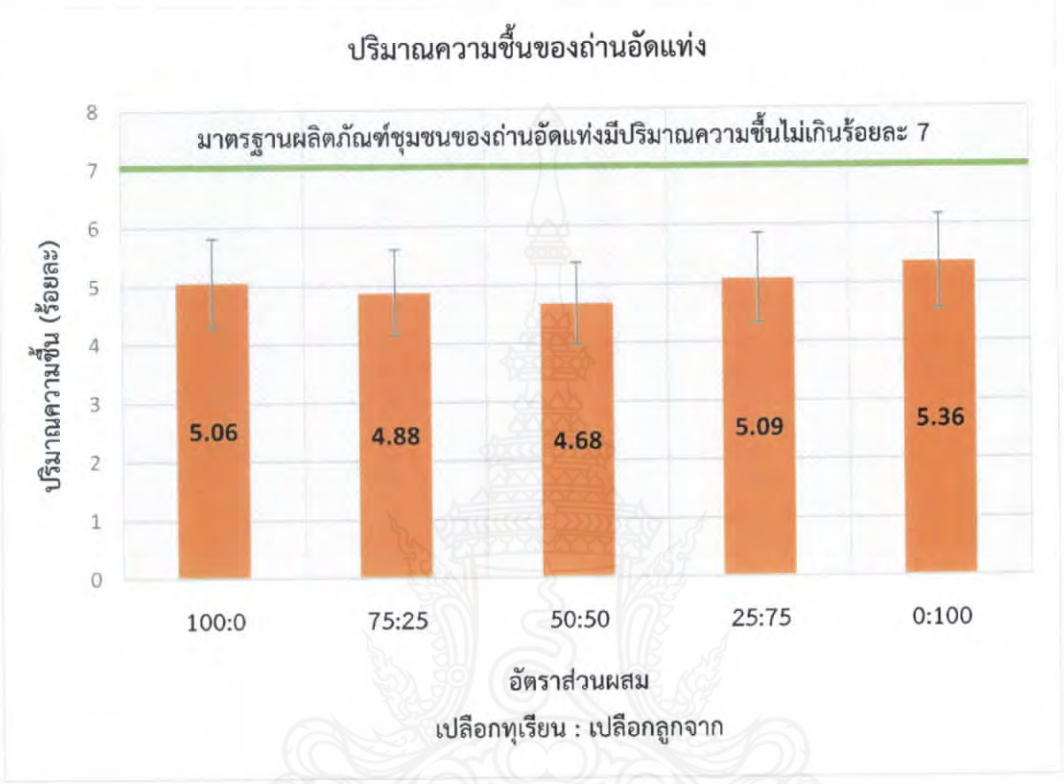
ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งมีผลทำให้ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งลดลง จุดไฟได้ยากและทำให้ถ่านอัดแท่งแตกร่วนได้ง่ายจากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งพบว่าถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก ตามอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 5.06 ± 0.08, 4.88 ± 0.20, 4.68 ± 0.12, 5.09 ± 0.05 และ 5.36 ± 0.20 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-1)

ตารางที่ 4-1 แสดงปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่ง

ลำดับ	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณความชื้นเฉลี่ย (ร้อยละ) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
1	100:0	5.00	5.06 ± 0.08	ความชื้นต้องไม่เกิน ร้อยละ 7
		5.16		
		5.01		
2	75:25	4.69	4.88 ± 0.20	
		4.87		
		5.09		
3	50:50	4.63	4.68 ± 0.12	
		4.82		
		4.58		
4	25:75	5.06	5.09 ± 0.05	
		5.05		
		5.16		
5	0:100	5.13	5.36 ± 0.20	
		5.41		
		5.54		

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่าถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 50:50 ปริมาณความชื้นต่ำที่สุด รองลงมาคือถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 75:25, 100:0, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งได้กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (ภาพที่ 4-1) จากการวิเคราะห์ผลสรุปว่าถ่านอัดแท่งเปลือก

ทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 50:50 คือ ค่าที่ดีที่สุดเพราะมีปริมาณชื้นน้อยที่สุด เนื่องจากถ่านที่มีความชื้นน้อยจะทำให้ติดไฟได้ง่าย



ภาพที่ 4-1 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ

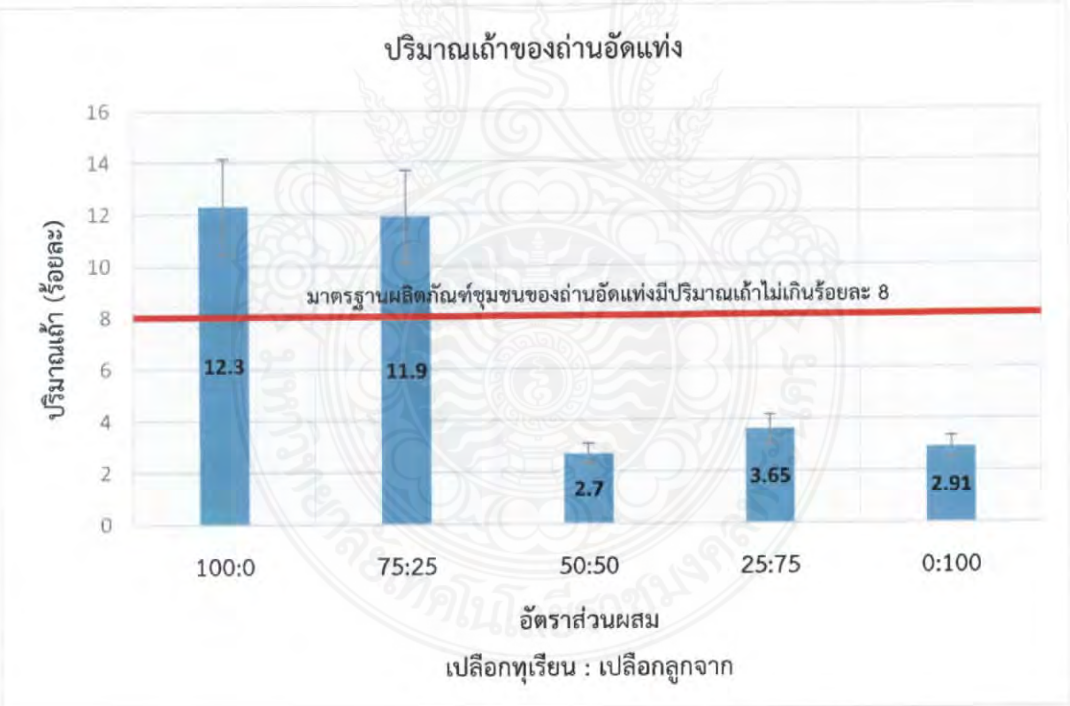
4.1.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณเถ้ามากจะมีปัญหายุ่งยากในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าพบว่า ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจากตามอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25: 75 และ 0:100 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยที่ร้อยละ 12.30 ± 0.49, 11.90 ± 0.05, 2.70 ± 0.12, 3.65 ± 0.20 และ 2.91 ± 0.48 (ตารางที่ 4-2)

ตารางที่ 4-2 แสดงปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งระยะเวลาในการเผา 6 ชั่วโมง

ลำดับ	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก	ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	ปริมาณเถ้าเฉลี่ย (ร้อยละ) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
1	100:0	12.76	12.30 ± 0.49	ปริมาณเถ้าต้องไม่เกินร้อยละ 8
		12.36		
		11.78		
2	75:25	11.93	11.90 ± 0.05	
		11.94		
		11.82		
3	50:50	2.62	2.70 ± 0.12	
		2.63		
		2.86		
4	25:75	3.75	3.65 ± 0.20	
		3.41		
		3.80		
5	0:100	3.10	2.91 ± 0.48	
		3.30		
		2.34		

จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทั้ง 5 อัตราส่วน โดยทำการเผาเป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 50:50 มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุดรองลงมา คือ 0:100, 25:75, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณเกินกว่าเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งได้กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 8 (ภาพที่ 4-2) พบว่า อัตราส่วน 50:50 คือ ค่าที่ดีที่สุดเพราะมีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด เนื่องจากปริมาณเถ้าที่น้อยลงทำให้ง่ายต่อการกำจัด แต่ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 75:25 และ 100:0 มีค่าปริมาณเถ้าเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งอัตราส่วนที่มีเปลือกทุเรียนเป็นอัตราส่วนผสมในปริมาณมาก อาจจะมีผลมาจากความแข็งแกร่งและการไหม้ได้ยากของเปลือกทุเรียน จึงทำให้การทดสอบในครั้งนี้มีผลทำให้ปริมาณเถ้ามากเกินกว่ามาตรฐานกำหนด แต่ปริมาณเถ้าที่มากก็ไม่ได้ส่งผลต่อการให้ความร้อน หรือการเผาไหม้ของถ่านแต่อย่างใด มีผลเพียงในการกำจัดเถ้า



ภาพที่ 4-2 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ

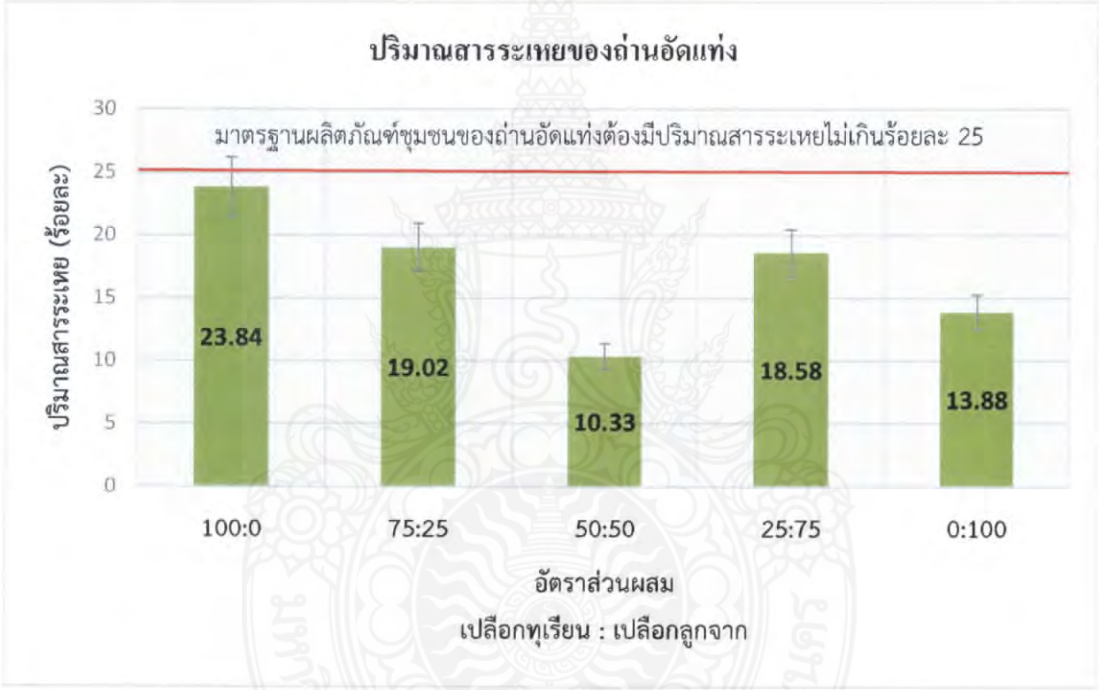
4.1.3 ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

สารระเหยที่อยู่ในถ่านเป็นตัวกลางที่ทำให้ถ่านเกิดการติดไฟก่อนที่จะเผาไหม้ (ปริมาณสารระเหยได้, http://www.pandsgroup.com/th/coal.htm) จากการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียน: เปลือกลูกจาก ตามอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 23.84 ± 6.54, 19.02 ± 5.00, 10.33 ± 0.91, 18.58 ± 0.09 และ 13.88 ± 0.10 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-3)

ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่ง

ลำดับ	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก	ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)	ปริมาณสารระเหยเฉลี่ย (ร้อยละ) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
1	100:0	30.37	23.84 ± 6.54	ปริมาณสารระเหยได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25
		23.85		
		17.29		
2	75:25	22.43	19.02 ± 5.00	
		12.44		
		22.18		
3	50:50	10.76	10.33 ± 0.91	
		11.02		
		9.20		
4	25:75	18.50	18.58 ± 0.09	
		18.55		
		18.68		
5	0:100	13.96	13.88 ± 0.10	
		13.92		
		13.76		

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่าถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 50:50 มีปริมาณสารระเหยต่ำที่สุด รองลงมาคือถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 0:100, 25:75, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับซึ่งอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งได้กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณสารระเหยไม่เกินร้อยละ 25 (ภาพที่ 4-3) ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 50:50 คือ ค่าที่ดีที่สุดเพราะมีปริมาณสารระเหยน้อยที่สุด เนื่องจากไม่ทำให้เกิดการติดไฟก่อนการเผาไหม้ ไม่เป็นอันตรายต่อการขนส่ง และการจัดเก็บ



ภาพที่ 4-3 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ

4.1.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่ในถ่านอัดแท่งหลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจึงมีช่วงเวลาในการลุกไหม้นาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียน:เปลือกลูกจาก ตามอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยที่ร้อยละ 58.81 ± 7.02, 64.20 ± 4.92, 82.30 ± 0.92, 72.68 ± 0.32, 77.85 ± 0.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-4)

ตารางที่ 4-4 แสดงปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง

ลำดับ	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก	ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	ปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ย (ร้อยละ) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	100:0	51.87	58.81 ± 7.02
		58.63	
		65.92	
2	75:25	60.95	64.20 ± 4.92
		70.75	
		60.91	
3	50:50	81.99	82.30 ± 0.92
		81.53	
		83.36	
4	25:75	72.69	72.68 ± 0.32
		72.99	
		72.36	
5	0:100	77.81	77.85 ± 0.50
		77.37	
		78.36	

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 50:50 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด รองลงมาคือ 0:100, 25:75, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับ (ภาพที่ 4-4) ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 50:50 คือ ค่าที่ดีที่สุด เพราะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด จะมีผลทำให้ถ่านสามารถติดไฟได้นานมากขึ้น

ภาพที่ 4-4 แผนภูมิแสดงร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่ง เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ

4.1.5 ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาต่อหน่วยน้ำหนักเมื่อถ่านถูกนำไปเผา จากผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25: 75 และ 0:100 จากผลการส่งตรวจที่ กรมวิทยาศาสตร์บริการ พบว่าถ่านเปลือกทุเรียน: เปลือกลูกจากมีค่าความร้อน 5,399 5,314 5,264 5,319 และ 5,235 แคลอรีต่อกรัม (ตารางที่ 4-5)

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ลำดับ	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก	ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
1	100:0	5,399	ไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม
2	75:25	5,314	
3	50:50	5,264	
4	25:75	5,319	
5	0:100	5,235	

จากการวิเคราะห์หาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทั้ง 5 อัตราส่วน พบว่า ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากที่อัตราส่วน 100:0 มีค่าความร้อนมากที่สุด รองลงมาคือ 25:75, 75:25, 50:50 และ 0:100 ตามลำดับซึ่งค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งได้กำหนดค่าความร้อนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม (ภาพที่ 4-6) ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 100:0 คือ ค่าที่ให้ความร้อนมากที่สุดซึ่งถ่านที่มีค่าความร้อนสูงจะมีประโยชน์ในการใช้งาน เช่น ใช้เวลาในการทำอาหารสั้นลง เนื่องจากถ่านที่ใช้ให้ความร้อนดีจะทำให้อาหารสุกเร็วขึ้น

ภาพที่ 4-5 แผนภูมิแสดงค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วนต่าง ๆ

4.1.6 เปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งกับถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป

การเปรียบเทียบการใช้งานของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากตามอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 กับถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไปเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านการใช้งาน จากการสังเกตในการจุดติดไฟของถ่าน การแตกปะทุปริมาณควันขณะติดไฟ และระยะเวลาที่ถ่านให้ความร้อนจนน้ำเดือด (ตารางที่ 4-6 และ ภาพที่ 4-6)

ตารางที่ 4-6 แสดงการแตกปะทุ และปริมาณควันของถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไปและถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

ถ่าน	การแตกปะทุ	ปริมาณควัน
A1	แตกปะทุ	มีควันเล็กน้อย
A2	ไม่แตกปะทุ	มีควันเล็กน้อย
A3	ไม่แตกปะทุ	มีควันเล็กน้อย
A4	ไม่แตกปะทุ	มีควันเล็กน้อย
A5	ไม่แตกปะทุ	มีควันเล็กน้อย
A6	ไม่แตกปะทุ	มีควันเล็กน้อย

**หมายเหตุ

A1 ถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป

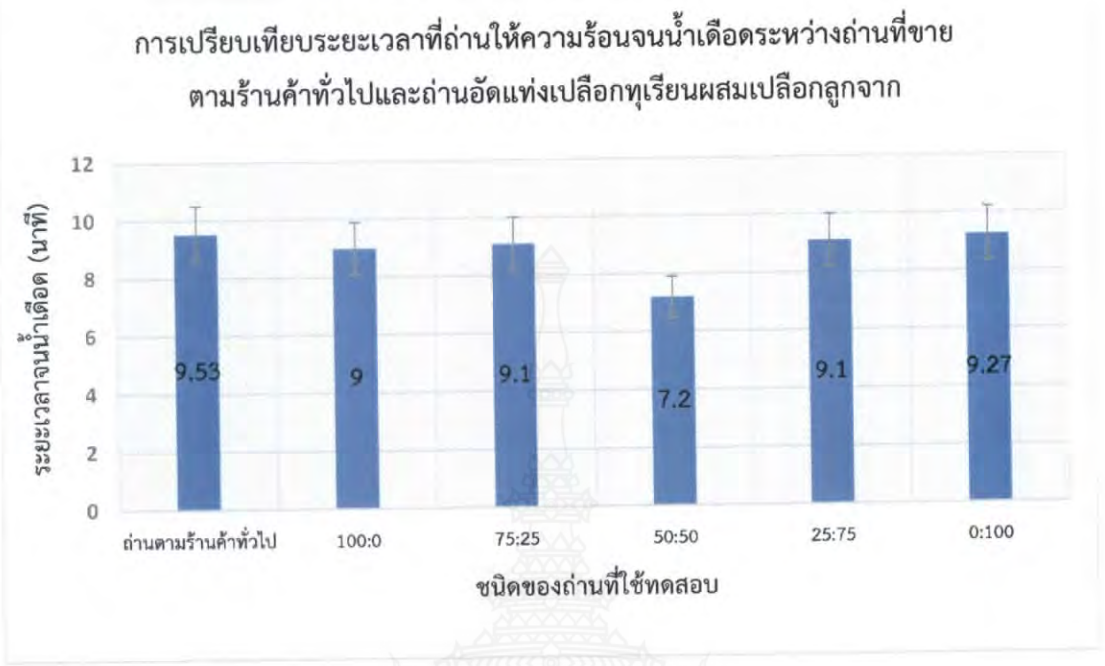
A2 ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วนผสม 100:0

A3 ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วนผสม 75:25

A4 ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วนผสม 50:50

A5 ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วนผสม 25:75

A6 ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วนผสม 0:100



ภาพที่ 4-6 แสดงระยะเวลาถ่านที่ให้ความร้อนจนน้ำเดือดระหว่าง ถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไปและถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก

จากการสังเกตการแตกปะทุ ปริมาณควันขณะติดไฟ และระยะเวลาที่ถ่านให้ความร้อนจนน้ำเดือดของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทั้ง 5 อัตราส่วน คือ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 และถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป พบว่า ถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากไม่มีการแตกปะทุ ส่วนถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป มีการแตกปะทุขณะติดไฟ ปริมาณควันของถ่านทั้ง 6 ตัวอย่าง ขณะติดไฟมีปริมาณควันเกิดขึ้นเล็กน้อย ส่วนระยะเวลาที่ถ่านให้ความร้อนจนน้ำเดือดโดยใช้น้ำอุณหภูมิก่อนต้ม 32 องศาเซลเซียส เท่ากันทุกอัตราส่วนแล้วต้มจนถึงจุดเดือด พบว่าถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก 50:50 ใช้เวลาน้อยที่สุดในการทำให้น้ำเดือด รองลงมา คือ 100:0, 75:25, 25:75, 0:100 และถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไปตามลำดับ ซึ่งถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 50:50 คือ ถ่านที่ใช้เวลาในการทำให้น้ำเดือดได้เร็วที่สุดแสดงว่าให้ความร้อนที่ค่อนข้างสูงในระยะเวลาที่สั้นลง เมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น ๆ

จากการการทดลองทั้งหมด พบว่าถ่านเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากในอัตราส่วน 50:50 มีค่าและคุณสมบัติดีที่สุดในด้านของปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วนนี้มาทำการทดสอบการดูดซับกลิ่นต่อไป

4.1.7 การดูดกลิ่น

ถ่านมีความสามารถในการดูดซับกลิ่นได้ เนื่องจากโครงสร้างของถ่านมีลักษณะเป็นรูพรุนเล็ก ๆ มากมาย โดยกลิ่นเหม็นอับต่าง ๆ จะแพร่เข้ารูพรุนเหล่านี้ ทำให้เกิดการดูดซับกลิ่นไว้ตามผนังและในรูพรุน หากถ่านมีรูพรุนมาก ๆ ก็จะทำให้ดูดซับกลิ่นได้มากตามไปด้วย (ถ่านดูดกลิ่นได้ , http://bitofknowledge-bymuay.blogspot.com) จากการวิเคราะห์การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากทางด้านเคมี พบว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้เปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก 50:50 ปรากฏว่ามีคุณภาพและคุณสมบัติดีที่สุดในด้านปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว จึงนำมาใช้ทดลองในการดูดกลิ่นครั้งนี้

4.1.7.1 ผลการทดสอบกลิ่น

ในการทดสอบการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากอัตราส่วน 50:50 ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ 6 วัน โดยให้ผู้รับการทดสอบดมกลิ่นในขวดพลาสติกจำนวน 2 ขวด ที่มีกลิ่นของสารที่ให้กลิ่น (ลูกเหม็น) แต่มี 1 ขวด ที่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่นลงไป เพื่อให้ถ่านดูดซับกลิ่นของสารที่ให้กลิ่น จากนั้นทำการทดสอบดมกลิ่น 2 วันต่อการดม 1 ครั้ง ซึ่งผลจากแบบสำรวจที่มีคนเลือกลงระดับความเข้มของกลิ่นมากที่สุด ดังนี้ (ตารางที่ 4-7)

ตารางที่ 4-7 แสดงข้อมูลผลการทดสอบการดูดซับกลิ่นของถ่านอัดแท่ง

ผลข้อมูลการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1	2	ไม่ใส่ถ่าน	0%	0%	0%	70%	20%	10%
		ใส่ถ่าน	0%	0%	0%	70%	20%	10%
2	4	ไม่ใส่ถ่าน	0%	0%	10%	50%	30%	10%
		ใส่ถ่าน	0%	0%	10%	70%	20%	0%
3	6	ไม่ใส่ถ่าน	0%	0%	30%	50%	10%	10%
		ใส่ถ่าน	0%	0%	50%	50%	0%	0%

จากการทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับกลิ่นของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก อัตราส่วน 50:50 โดยใช้ผู้รับการทดสอบชายร้อยละ 50 ผู้ทดสอบหญิงร้อยละ 50 พบว่า

การทดสอบครั้งที่ 1 เมื่อผ่านไป 2 วัน พบว่าขวดที่ไม่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่นกับขวดที่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่น มีระดับกลิ่นของสารที่ให้กลิ่นไม่แตกต่างกัน

การทดสอบครั้งที่ 2 เมื่อผ่านไป 4 วัน พบว่าขวดที่ไม่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่นกับขวดที่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่น มีระดับความเข้มของกลิ่นสารที่ให้กลิ่นที่แตกต่างกัน จากจำนวนร้อยละผู้รับการทดสอบเลือกความเข้มของกลิ่นสารที่ให้กลิ่นลดลงจากที่มีเลือกระดับ 5 ลดลงเป็นระดับ 4 และระดับ 3 แสดงว่าขวดที่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่นมีกลิ่นจางลง

การทดสอบครั้งที่ 3 เมื่อผ่านไป 6 วัน พบว่าขวดที่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่น มีระดับกลิ่นของสารที่ให้กลิ่นลดลงอย่างชัดเจน โดยเห็นได้จากจำนวนร้อยละผู้รับการทดสอบเลือกความเข้มของกลิ่นจากระดับสูงสุดคือระดับ 5 ลดลงเหลือแค่ระดับ 2 และระดับ 3 ในขณะที่ขวดที่ไม่ใส่ถ่านยังมีระดับความเข้มของกลิ่นสูงสุดที่ระดับ 5

ถึงแม้ขวดที่ไม่ได้ใส่ถ่านดูดซับกลิ่นและขวดที่ใส่ถ่านดูดซับกลิ่นจะมีกลิ่นของสารที่ให้กลิ่นลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่ขวดที่ใส่ถ่านดูดซับก็ยังมีกลิ่นของสารที่ให้กลิ่นลดลงมากกว่าขวดที่ไม่ได้ใส่ถ่าน

ในการทดสอบการดูดซับกลิ่นของถ่านอัดแท่งในครั้งนี้ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นหรือลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการดูดซับกลิ่นภายในตู้เย็น ห้องน้ำ ห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งเป็นการนำไปใช้ประโยชน์นอกเหนือจากการนำถ่านอัดแท่งไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้เปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจาก หาปริมาณอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากในอัตราส่วน 100:0, 75:00, 50:50, 25:75 และ 0:100 และศึกษากระบวนการแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นพลังงานทดแทน โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การเปรียบประสิทธิภาพในการใช้งานกับถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป และการทดสอบการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากด้วยผู้ทดสอบกลิ่น จากการศึกษาวิจัยสามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ค่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งพบว่า ในอัตราส่วนผสม 50:50 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 4.68 ซึ่งตรงตามค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งคือไม่เกินร้อยละ 7 สามารถใช้งานได้ดี จุดไฟได้ง่าย และไม่แตกร่วน

5.1.2 ค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่เกิดจากการเผาเป็นเวลา 6 ชั่วโมง สรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 50:50 มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 2.70 ซึ่งตรงตามค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งคือไม่เกินร้อยละ 8 ทำให้มีปริมาณเถ้าหลังการเผาน้อย ง่ายต่อการกำจัด และพบว่าถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 100:0 และ 75:25 มีค่าเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลต่อการใช้งานด้านประสิทธิภาพ มีผลเพียงขั้นตอนในการกำจัดเถ้า

5.1.3 ค่าปริมาณสารระเหยพบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสม 50:50 มีปริมาณสารระเหยน้อยที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 10.33 ซึ่งตรงตามค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งคือไม่เกินร้อยละ 25 ทำให้ไม่เกิดการติดไฟก่อนการเผาไหม้ ไม่เป็นอันตรายต่อการขนส่งและการจัดเก็บ

5.1.4 ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวพบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสม 50:50 มีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 82.30 ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากจะทำให้สามารถลุกติดไฟได้นาน

5.1.5 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสม 100:0 มีค่าความร้อนมากที่สุด อยู่ที่ 5,399 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งตรงตามค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งคือไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม สามารถให้ความร้อนได้ดีเหมาะสมแก่การใช้งาน

5.1.6 การทดสอบการดูดกลิ่นของถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 50:50 เนื่องจากมีค่าและคุณสมบัติดีที่สุด โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง ภายในระยะเวลา 6 วัน ซึ่งสรุปได้ว่าการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนร้อยละของผู้ทดสอบเลือกระดับกลิ่นที่ไม่แตกต่างกัน การทดสอบครั้งที่ 2 พบว่าจำนวนร้อยละของผู้ทดสอบเลือกให้ขวดที่ใส่ถ่านดูดกลิ่นมีระดับความเข้มของกลิ่นลดลง และการทดสอบครั้งสุดท้ายพบว่าจำนวนร้อยละของผู้ทดสอบเลือกให้ขวดที่ใส่ถ่านดูดกลิ่นมีระดับกลิ่นที่ลดลงอย่างชัดเจน ในขณะขวดที่ไม่ใส่ถ่านยังมีระดับกลิ่นสูงกว่า

5.1.7 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนผสมเปลือกลูกจากในทุกอัตราส่วน พบว่าสามารถใช้งานได้ดีกว่าถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป เนื่องจากไม่มีการแตกปะทุ และมีควันเพียงเล็กน้อย และถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสม 50:50 ใช้ระยะเวลาที่ถ่านให้ความร้อนจนน้ำเดือดน้อยที่สุด ในอุณหภูมิที่เท่ากัน สามารถใช้งานได้ดี ให้ความร้อนเร็วและนานกว่าถ่านที่ขายตามร้านค้าทั่วไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เปลือกลูกจากจะมีการอุ้มน้ำมากทำให้เปลือกมีความชื้นสูง ดังนั้นก่อนนำมาเผาเป็นถ่านควรตากให้แห้งสนิท และไม่ควรกองรวมกันหรือเก็บไว้ในถุงที่ไม่มีอากาศเข้าจนเกิดเป็นไอน้ำ เพราะอาจจะทำให้เปลือกลูกจากขึ้นราได้

5.2.2 ขั้นตอนการเผาให้เป็นถ่านจะเกิดปริมาณควันมาก จึงควรทำในที่โล่งแจ้งห่างไกลบ้านเรือนและชุมชน

5.2.3 การบดถ่านให้เป็นผงเพื่อผสมตามอัตราส่วน ควรผสมให้หมดภายในวันที่ทำการบด เพื่อป้องกันการเกาะตัวเป็นก้อนของผงถ่าน ซึ่งทำให้ถ่านอัดแท่งที่ได้มีผิวถ่านไม่เรียบเนียน

5.2.4 หลังจากขั้นตอนการอัดแท่งควรตากถ่านให้แห้งจนมีน้ำหนักคงที่ เพื่อไม่ให้มีค่าความชื้นสูง และเกิดควันมากขณะเผาเพื่อใช้งาน

5.2.5 ในการผลิตถ่านอัดแท่งควรเลือกฤดูกาลให้เหมาะสมกับช่วงที่ทุเรียนออกผลมาก

เอกสารอ้างอิง

กรกต พิมทะวงศ์. 2546. **พลังงานชีวมวล**. วารสารวิชาการสถาบันราชภัฏอุตรดิตถ์.

กรมควบคุมมลพิษร่วมกับสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. **แบบรายการที่ใช้บันทึกข้อมูลการสำรวจกลิ่นในภาคสนาม. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :** http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm, 20 มีนาคม 2559.

กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551. **โครงการส่งเสริมการผลิต และการใช้พลังงานความร้อนร่วมจากชีวมวลในภาคอุตสาหกรรม**. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2547. **เตาเผาถ่าน 200 ลิตร แบบตั้ง**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.dede.go.th/article_attach/200lits.pdf, 20 มีนาคม 2559.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2554. **คู่มือแนวทางและหลักเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ.

การเผาถ่าน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.charcoalthai.com/การเผาถ่านคุณภาพ/การเผาถ่านคุณภาพ.html, 20 มีนาคม 2559.

การอัดแท่งด้วยมือ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://sarew1313.wordpress.com, 20 มีนาคม 2559.

กำพล กาหลง. 2543. แท่งเชื้อเพลิงเขียว. **วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ**.

กิตติ ช่วยวัน และปริญญา สมคิด. 2557. **ศึกษาวิธีการตรวจสอบคุณภาพถ่านไม้ ด้วยหลักการของการต้านทานการนำไฟฟ้า**. ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

กิตติมา มหาพราหมณ์ สิริมา มงคล และเบญจพล กรีคงคา. 2555. **การนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตนม มาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง กรณีศึกษา : บริษัท ฟรีสแลนด์คัมพินา เฟรช (ประเทศไทย) จำกัด**. ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

คุณสมบัติของถ่าน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://poptaewall.wordpress.com/คุณสมบัติของถ่านไม้, 20 มีนาคม 2559.

จุฑามาศ บุษราคัมวดี. 2547. **สมบัติของถ่านอัดแท่งจากเหง้ามันสำปะหลัง โดยอ้างอิงถึงแหล่งวัตถุดิบ ขนาดผงและอัตราส่วนตัวประสาน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรทริกา โอชุม. 2557. **จากพืชท้องถิ่นมุ่งสู่อาชีพ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://nypapalmgroup.blogspot.com, 15 มีนาคม 2559.

ชมธิดา ชื่นนิยม. 2553. **การศึกษาการเพิ่มมูลค่าของเศษซังข้าวโพด โดยการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชาญยุทธ เทพพานิช. 2552. **การผลิตและทดสอบคุณสมบัติของถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากมันสำปะหลังและกากตะกอนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ฐานข้อมูลธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ศูนย์วัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. 2556. **ต้นจาก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://culture.nstru.ac.th, 20 มีนาคม 2559.

ณัฐพัชร สืบบัวแก้ว. 2554. **การพัฒนาอิฐมวลเบาโดยใช้กระดาษเหลือใช้**. สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

ดวงสิทธิ์ วิมุกตายน กิตติธร พันธ์โคกกรวด และภิรมยา คำศรี. 2556. **ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีส่วนประกอบมาจากเปลือกลูกจากและกากไขมัน**. ปริญญานิพนธ์ปริญญาตรี. วิทยาศาสตรบัณฑิต. สาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เตาเผาถ่าน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://technology.thaiza.com/เตาเผาถ่าน-200-ลิตร/313311/, 20 มีนาคม 2559.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ถ่านดูดกลิ่น. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.xn--12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.com, 26 พฤษภาคม 2559.

ถ่านดูดกลิ่นได้. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://bitofknowledge-bymuay.blogspot.com, 26 พฤษภาคม 2559.

ถ่านอัดแท่ง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.charcoalthais.com/news/389003/html, 20 มีนาคม 2559.

ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าว. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://kanchanaburi.energy.go.th, 20 มีนาคม 2559.

ถ่านอัดแท่งจากแกลบ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.doungdeekankasat.com, 20 มีนาคม 2559.

ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.rakbankerd.com, 20 มีนาคม 2559.

ทองทิพย์ พูลเกษม. 2542. **การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ทองทิพย์ พูลเกษม. 2542. **เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://sarew1313.wordpress.com, 20 มีนาคม 2559.

ธงชัย ประจักษ์สูตร์. 2547. **การเพิ่มศักยภาพของกากชานอ้อยเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมในครัวเรือน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธำรงค์ โชตะมัง และสุจิตต์ สนองคุณ. 2545. **เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น**. กรุงเทพฯ : มณีรัตน์การพิมพ์.

นพรัตน์ บำรุงรักษ์. 2544. **ต้นจาก**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ.

นฤมล มานิพพาน. 2549. **การปลูกและขยายพันธุ์ทุเรียนราชินีแห่งผลไม้**. กรุงเทพฯ : เพชรกะรัต.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

นันท์นภัส สงค์ศิริกุล. 2554. **การผลิตถ่านอัดแท่งชนิดคุณภาพสูง**. ครุศาสตรมหาบัณฑิต. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

ประทีป ปิ่นท้วม. 2538. **การศึกษาการนำขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประเภทเชื้อเพลิง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Combution_and_Cogeneration/content/content_1_1/body1_1.htm, 20 มีนาคม 2559.

ประโยชน์จากถ่านอัดแท่ง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.rdi.ku.ac.th, 26 พฤษภาคม 2559.

ประลอง ดำรงไทย. 2539. **การศึกษาทดลองเปรียบเทียบวิธีการผลิตและคุณภาพของถ่านตามวิธีการเผาแบบท้องถิ่นกับวิธีของกรมป่าไม้**. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

ประลอง ดำรงไทย. 2542. **โครงการวิจัยเพื่อปรับปรุงและส่งเสริมการใช้แท่งเชื้อเพลิงเขียว**. ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 3 กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ทบวงมหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปริมาณสารระเหย. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.pandsgroup.com/th/coal.htm, 20 มีนาคม 2559.

ปรีชา เกียติ์กระจาย. 2532. **คุณสมบัติของถ่านอัดก้อนจากถ่านขี้เลื่อยและถ่านแกลบ**. วิทยาสารเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัณณิกา วัฒโน. สำนักงานเกษตรอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. **ต้นจากมากประโยชน์**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://phunphin.suratthani.doae.go.th, 19 เมษายน 2559.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านดูดกลิ่น. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/standard1.php, 20 มิถุนายน 2559.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. 2553. **การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง.** ปริญญานิพนธ์อุตสาหกรรมศึกษา. สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลุงดำ และทีมงานนิตยสาร ต่วย'ตูน. 2555. **ถ่าน ของดำๆ ที่ไม่ธรรมดา**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.thairath.co.th, 20 มีนาคม 2559.

วนิดา จาดดำ. 2548. **การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิธีการอัดถ่านอัดแท่ง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://sarew1313.wordpress.com, 20 มีนาคม 2559.

วิธีตรวจวัดกลิ่น. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/Datasmell/P3.htm, 26 พฤษภคม 2559.

ศศิรินทร์ ชัยอาภา. 2542. **การบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์การ (TQM)**. วิทยานิพนธ์ศิลปะศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชารัฐศาสตร์. คณะรัฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศิริพรรณ์ บุตรมาตย์ และสีกาน นามคาน. 2547. **การศึกษาหาค่าความร้อนของถ่านจากฟางข้าว แกลบ มูลสุกร ขี้เลื่อยล้วน และฟางข้าวผสมกับแกลบ ฟางข้าวผสมกับมูลสุกร ฟางข้าวผสมขี้เลื่อย ในอัตราส่วนที่ต่างกัน**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม. 2544. **การแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นพลังงานและปุ๋ย**. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ และสิงห์แก้ว ป๊อกเที่ง. 2548. **การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนถ่านจากไม้**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ.

สังเวย เสวกวิหารี. 2555. **ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด**. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สำนักงานเกษตรอำเภอพุนพิน. 2556. **ต้นจากมากประโยชน์**. จังหวัดสุราษฎร์ธานี. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : phunphin.suratthani.doae.go.th, 20 มีนาคม 2559.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547:ก. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps238_47.pdf, 20 มีนาคม 2559.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547:ข. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps657_47.pdf, 20 มีนาคม 2559.

สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551. **พลังงานชีวมวล**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.ku.ac.th/e-magazine/jun51/know/know4.htm. 15 เมษายน 2559.

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. 2551. **การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในการผลิตไฟฟ้า E 20 พลังงานสะอาดทางเลือกใหม่ของคนไทย**. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ.

สุวัฒชัย ปลื้มฤทัย. 2555. **การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวา**. สาขาสถาปัตยกรรม. ภาควิชาสถาปัตยกรรม. คณะสถาปัตยกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์ พิสุทธ์ รัตนแสนวงษ์ จักรพันธ์ กัณหา และวรพจน์ พันธุ์คง. 2551. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน**. ภาควิชาเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

อรรถกร ฤกษ์วิรี. 2546. **เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง**. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหวิชา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถกร ฤกษ์วิรี. 2549. **เชื้อเพลิงแข็งจากขยะมูลฝอยชุมชนอัดแท่ง**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อาภาวดี เบ็จมธารกุล. 2546. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานทดแทน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาคผนวก

รายงานการทดสอบ

ชื่อวัตถุตัวอย่าง	เครื่องหมาย / ตรา	หมายเลขปฏิบัติการ
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน 100%	-	L59/02873.1
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกลูกจาก 100%	-	L59/02873.2
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก 50:50 %	-	L59/02873.3
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก 75:25 %	-	L59/02873.4
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน : เปลือกลูกจาก 25:75 %	-	L59/02873.5

ผลการทดสอบ

	ค่าความร้อนแบบกรอส (gross) แคลอรีต่อกรัม
L59/02873.1	5399
L59/02873.2	5235
L59/02873.3	5264
L59/02873.4	5314
L59/02873.5	5319

ชื่อผู้ใช้บริการ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ที่อยู่ผู้ใช้บริการ	1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
ลักษณะตัวอย่าง	ทุกตัวอย่างเป็นของแข็งสีดำ
วันที่ทดสอบ	9 - 15 มิถุนายน 2559
วิธีทดสอบ	ASTM D 5865-13
หมายเหตุ	ผลการทดสอบคำนวณจากสภาพของตัวอย่างตามที่ได้รับ

ผู้รับรอง
(นางสาวกานดา โกมลวัฒนชัย)
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ

ผู้รายงาน
(นางสาวจิรัฏฐ์ ลัดดาวัลย์)
นักวิทยาศาสตร์

รายงานนี้รับรองเฉพาะวัตถุตัวอย่างที่ได้ทดสอบ/สอบเทียบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง
ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นลายลักษณ์อักษร

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☑ หญิง ☐

อายุ ..... 27 .....

อาชีพ ..... รับจ้าง .....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ								
ผู้ดำเนินการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 12.30 น.	ตัวอย่าง A				/		
	5 ก.ค 59 12.30 น.	ตัวอย่าง B				/		
2	7 ก.ค 59 12.30น.	ตัวอย่าง A					/	
	7 ก.ค 59 12.30น.	ตัวอย่าง B				/		
3	9 ก.ค 59 12.30น.	ตัวอย่าง A					/	
	9 ก.ค 59 12.30 น.	ตัวอย่าง B				/		

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☐ หญิง ☑

อายุ 31

อาชีพ พนักงานโรงงานกลิ่น

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่นและคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดมมิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ									
ผู้ดำเนินการทดสอบ									
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น						
			0	1	2	3	4	5
1	6 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง A				/		
	5 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง B				/		
2	7 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง A					/	
	7 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง B				/		
3	9 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง A				/		
	9 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง B			/			

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย [/] หญิง [ ]

อายุ ..20.....

อาชีพ ..นักศึกษา.....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ									
ผู้ดำเนินการทดสอบ									
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น						
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง A				/		
	5 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง B				/		
2	7 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง A			/			
	7 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง B			/			
3	9 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง A			/			
	9 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง B			/			

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☐ หญิง ☑

อายุ 53

อาชีพ โบราณคดี

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ								
ผู้ดำเนินการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1	7 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง A				/		
	7 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง B				/		
2	7 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง A				/		
	7 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง B				/		
3	9 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง A			/			
	9 ก.ค 59 13.00 น.	ตัวอย่าง B			/			

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย [/] หญิง [ ]

อายุ .....27.....

อาชีพ .....พนักงานธนาคาร.....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ								
ผู้ดำเนินการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 13.03 น.	ตัวอย่าง A				/		
	5 ก.ค 59 13.03 น.	ตัวอย่าง B				/		
2	7 ก.ค 59 13.03 น.	ตัวอย่าง A				/		
	7 ก.ค 59 13.03 น.	ตัวอย่าง B				/		
3	9 ก.ค 59 13.03 น.	ตัวอย่าง A			/			
	9 ก.ค 59 13.03 น.	ตัวอย่าง B			/			

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☐ หญิง ☑

อายุ 25

อาชีพ พนักงานโรงงานหลิจ

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่นและคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดมมิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ								
ผู้ดำเนินการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง A					/	
	5 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง B					/	
2	7 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง A				/		
	7 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง B				/		
3	9 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง A				/		
	9 ก.ค 59 13.05 น.	ตัวอย่าง B				/		

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☐ หญิง ☑

อายุ 40

อาชีพ รับจ้าง

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่นและคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดมมิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ									
ผู้ดำเนินการทดสอบ									
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น						
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 12.50 น.	ตัวอย่าง A					✓	
	5 ก.ค 59 12.50 น.	ตัวอย่าง B					✓	
2	7 ก.ค 59 12.50 น.	ตัวอย่าง A				✓		
	7 ก.ค 59 12.50 น.	ตัวอย่าง B				✓		
3	9 ก.ค 59 12.50 น.	ตัวอย่าง A				✓		
	9 ก.ค 59 12.50 น.	ตัวอย่าง B				✓		

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☐ หญิง ☑

อายุ .....39.....

อาชีพ ...แม่บ้าน.....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ									
ผู้ดำเนินการทดสอบ									
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น						
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง A				✓		
	5 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง B				✓		
2	7 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง A				✓		
	7 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง B					✓	
3	9 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง A				✓		
	9 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง B				✓		

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย ☑ หญิง ☐

อายุ ..20.....

อาชีพ ..รับจ้าง.....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ									
ผู้ดำเนินการทดสอบ									
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น						
			0	1	2	3	4	5	
1	5 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง A						✓	
	5 ก.ค 59 12. 55 น.	ตัวอย่าง B						✓	
2	7 ก.ค 59 12. 55 น.	ตัวอย่าง A						✓	
	7 ก.ค 59 12. 55.	ตัวอย่าง B					✓		
3	9 ก.ค 59 12. 55 น.	ตัวอย่าง A						✓	
	9 ก.ค 59 12.55 น.	ตัวอย่าง B			✓				

แบบประเมินการทดสอบกลิ่น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ทำการทดสอบ

เพศ ชาย [/] หญิง [ ]

อายุ .....33.....

อาชีพ .....ค้าขาย.....

ส่วนที่ 2 ตารางแสดงความเข้มของกลิ่น

ระดับความเข้มของกลิ่น		ความรู้สึกรบกวนเรื่องกลิ่น
0	ไม่มีกลิ่น	ไม่รู้สึกได้กลิ่น
1	กลิ่นอ่อนมาก	โดยปกติคนทั่วไปจะไม่ได้กลิ่นแต่คนที่มีหน้าที่ทดสอบกลิ่น และคนที่มีความรู้สึกไวต่อกลิ่นเป็นพิเศษจะรู้สึกได้
2	กลิ่นจางชัด, กลิ่นอ่อน	กลิ่นที่เกิดขึ้นจะอ่อนหรือจาง ซึ่งหากจะรู้สึกได้จะต้องตั้งใจดม มิเช่นนั้นก็จะไม่ทราบว่ามีกลิ่น
3	มีกลิ่นที่รับได้	ความเข้มข้นของกลิ่นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งทำให้รู้สึกว่าได้กลิ่นที่ไม่ชอบ
4	กลิ่นแรง	ความเข้มข้นของกลิ่นที่เกิดขึ้นจะทำให้รู้สึกได้และเกิดความเดือดร้อนรำคาญ
5	กลิ่นแรงมาก	กลิ่นที่เกิดขึ้นเข้มข้นรุนแรงมาก จนไม่เหมาะที่จะใช้เป็นอากาศหายใจ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบกลิ่น

ข้อมูลการทดสอบ								
ผู้ดำเนินการทดสอบ								
การทดสอบครั้งที่	วันที่/เวลา	ชนิดของตัวอย่าง	ระดับความเข้มของกลิ่น					
			0	1	2	3	4	5
1	5 ก.ค 59 12.00น.	ตัวอย่าง A				/		
	5 ก.ค 59 12.00น.	ตัวอย่าง B				/		
2	7 ก.ค 59 12.00น.	ตัวอย่าง A					/	
	7 ก.ค 59 12.00น.	ตัวอย่าง B				/		
3	9 ก.ค 59 12.00น.	ตัวอย่าง A				/		
	9 ก.ค 59 12.00น.	ตัวอย่าง B				/		

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวสุมินตรา มะลิวัลย์

วัน เดือน ปีเกิด 1 มีนาคม 2537

ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนวัดดุสิตาราม กรุงเทพฯ พ.ศ. 2554

ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2558

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอุบลรัตน์ สารณา

วัน เดือน ปีเกิด 31 มกราคม 2537

ภูมิลำเนา เขตสายไหม กรุงเทพฯ

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนโยธินบูรณะ 2 กรุงเทพฯ พ.ศ. 2554

ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2558

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวดนิตา อยู่สุขวรกุล

วัน เดือน ปีเกิด 5 มกราคม 2537

ภูมิลำเนา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนวัดดุสิตาราม กรุงเทพฯ พ.ศ. 2554

ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ. 2558

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร