คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่

นางสาววราพร พึ่งพรหม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2566

Fuel Briquette Properties of Used Charcoal Residue from Chicken Grilling Process

Miss. WARAPORN PUNGPORM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Science in Industrial Environment Management

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่
ชื่อและนามสกุล	นางสาววราพร พึ่งพรหม
แขนงวิชา / วิชาเอก	การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี ศรีโอภาส

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศริศักดิ์ สุนทรไชย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี ศรีโอภาส)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.นราธิป ศรีราม)

ชื่อวิทยานิพนธ์ คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่
ผู้วิจัย นางสาววราพร พึ่งพรหม **รหัสนักศึกษา** 2615000789
ปริญญา: วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ (2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี ศรีโอภาส **ปีการศึกษา** 2566

บทคัดย่อ

การนำเศษถ่านที่ใช้แล้วมาทำการอัดแท่งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการช่วยลดปัญหาด้านการจัดการของเสียเหลือทิ้ง ช่วยลดการตัดไม้และมลภาวะจากการผลิตถ่านไม้ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่ และ 2) คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่

การผลิตถ่านอัดแท่งดำเนินการโดยนำเศษถ่านไม้โกงกางที่ใช้ในกระบวนการย่างไก่ มาตากแดดให้แห้ง ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อนำเศษขี้เถ้าออก และนำมาเข้าเครื่องบดถ่าน เศษถ่านที่บดละเอียดแล้วจะนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน ร้อยละ 5, 10 และ 20 ตามลำดับ เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้วจะนำไปอัดเป็นถ่านอัดแท่ง และนำไปตากแดด หลังจากนั้นจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงด้วยวิธีมาตรฐาน ได้แก่ ค่าความชื้น สารระเหย และเถ้า ใช้วิธีวิเคราะห์ ASTM D 7582 ถ่านคงตัว ใช้วิธีวิเคราะห์ ASTM D 3176 และค่าความร้อน ใช้วิธีวิเคราะห์ ASTM D 5865

ผลการวิจัย พบว่า 1) อัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำเศษถ่านเหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่มาทำถ่านอัดแท่ง คือ ร้อยละ 5 เพราะเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุด (6,403 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) และ 2) การทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน ร้อยละ 5, 10 และ20 ตามลำดับ พบว่า ค่าความร้อนสูงสุด เท่ากับ 6,403 , 6,140 และ 5,963 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม สารระเหย เท่ากับ ร้อยละ 25.62, 28.10 และ 28.81 ถ่านคงตัว เท่ากับ ร้อยละ 60.18, 55.50 และ 55.19 เถ้า เท่ากับร้อยละ 3.95, 3.68 และ 3.36 ผลการทดสอบดังกล่าว พบว่า ผ่านเกณฑ์การนำของเสียมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงของกรมโรงงานอุตสาหกรรรม แต่ผลการทดสอบค่าความชื้น (ร้อยละ 10.24, 12.27 และ 12.63) พบว่า มีค่าเกินมาตรฐานเล็กน้อย (≤ ร้อยละ 8)

คำสำคัญเศษถ่านไม้โกงกาง เศษถ่านใช้แล้ว ถ่านอัดแท่ง

Thesis title: “
Fuel Briquette Properties of Used Charcoal Residue from Chicken Grilling Process
Researcher: “Miss. WARAPORN PUNGPORM”; ID: “2615000789”;
Degree: Master of Science (Industrial Environment Management);
Thesis advisors: (1) Assistant Professor Sirirat Suwanidcharoen;(2) Assistant Professor Apiradee Sriopas ; Academic year: 2023

Abstract

Recycling used charcoal from the chicken grilling process into charcoal briquettes will help to reduce waste. It also helps to reduce environmental problems, deforestation, and pollution from charcoal production. Therefore, the purposes of this study were to explore (1) the optimal ratio for producing charcoal briquettes from used charcoal scraps in the chicken grilling process and (2) the fuel properties of charcoal briquettes.

The production of charcoal briquettes was conducted by drying charcoal scraps used in the chicken grilling process, removing ash with a 4-mm sieve, and putting it into the charcoal grinder. The finely crushed charcoal was mixed with tapioca starch in the ratio of 5, 10 and 20 percent. The mixed charcoal was compressed into charcoal briquettes and dried in the sun. After that, the fuel properties were analyzed, including humidity, ash content, and volatile matter concentration according to the ASTM D 7582 standard test method, fixed carbon content with ASTM D 3176, and heating value with ASTM D 5865.

The results showed that (1) the optimal ratio for producing charcoal briquettes from used charcoal scraps from the chicken grilling process was 5% because it yielded the best heating value of 6,403 kcal/kg and (2) the fuel properties tested at the ratios of 5%, 10% and 20% were the heating values of 6,403, 6,140 and 5,963 kcal/kg, respectively; the volatile matter of 25.62%, 28.10%, and 28.81%, respectively; fixed carbon contents of 60.18%, 55.50% and 55.19%, and the ash contents of 3.95%, 3.68% and 3.36%, respectively. Such properties met the criteria of industrial waste application for briquette production, but the humidity contents (10.24%, 12.27% and 12.63%) were slightly higher than the allowable level (≤ 8%).

Keywords : Mangrove charcoal , Charcoal scraps , Charcoal briquettes

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยรับความกรุณาจากบุคคลที่มีพระคุณหลายท่านที่ได้ช่วยให้ความคิดเห็น ความรู้ และการช่วยเหลือ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยในครั้งนี้ จึงต้องกราบขอบพระคุณ มา ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศริศักดิ์ สุนทรไชย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรดี ศรีโอภาส กรรมการที่ปรึกษาที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษาและกรุณาให้คำแนะนำ การตรวจพิจารณาแก้ไขให้ความรู้และการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณอุดร ภู่สำอาง คุณปรีชา ชลสุวัฒน์ ที่ให้คำปรึกษาสำรวจพื้นที่ และคำชี้แนะในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณณรงค์ พึ่งพรหม คุณบังอร พึ่งพรหม คุณธีรพงษ์ พึ่งพรหม และคุณศุภฤกษ์ เกิดสมบัติ คุณอรรถกฤต เกิดสมบัติ คุณราตรี เกิดสมบัติ ที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน และให้งบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

นางสาววราพร พึ่งพรหม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 2

กรอบแนวคิดการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ข้อจำกัดในการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 5

กระบวนการย่างไก่ 5

ถ่านอัดแท่ง 7

ขั้นตอนการทำถ่านอัดแท่ง 9

คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง 14

ถ่านไม้โกงกาง 16

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 21

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 21

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 21

ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ 22

ขั้นตอนการทำถ่านอัดแท่ง 23

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและการทดสอบการติดไฟ 25

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 29

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 30

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง 30

ผลการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงกับค่าแนะนำของกรมโรงงาน 36

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาติดไฟและลักษณะควัน 37

แนวทางการประเมินเศรษฐศาสตร์ 43

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 47

สรุปการวิจัย 47

อภิปรายผล 49

ข้อเสนอแนะ 50

บรรณานุกรม 52

ภาคผนวก 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ก ผลการทดสอบด้านเชื้อเพลิงและการทดสอบระยะเวลาติดไฟของถ่านอัดแท่ง 56

ข รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้านเชื้อเพลิง 72

ค รายงานการคำนวณ NPV 74

ประวัติผู้วิจัย 76

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการผสมในการทำถ่านอัดแท่ง 23

ตารางที่ 3.2 การทดลองหาค่าตามพารามิเตอร์ 25

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าความชื้น 30

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย 31

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบค่าถ่านคงตัว 32

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า 33

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบค่าความร้อน 34

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ค่าความร้อน ของทั้ง 3 อัตราส่วน 35

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ของค่าความร้อน 36

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับค่าแนะนำคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้านเชื้อเพลิง 37

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบคุณสมบัติระยะเวลาติดไฟและลักษณะควัน 38

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเริ่มติดไฟของทั้ง 3 อัตราส่วน 39

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาติดไฟโดยประมาณของทั้ง 3 อัตราส่วน 39

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบของระยะอุณหภูมิ ของอัตราส่วน 5% กับ อัตราส่วน 10% 40

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบของระยะอุณหภูมิ ของอัตราส่วน 5% กับ อัตราส่วน 20% 41

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบของระยะอุณหภูมิ ของอัตราส่วน 10% กับ อัตราส่วน 20% 42

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์การคำนวณหา NPV 46

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 2
ภาพที่ 2.1 กระบวนการย่างไก่ พอสังเขป 6
ภาพที่ 2.2 ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้โกงกาง 8
ภาพที่ 2.3 การทำงานของเครื่องอัดแบบเอิร์ธบริค 11
ภาพที่ 2.4 การทำงานของเครื่องอัดแบบลูกสูบ 12
ภาพที่ 2.5 การทำงานของเครื่องอัดแบบเกลียว 12
ภาพที่ 2.6 การทำงานของเครื่องอัดแบบเพลเลท 13
ภาพที่ 2.7 เตาเผาถ่านไม้โกงกาง 16
ภาพที่ 2.8 ถ่านไม้โกงกาง 17
ภาพที่ 3.1 เศษถ่านที่นำมาตาก 22
ภาพที่ 3.2 การนำเศษถ่านที่ใช้แล้ว มาทำการร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 4 มิล 22
ภาพที่ 3.3 การตีป่นเศษถ่าน ด้วยเครื่องตีป่นเศษถ่าน 23
ภาพที่ 3.4 การผสม/นวดถ่าน 24
ภาพที่ 3.5 การอัดถ่าน 24
ภาพที่ 3.6 การนำถ่านมาตากแดด 24
ภาพที่ 3.7 เครื่องวิเคราะห์TGA ยี่ห้อ LECO รุ่นTGA 701 26
ภาพที่ 3.8 เครื่องบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ 26
ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการทดลอง 28
ภาพที่ 4.1 ค่าความชื้นของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง 31
ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารระเหยของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง 32

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.3 ปริมาณถ่านคงตัวของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง 33

ภาพที่ 4.4 ปริมาณเถ้าของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง 34

ภาพที่ 4.5 ค่าความร้อนสูงของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง 35

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท โดยเฉพาะกระบวนการที่ต้องมีการปิ้งย่างจำเป็นต้องมีการใช้ถ่านไม้จำนวนมาก เพื่อต้องการให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์หอมน่ารับประทาน ถ่านไม้โกงกางเป็นถ่านที่หาซื้อได้ง่ายและนิยมนำมาใช้กันมาก เพราะสามารถเร่งและควบคุมไฟได้ดีกว่าถ่านชนิดอื่น แต่เนื่องจากต้นโกงกางเป็นองค์ประกอบหนึ่งในระบบนิเวศของป่าชายเลนที่มีความสำคัญต่อการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งและทรัพยากรธรรมชาติในบริเวณนั้น ดังนั้น หากมีการตัดไม้โกงกางมาผลิตถ่านจำนวนมาก ก็จะส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์และเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนได้ ประกอบกับการเกิดเศษถ่านใช้แล้วสะสมจำนวนมากที่ต้องนำไปกำจัด และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาได้

ถ่านที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้ในกระบวนการผลิต เป็นปัญหาที่เกิดกับหลาย ๆ อุตสาหกรรม จึงได้มีแนวทางการแก้ปัญหาโดยการนำเศษถ่านดังกล่าวมาอัดเป็นแท่ง ซึ่งนอกจากจะป้องกันผลกระทบที่จะเกิดจากการกำจัดของเสียดังกล่าวแล้ว ยังสามารถนำถ่านอัดแท่งกลับมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้อีกด้วย เนื่องจากถ่านอัดแท่งจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ สามารถให้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอ เกิดควันที่น้อยกว่าการใช้ถ่านไม้ ไม่แตกประทุหรือเกิดประกายไฟ เกิดขี้เถ้าที่น้อยกว่าถ่านไม้ ราคาถูก ขนาดก้อนของถ่านมีขนาดเท่ากันง่ายต่อการใช้งาน ดังตัวอย่างการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ในกระบวนการต่าง ๆ อาทิ การใช้ถ่านซังข้าวโพดและถ่านหินลิกต์ไนต์เหลือทิ้ง อัตราส่วน 6:4 สามารถให้ความร้อน ได้ 9,877 กิโลแคลอรี/กก. (วีระ พันอินทร์ , 2561) เศษถ่านของกระบวนการเผาอิญมอญ อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 2% ได้ค่าความร้อน 6,726 กิโลแคลอรี/กก. (ปฐมศก วิไลพล ,2562) การใช้เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ กระบวนการทำถ่านอัดแท่งได้ความร้อน 5,493.46 กิโลแคลอรี/กก. (ณัฐพล วิชาญ,2562) การใช้เถ้าหนักของโรงไฟฟ้าชีวมวล ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 1% โดยน้ำหนัก ได้ความร้อนที่ 2,222 กิโลแคลอรี/กก. (ธนิยา เกาศล , 2562) การใช้เศษถ่านไม้เม็กและเศษถ่านไม้เบญจพรรณเหลือทิ้งจากกระบวนการตีพร้า อัตราส่วน วัตถุดิบ: แป้งมันสำปะหลัง : ปูนขาว เป็น 60:2:1 ได้ค่าความร้อนเป็น 5,556.51 กิโลแคลอรี/กก. (หาญณรงค์ บำรุงศิริ , 2553)

ในการศึกษาโรงงานแปรรูปไก่แห่งหนึ่ง พบว่า มีการใช้ถ่านไม้โกงกางในกระบวนการย่างไก่จำนวน 100 กิโลกรัม/วัน และจะมีเปลี่ยนถ่าน ทุก ๆ batch ทำให้เกิดเศษถ่านไม้โกงกางที่เหลือจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากที่รอดำเนินการนำส่งกำจัด

ดังนั้น จึงได้ศึกษาการนำเศษถ่านเหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่มาผลิตถ่านอัดแท่ง เพื่อลดปริมาณเศษถ่านเหลือทิ้งที่มีการสะสมรอการกำจัดเป็นจำนวนมาก ลดการตัดต้นไม้โกงกางมาทำถ่าน ลดปริมาณมลพิษจากการเผาถ่านและกำจัดเศษถ่าน และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตจากการนำเศษถ่านไม้โกงกางที่ต้องนำไปกำจัดกลับมาอัดแท่งและใช้ใหม่ได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษถ่านเหลือทิ้งจากการย่างไก่กับแป้งมันสำปะหลังในการผลิตถ่านอัดแท่ง

2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านเหลือทิ้งจากการย่างไก่

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 อัตราส่วนถ่านไม้โกงกางใช้แล้วต่อแป้งมันสำปะหลัง ที่ทำการศึกษา คือ 5% , 10% และ 20%

4.2 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่วิเคราะห์ จำนวน 5 พารามิเตอร์ คือ

4.2.1 ค่าความชื้น

4.2.2 เถ้า

4.2.3 ปริมาณสารระเหย

4.2.4 ปริมาณถ่านคงตัว

4.2.5 ค่าความร้อน

4.3 การทดสอบการติดไฟและลักษณะควันที่ศึกษา คือ

4.3.1 ระยะเวลาติดไฟ (ระยะเริ่มติดไฟ)

4.3.2 ระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ (ระยะติดไฟจนเป็นขี้เถ้า)

4.3.3 ลักษณะและสีของควัน

5. ข้อจำกัดในการวิจัย

5.1 เนื่องจากถ่านที่นำมาใช้เป็นถ่านที่ใช้งานแล้ว อาจมีการปนเปื้อนของเถ้าจากการใช้งาน อาจต้องมีการร่อนเถ้าออกก่อน เพื่อให้เถ้าเหลือน้อยที่สุด

5.2 เศษถ่านไม้โกงกางที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่ พบว่า มีไม้เสียบไก่ ปนมาด้วย ต้องมีการนำไม้เสียบไก่ออกก่อน ด้วยวิธีการคัดออก

5.3 เศษถ่านไม้โกงกางที่ใช้แล้ว จะมีการดับไฟด้วยการใช้น้ำราด ควรมีการนำเศษถ่านไม้โกงกางมาดำเนินการตากแดด เพื่อลดค่าความชื้นเบื้องต้นก่อนนำไปทำถ่านอัดแท่ง

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ถ่านที่ดำเนินการนำมาผ่านกระบวนการอัดแท่ง ด้วยการใช้ความร้อน

6.2 เศษถ่านเหลือทิ้ง หมายถึง ถ่านไม้โกงกางที่นำไปใช้ในกระบวนการผลิต (ย่าง) แล้ว

6.3 ค่าความร้อน หมายถึง ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อของเสียถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และค่าความร้อน จะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยได้จากการวิเคราะห์ ด้วยเครื่อง bomb calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM D 5865

6.4 ค่าความชื้น หมายถึง ค่าปริมาณน้ำที่คงเหลือจากการตากแห้ง โดยเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักของถ่าน และมีผลอย่างมากต่อค่าความร้อนและการจับตัวของถ่าน หากมีความชื้นที่สูงจะส่งผลโดยตรงกับค่าความร้อน โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์ TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701 และอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 7582 ในการวิเคราะห์

6.5 เถ้า หมายถึง สารประกอบอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ของถ่านที่มีอุณหภูมิสูง โดยเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ หากมีการนำไปเผาไหม้ควรเกิดเถ้าในปริมาณน้อย ในการวิเคราะห์เถ้าจะใช้ เครื่องวิเคราะห์ TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701 และอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 7582

6.6 ปริมาณสารระเหย หมายถึง องค์ประกอบของถ่านที่ระเหย เมื่อมีการเผาถ่านในอุณหภูมิที่กำหนดในภาชนะปิด สารระเหยที่ออกมามีทั้งที่มาจากสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในการวิเคราะห์ใช้ เครื่องวิเคราะห์ TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701 และอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 7582

6.7 ค่าปริมาณถ่านคงตัว หมายถึง ปริมาณคาร์บอนที่คงเหลือ หลังจากมีการเผาไหม้ถ่านที่มีประสิทธิภาพควรมีค่าปริมาณถ่านคงตัวที่สูง โดยค่าปริมาณถ่านคงตัวใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3176 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ ปริมาณถ่านคงตัว = 100 – (ปริมาณความชื้น + ปริมาณสารระเหย + ปริมาณเถ้า)

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 ทราบถึงความเป็นได้ของการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านที่ใช้แล้ว เพื่อลดเศษถ่านที่เกิดขึ้นจากการผลิต

7.2 ทราบถึงผลลัพธ์จากการผลิตถ่านอัดแท่งที่ใช้แล้ว ว่าจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งที่ยังไม่ได้ใช้แล้วหรือไม่ อาทิ ค่าความร้อน เถ้า ความชื้น

7.3 ทราบถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการอัดแท่งของถ่าน และนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านที่ใช้แล้ว

7.4 สามารถลดต้นทุนการผลิตจากซื้อวัตถุดิบ ประเภทถ่านได้ โดยการใช้ถ่านอัดแท่งทดแทน

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ มีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. กระบวนการย่างไก่
2. ถ่านอัดแท่ง
3. ขั้นตอนการทำถ่านอัดแท่ง
4. คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง
5. ถ่านไม้โกงกาง
6. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. กระบวนการย่างไก่

ผลิตภัณฑ์ไก่แปรรูป (processed chicken) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าจากไก่ วัตถุดิบที่สำคัญที่สุดในการผลิตเนื้อไก่แปรรูป คือ ชิ้นส่วนไก่

ลักษณะของผลิตภัณฑ์สินค้าเนื้อไก่แปรรูปที่ประเทศไทยมีการผลิตเพื่อส่งออกนั้น จะสามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภทหลักๆ คือ ต้ม (boiling) นึ่ง (steaming) อบ (roasting) ย่าง (grilling) และทอด (frying) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ไก่แปรรูปแช่แข็งที่ผ่านกรรมวิธีต้ม (boiling)

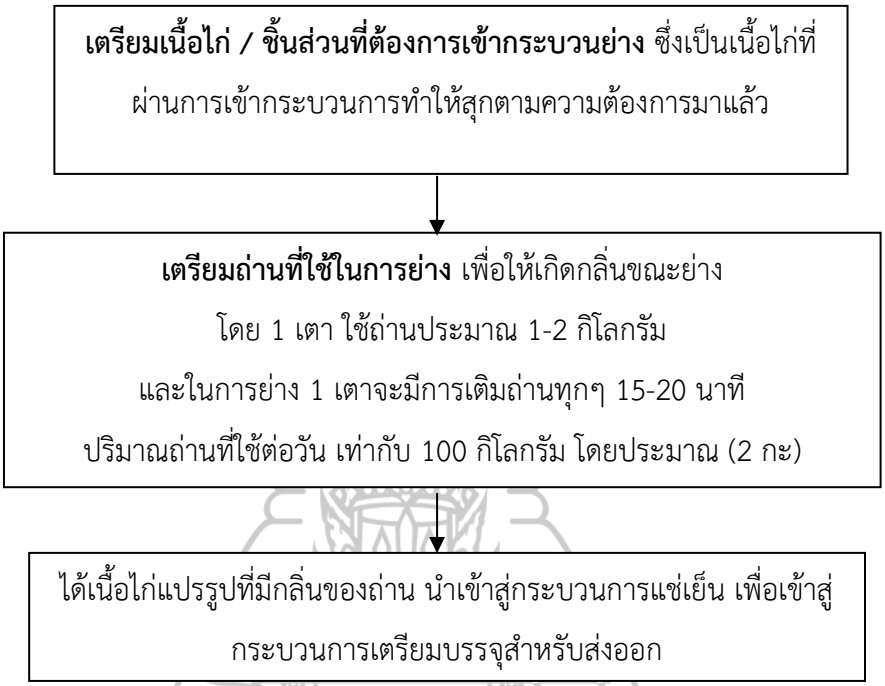
1.2 ไก่แปรรูปแช่แข็งที่ผ่านกรรมวิธีการนึ่ง (steam - cooked chicken meat) ตัวอย่างเช่น เนื้ออกไก่ไร้กระดูกและหนัง (steam skinless boneless breast) เป็นต้น

1.3 ไก่แปรรูปแช่แข็งที่ผ่านกรรมวิธีการอบ (roasting)

1.4 ไก่แปรรูปแช่แข็งที่ผ่านกรรมวิธีการย่าง (roasted / oven-cooked chicken-meat) ตัวอย่างเช่น ไก่ปิ้งเสียบไม้แช่เย็นยากิโทริ เป็นต้น

1.5 ไก่แปรรูปแช่แข็งที่ผ่านกรรมวิธีทอด (coated pre-fried chicken meat) ตัวอย่างเช่น ไก่ชุบแป้ง ทอดคาราเกะ เป็นต้น

กระบวนการทำไก่แปรรูปแช่แข็งที่ผ่านกรรมวิธีการย่าง ซึ่งเป็นการย่างเพียงเพื่อต้องการกลิ่นของถ่าน โดยสามารถสรุปขั้นตอนการย่าง พอสังเขป ได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 กระบวนการย่างไก่ พอสังเขป

โรงงานที่ศึกษาเป็นโรงงานผลิตไก่แปรรูป อาทิ ไก่ย่าง ไก่ทอด ไก่อบ โดยผลิตภัณฑ์ประเภทไก่ย่าง จะมีการใช้ถ่านในกระบวนการย่างไก่ อยู่ที่ 100 กิโลกรัม/วัน โดยประมาณ และจะเกิดเป็นเศษถ่านใช้แล้วมีลักษณะเป็นก้อนเล็กๆ มีขี้เถ้าผสม และนำไปจัดเก็บเพื่อรอส่งกำจัดกองในพื้นที่อยู่เป็นจำนวนมาก และจะเป็นการส่งกำจัดโดยให้ทางผู้รับกำจัดมารับพร้อมทั้งเสียค่าบริการในการขนส่ง

2. ถ่านอัดแท่ง

2.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

วัตถุดิบจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ชานอ้อย ลำต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หญ้าคา หญ้าขจรจบ ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เศษถ่านจากการหุงต้มที่เหลือจากการใช้แล้ว (อุกฤษฏ์ โข่ศรี, 2551) โดยตัวอย่างวัตถุดิบที่สำคัญและนิยมนำมาผลิตถ่านอัดแท่งกันมาก คือ

***2.1.1* กะลามะพร้าว** มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สามารถนำส่วนต่างๆมาทำประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน เช่น ลำต้นนำมาสร้างที่อยู่อาศัย ยอดมะพร้าวนำมาปรุงอาหาร ใบนำมาทำของใช้ เปลือกนอกผลมะพร้าวนำมาใช้ในด้านการเกษตร เนื้อมะพร้าวใช้รับประทาน รวมถึงกะลามะพร้าวนำมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ถ่านอัดแท่งจากกะลามะพร้าวมีคุณสมบัติดีกว่าถ่านไม้ทั่วไป โดยสามารถให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอและสูงกว่าถ่านไม้ถึง 2 เท่า มีขี้เถ้าน้อย ไม่มีประกายไฟปะทุ ไม่มีควัน ไม่ก่อสารพิษจากการเผาไหม้ (ปิยนุช นาคะ, 2545) จึงช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย สร้างรายได้ที่ดีให้กับชุมชน รวมถึงเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์และช่วยลดปริมาณขยะให้น้อยลงด้วย

***2.1.2* แกลบ** เป็นผลิตผลที่ได้มาจากเมล็ดข้าวโดยผ่านการกระเทาะจากโรงสีข้าว แกลบถูกนำมาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรหลายด้าน เช่น นำมาทำปุ๋ย ใช้ในฟาร์มเลี้ยงไก่ ใช้ในงานก่อสร้าง ใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อน และนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในรูปแบบของถ่านอัดแท่งสำหรับใช้ในการหุงต้ม โดยค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากแกลบจะต่ำกว่าถ่านไม้ทั่วไป แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเผาไหม้ พบว่า ถ่านอัดแท่งจากแกลบมีเวลาการเผาไหม้นานกว่าถ่านไม้ทั่วไป (อุกฤษฏ์ โข่ศรี, 2549)

***2.1.3* ซังข้าวโพด** ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากในหลายจังหวัดของประเทศไทย ภายหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยวซังข้าวโพดจะถูกทิ้งเป็นจำนวนมาก ภาครัฐจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรนำซังข้าวโพดเหล่านี้มาทำถ่านอัดแท่ง นอกจากเป็นการสร้างรายได้จากเศษวัสดุเหลือใช้แล้ว ยังช่วยลดปัญหามลภาวะทางอากาศ และลดปริมาณขยะด้วย ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดให้ปริมาณความร้อนในระดับสูง คือ 6,300 แคลอรี่ต่อกรัม ใช้เวลาในการเผาไหม้จนเป็นเถ้า 1.30 ชั่วโมง ในขณะที่ถ่านไม้ให้ความร้อน 4,300 แคลอรี่ต่อกรัม และใช้เวลาในการเผาไหม้จนเป็นเถ้า 1 ชั่วโมง (พานิชย์ ยศปัญญา, 2547)

***2.1.4* ผักตบชวา** นับเป็นพืชน้ำที่สร้างปัญหาให้กับชุมชนและสิ่งแวดล้อมอย่างมาก เนื่องจากพืชน้ำชนิดนี้สามารถขยายพันธุ์ในแหล่งน้ำได้รวดเร็ว ทำให้แหล่งน้ำในหลายๆ พื้นที่มีผักตบชวาเจริญเติบโตอยู่หนาแน่น อาจส่งผลต่อการแย่งธาตุอาหาร ความชื้น และแสงแดด ในพื้นที่

เพาะปลูก บางชนิดมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชปลูก อีกทั้ง ยังเป็นอุปสรรคทางด้านการชลประทาน และการประมง (อุกฤษฏ์ โข่ศรี, 2551) การนำผักตบชวามาผลิตถ่านอัดแท่งนอกจากเป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังสามารถช่วยลดปริมาณผักตบชวาในแม่น้ำลำคลองได้อีกด้วย

***2.1.5* เศษถ่านไม้โกงกาง** เศษถ่านที่เกิดขึ้นจากการเผาถ่านมีอยู่เป็นจำนวนมาก แทนที่จะทิ้งให้เปล่าประโยชน์ จึงมีแนวคิดในการนำเศษถ่านเหล่านี้มาพัฒนาให้เป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างรายได้ให้กับชุมชน และเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน เนื่องจากชาวบ้านในตำบล ยี่สาร อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม มีการปลูกป่าโกงกางเพื่อเผาถ่านเป็นอาชีพอยู่แล้ว ซึ่งโครงการพัฒนาเศษถ่านไม้โกงกางอัดแท่งเพื่อการใช้ประโยชน์จากไม้โกงกางอย่างคุ้มค่านี้ เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษถ่านไม้โกงกางให้มีคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าจากเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วย (สิริพร ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, 2552)

ภาพที่ 2.2 ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้โกงกาง

(ที่มา : http://www.thesungroupthailand.com/ถ่านไม้โกงกางอัดแท่ง)

***2.1.6* เปลือกผลไม้** เปลือกผลไม้ที่นิยมนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง คือ เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด เนื่องจากเปลือกผลไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง และประเทศไทยมีการปลูกผลไม้เหล่านี้เป็นจำนวนมาก เมื่อบริโภคผลไม้แล้วจะเหลือเปลือกทิ้งโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ จึงมีการนำเปลือกผลไม้ 2 ชนิด นี้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในครัวเรือนและอุตสาหกรรม และช่วยลดปริมาณขยะที่จะต้องกำจัดให้น้อยลง (อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย และคณะ, มปป.)

***2.1.7* ปาล์มน้ำมัน** การปลูกปาล์มน้ำมันมักจะมีวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก เช่น กาบใบ กะลาปาล์ม ลำต้น และตอรากปาล์มน้ำมัน เศษวัสดุเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การใช้เป็นเชื้อเพลิงในรูปฟืน การเพาะเห็ด การนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยการใช้เป็น

วัสดุคลุมดินเพื่อรักษาความชุ่มชื้น รวมถึงการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากปาล์มน้ำมันมาพัฒนาและใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากปาล์มน้ำมันและเศษวัสดุของปาล์มน้ำมันนี้ ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือทิ้ง ส่งเสริมการใช้ผลิตผลจากป่าไม้และเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า (นฤมล ภานุนำภา และคณะ, มปป.)

3. ขั้นตอนการทำถ่านอัดแท่ง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง มีหลายชนิด เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ขี้เลื้อย ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หญ้าคา หญ้าขจรจบ ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากการใช้แล้ว ฯลฯ (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน,2535)

3.2 กระบวนการทำถ่านอัดแท่ง มีเริ่มต้นที่ขั้นตอนการผลิตถ่าน จากนั้นนำมาบดย่อย นำมาผสม และทำการอัดเป็นแท่ง และนำมาตากหรือทำให้แห้ง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

***3.2.1* ขั้นตอนการผลิตถ่าน**

ถ่าน หมายถึง การที่มีการนำวัสดุที่จะใช้ทำถ่านมาทำการเผาไหม้ในบริเวณที่มีอากาศอยู่น้อย ซึ่งเมื่อมีการให้ความร้อนจะเป็นการช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน รวมทั้งสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ โดยถ่านที่ได้จากกระบวนการผลิตจะมี ปริมาณคาร์บอนที่สูงและแทบไม่มีความชื้น ถ่านที่ได้จึงเป็นถ่านที่ให้พลังงานสูงซึ่งเมื่อเทียบกับปริมาณในพลังงานในใบแห้งเป็นเกือบสองเท่า สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า “carbonization” โดยกระบวนการดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การเผาไหม้ (combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชั่น โดยให้ความร้อนกับวัสดุภายในเตาเผาถ่าน ในขั้นตอนที่ 2 จะเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิจนถึง 270 องศาเซลเซียส ความชื้น จะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งหมดไปซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ ส่วนในขั้นตอนที่ 3 ของกระบวนการจะเป็นปฏิกิริยาประเภทคายความร้อนโดยเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 250 – 300 องศาเซลเซียสในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซรวมทั้งยังทำให้เกิดกรดอะซิติก เมทิลแอลกฮอล์ และ สารจำพวกน้ำมันดิน ในกระบวนการนี้ส่วนที่ระเหยได้ที่คงเหลืออยู่จะถูกนำออกไป โดยส่งผลให้ปริมาณ C ในถ่านมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ขั้นตอนที่ 4 จะนำถ่านมาทำให้อุณหภูมิลด ซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผาที่ใช้ในการผลิต คุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้ คือ ต้องมีปริมาณคาร์บอน 70 เปอร์เซ็นต์ สารระเหยได้ต้องน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ขี้เถ้าประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และ

ความหนาแน่นประมาณ 0.25 – 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติ เปราะปานกลาง (ธารินี มหายศนันท์, 2548: 11)

***3.2.2* ขั้นตอนการบดย่อย**

ลักษณะของผงถ่านที่จะต้องนำมาใช้ในกระบวนการอัดแท่ง จะต้องมีลักษณะละเอียด เหมาะที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นถ่านอัดแท่ง โดยวิธีการบดย่อย ทำได้หลายวิธี คือ การใช้เครื่องบด เครื่องป่น เครื่องสับ หรือการทำที่ง่ายจะเป็นการนำมาบดด้วยมือ แต่จะต้องใช้แรงงานและเวลานาน (ธารินี มหายศนันท์, 2548: 11)

***3.2.3* การผสม** เป็นการผสมวัสดุที่ถูกทำการป่นย่อยแล้วกับสารที่จะนำมาใช้ประสานวัสดุให้มีติดกันง่ายขึ้นลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้น ซึ่งจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงรวมทั้ง อุณหภูมิที่นำมาใช้ยังต้องเปียกและปกคลุมทั่วพื้นผิวของถ่าน

ในการที่จะใช้สารชนิดไหน เป็นตัวประสานนั้นก็ควรพิจารณาถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ

- ราคาไม่แพง
- มีแรงจับยึดที่ดี
- ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้
- สามารถหาได้ง่ายสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวเชื่อมประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้เลยเพราะมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆ
- ป่นกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้นานๆ (ธารินี มหายศนันท์, 2548: 10)

***3.2.4* การอัดเป็นแท่ง** ตามรูปทรงที่ต้องการ กระบวนการอัดส่วนผสม เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่าง และความแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยทั่วไปจะเป็นรูปทรงกระบอกมีครีบ 5 ครีบรอบด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ตรงกลางมีรูกลวงระบายอากาศตลอดถ่าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกลวงขนาด 1.5 เซนติเมตร ความยาว ขนาด 10 เซนติเมตร ทั้งนี้ ส่วนของขนาดและรูปร่าง จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน , วัตถุประสงค์ของการใช้ถ่าน (ธารินี มหายศนันท์ (2548) ได้ทำการศึกษาถึงความหนาแน่นของฟืนอัด พบว่า ฟืนอัดที่มีความ หนาแน่นระหว่าง 0.35 – 0.45 กรัม/ลบ.ซม. จะมีการติดไฟง่าย และไฟไม่มอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง เหมาะในการอัดได้ด้วยวิธีการกระทุ้ง สำหรับฟืนอัดที่ความหนาแน่นระหว่าง 0.50 –0.55 กรัม/ลบ.ซม. การติดไฟ จะค่อนข้างติดไฟยากกว่า และไฟอาจมอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง ส่วนฟืนอัดที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.60 – 0.70 กรัม/ลบ.ซม. จะมีคุณสมบัติที่ติดไฟยาก และไฟมอดง่ายเมื่อเติมเชื้อเพลิง จึงอาจได้ว่าเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นเหมาะสม จะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ให้ความร้อนได้นาน ส่วนเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นน้อยเกินไปจะทำให้เกิดการลุกไหม้และมอดเร็วซึ่งไม่เหมาะต่อการใช้ เพราะต้องค่อยใส่เชื้อเพลิงเพิ่มอีกด้วย

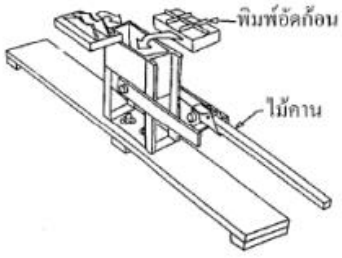
***3.2.5* การทำให้แห้ง** เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นอยู่สูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อเป็นการลดความชื้นให้ได้ตามมาตรฐาน(ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก) เพื่อทำให้เชื้อเพลิงแข็งตัวเกาะกันแน่น ซึ่งวิธีที่ง่ายและถูกที่สุด สำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปผึ่งแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท (ธารินี มหายศนันท์, 2548: 11)

3.3 วิธีการอัดแท่งถ่าน วิธีการอัดแท่งถ่าน มีรูปแบบและกระบอกการอัดแท่งหลายรูปแบบ เช่น กระบอกอัดแบบง่าย เครื่องอัดแบบดั้งเดิม เครื่องอัดแบบเอิร์ธบริค (earth brick) เครื่องอัดแบบลูกสูบ เครื่องอัดแบบเกลียว และเครื่องอัดแบบเพลเลท ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

***3.3.1* กระบอกอัดแบบง่าย** เป็นการใช้กระบอกที่ทำจากท่อเหล็ก ท่อพลาสติกแข็ง กระบอกไม้ไผ่ โดยจะเป็นการอัดซึ่งใช้ส่วนก้านเสียบๆเข้าไป และใช้ก้านเสียบที่ทำด้วยไม้หรือโลหะทำการกระทุ้งๆจนเป็นถ่านอัดที่มีความแน่นตามที่เราต้องการ และนำมาสับหรือตัดเป็นท่อนๆ ตามที่ต้องการ การอัดโดยวิธีนี้จะเป็นวิธีที่ใช้แรงงานและเวลามากกว่าการใช้เครื่องอัด

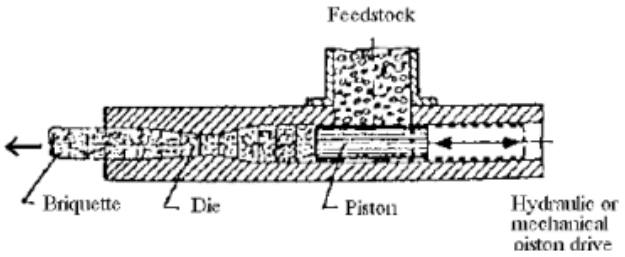
***3.3.2* เครื่องอัดแบบดั้งเดิม** เป็นกระบวนการอัดที่ใช้วิธีและกลไกง่ายๆ โดยใช้คานกด และไม่ต้องการอุปกรณ์อะไรมาก เช่น การอัดแบบเกลียว และแบบไฮโดรลิก แต่อย่างไรก็ตามเครื่องอัดมีขนาดค่อนข้างใหญ่และหนักซึ่งทำให้ยากต่อการเคลื่อนย้าย

***3.3.3* เครื่องอัดแบบเอิร์ธบริค** เครื่องอัดชนิดนี้ให้แรงอัดสูงและสามารถบีบอัดเนื้อของส่วนผสมให้เกาะตัวกันแน่นเป็นแท่งได้ดี เครื่องอัดแบบเอิร์ธบริค (ภาพที่ 2.3) ทำงานโดยใช้แรงคนกดดันกระเดื่องซึ่งอาศัยเครื่องมือกลมาเพิ่มแรงอัด ลักษณะการอัดเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง โดยนำวัสดุผสมที่ตวงแล้วมาเทเข้าไปในช่องรับแล้วปิดฝา โยกคันอัดไปทางด้านตรงข้าม ใช้น้ำหนักตัวดึงคันอัดลงมาให้ต่ำและกดลง วัสดุผสมจะถูกอัดจากด้านล่างขึ้นไปด้านบน เสร็จแล้วโยกคันอัดกลับไปด้านเดิมแล้วเปิดฝา หลังจากนั้น กดคันอัดลงไปให้ต่ำจนถึงแนวราบ ถ่านอัดแท่งก็จะถูกผลักออกมาจากเครื่อง นอกจากนี้ ยังมีวิธีอื่น ในการเพิ่มกำลังอัด เช่น การใช้สกรู และไฮโดรลิก เป็นต้น ซึ่งสามารถขึ้นรูปถ่านแท่งเป็นรูปทรงต่างๆ แล้วแต่ลักษณะของหัวไดร์ (die) เครื่องอัดที่ใช้โดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องอัด แบบลูกสูบ เครื่องอัดแบบเกลียว เครื่องอัดแบบเพลเลท



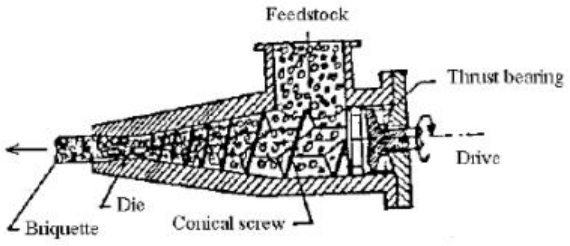
ภาพที่ 2.3 เครื่องอัดแบบเอิร์ธบริค

***3.3.4* เครื่องอัดแบบลูกสูบ (piston press)** การอัดแบบลูกสูบเป็นการอัดชนิดไม่ต่อเนื่อง ชีวมวลที่ถูกอัดจะถูกทำให้ร้อนด้วยแรงเสียดทานขณะที่ถูกดันไปที่หัวไดร์ โดยการทำงานของลูกสูบที่เคลื่อนที่ไป – มาด้วยความดันสูง จะทำให้ได้ชีวมวลอัดแท่งออกมา ปริมาณความชื้นชีวมวลที่นำมาอัดไม่ควรเกิน 12 % จึงจะทำให้อัดเป็นแท่งได้ดีกว่า การอัดแบบนี้ไม่ทำให้เกิดการคาร์บอนไนซ์ (carbonization) ที่รอบข้างของแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้ชีวมวลที่ได้จะมีการเปราะและหักง่าย และเมื่อลูกสูบเกิดการสึกหรอจะทำให้ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ระหว่างลูกสูบและชีวมวลลดลง เครื่องอัดแบบลูกสูบนี้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดของกระบอกสูบและหัวไดร์ ได้ตั้งแต่ 40 – 120 มิลลิเมตร ต้นกำลังที่ใช้ในการขับเครื่องอัดแบบลูกสูบนี้สามารถใช้ได้ทั้งแบบแรงกล และแบบไฮโดรลิก การอัดแบบแรงกลโดยทั่วไปจะมีขนาดใหญ่ **(ภาพที่ 2.6)**



ภาพที่ 2.4 เครื่องอัดแบบลูกสูบ

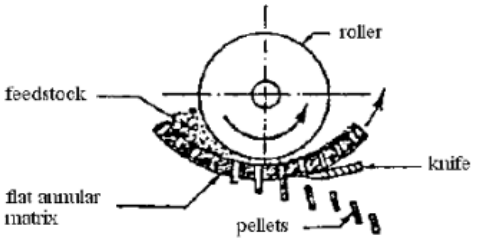
***3.3.5* เครื่องอัดแบบเกลียว (screw press)** ดังแสดงในภานที่ 2.5 จะทำการอัดชีวมวลผ่านแม่พิมพ์ออกมาอย่างต่อเนื่องโดยมีการให้ความร้อนจากข้างนอกเพื่อลดแรงเสียด ทานที่เกิดขึ้น ถ่านที่ได้ออกมาจะติดกันเป็นเส้นยาวๆ และมีขนาดสม่ำเสมอ การอัดแบบนี้ทำให้บริเวณผิวรอบๆ ของแท่งชีวมวลถูกคาร์บอนไนซ์บางส่วน จึงทำให้ง่ายต่อการจุดติดไฟและการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังปกป้องแท่งชีวมวลจากความชื้นรอบๆได้ รูที่อยู่ตรงกลางแท่งชีวมวลจะช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้นเพราะทำให้มีอากาศไหลเวียนอย่างเพียงพอ



ภาพที่ 2.5 เครื่องอัดแบบเกลียว

เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องอัดแบบเกลียวกับเครื่องอัดแบบลูกสูบ จะพบว่า เครื่องอัดแบบเกลียวมีความกะทัดรัดกว่าแบบลูกสูบเนื่องจากไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ไป–มา (reciprocating parts) และ ฟรายดีวลล์ (flywheel)

***3.3.6* เครื่องอัดแบบเพลเลท (pellet press)** วัสดุจะถูกส่งเพื่อไปทำการอัดที่หัวไดร์ เมื่อลูกกลิ้ง (roller) ซึ่งปกติจะมีประมาณ 2 – 3 อัน เคลื่อนที่บนแผ่นเหล็กหรือแผ่นวงแหวน (ภาพที่ 2.6) แรงเสียดสีของหัวไดร์และลูกกลิ้งทำให้เกิดความร้อนขึ้น และอัดวัสดุผ่านหัวไดร์ออกไป การอัดแบบนี้จะได้วัสดุที่มีขนาดน้อยกว่าเครื่องอัดชนิดอื่น และอัดออกมาได้ความหนาแน่นน้อย จึงควรใช้ตัวประสานเข้าช่วย นอกจากนี้วัสดุที่ถูกอัดผ่านหัวไดร์จะร้อน จึงควรมีระบบทำความเย็นหลังการอัด ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดของเครื่องอัดแบบเพลเลทกับเครื่องอัดชนิดอื่นคือ เครื่องอัดแบบเพลเลทมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวไดร์เล็กที่สุด (ไม่เกิน 30 มม.) และแต่ละเครื่องจะมีจำนวนหัวไดร์เท่ากับจำนวนรูบนแผ่นเหล็กหรือแผ่นวงแหวน (ธรรมศักดิ์ พันธ์แสนศรี และคณะ, 2554)



ภาพที่ 2.6 เครื่องอัดแบบเพลเลท

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ความร้อนและแรงอัดสูง

***3.4.1* ปริมาณความชื้น (moisture content)** ชีวมวลที่มีความชื้นสูงจะให้ค่าความร้อนต่ำกว่าชีวมวลที่มีความชื้นต่ำกว่า วัสดุที่มีความชื้นต่ำ จะทำให้จับตัวเป็นก้อนและอัดแท่งได้ยาก ทำให้มีรอยแตกบนผิวของแท่งเชื้อเพลิง แต่วัสดุที่มีความชื้นมากเกินไปจะทำให้เกิดการระเบิดของไอน้ำในระหว่างการอัดวัตถุดิบ น้ำที่อยู่ในวัตถุดิบมีส่วนช่วย กระจายความร้อนในมวลวัตถุ ถ้าวัตถุดิบมีน้ำไม่เพียงพอ จะทำให้ส่งผ่านความร้อนได้ไม่ดีแรงดันที่ต้องใช้ในการอัดแท่งจึงเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าวัสดุมีน้ำมากเกินไป จะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกกระจายไป ส่งผลทำให้น้ำกระจายเป็นไอและบ่อยครั้งทำให้เกิดการระเบิดออกมาจากกระบอกอัด โดยทั่วไปแล้วพบว่า ปริมาณความชื้นของวัสดุที่เหมาะสมที่นำมาอัดควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ทั้งนี้ เพื่อให้วัสดุดังกล่าวเกาะเป็นแท่งได้ง่าย ไม่มีรอยแตกร้าว และมีความแข็งแรงพอเพียง สามารถขนส่งได้โดยไม่แตกหัก

ข้อพิจารณา วิธีการลดความชื้นด้วยการผึ่งแดดหรือจำเป็นต้องอบด้วยเครื่องอบ ขึ้นอยู่กับสภาพของเศษวัสดุเหลือใช้ชนิดนั้นๆ ว่ามีความชื้นมากน้อยเพียงใด และสภาพอากาศพอจะอำนวยให้สามารถผึ่งแดดได้หรือไม่ ในกรณีที่สภาพดินฟ้าอากาศไม่อำนวย เช่น ในฤดูฝนอาจจำเป็นต้องอบด้วยเครื่องอบ

***3.4.2* ขนาดของชิ้นส่วนวัตถุดิบ (particle size)** เศษวัสดุแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เศษวัสดุที่ได้จากการทำไม้จะได้เศษปลายไม้ ส่วนที่ผุหรือมีตำหนิ ได้แก่ พวกขี้เลื่อย ขี้กบ ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกัน เพื่อให้วัสดุเหลือใช้ที่มีขนาดยาวและใหญ่มีขนาดเล็กลงได้ จะต้องนำไปย่อยและบดเสียก่อน เพื่อให้เหมาะสมต่อการป้อนเข้าเครื่องอัด โดยพบว่าขนาดชิ้นส่วนวัสดุ 48-100 mesh เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง เนื่องจากทำให้การผลิตแท่งเชื้อเพลิงใช้แรงดันในการอัดต่ำและใช้ปริมาณตัวประสานน้อย ขนาดชิ้นส่วนวัสดุโดยเฉลี่ยควรจะมีขนาด 3 มิลลิเมตร โดยที่ร้อยละ 20 ของวัสดุที่มีขนาดเล็กอยู่แล้วอาจไม่ต้องย่อยหรือบดแต่ต้องทำการร่อนด้วยตะแกรงเสียก่อน มิฉะนั้นวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ปะปนอยู่จะทำให้ไม่สามารถอัดเป็นแท่งได้ดีพอก็จะทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ

***3.4.3* แรงดัน (pressure)** พบว่าในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะเพิ่มตามการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ใช้ ณ อุณหภูมิเฉพาะ การทำแท่งเชื้อเพลิงอัดแข็งด้วยการระบายความร้อน ควรทำภายใต้แรงดัน ณ ที่อุณหภูมิห้อง โดยทั่วไปจะใช้ความดันในช่วง 0.5-1,200 (kg/m^2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาในการอัดและอุณหภูมิด้วย

***3.4.4* อุณหภูมิ (temperature)** จากการทดลองและเปรียบเทียบการใช้พลังงานในระหว่างการอัดแท่ง พบว่า การทำให้วัสดุที่จะใช้ในการอัดแท่งร้อน ก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องอัดที่อุณหภูมิ 200-225 องศาเซลเซียส จะมีผลให้แรงดันที่ใช้ในการอัดแท่งลดลง 2 เท่าและการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิห้องเป็น 225 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้พลังงานที่ใช้ในการอัดแท่งลดลงประมาณ 2 เท่า อย่างไรก็ตามปริมาณพลังงานของการอัดแท่งชีวมวลโดยรวมจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของการอัดแท่งที่เพิ่มขึ้น (นารา พิทักษ์ อรรณพ ,2528:28)

4. คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

4.1 คุณสมบัติด้านการจัดการ ถ่านอัดที่ได้ไม่ควรร่วน หรือแตกแยกออกเป็นส่วนๆ ในระหว่างการจัดเก็บรักษาและการเคลื่อนย้าย

4.2 คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งตามเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม ,2554) สรุปได้ดังนี้

4.2.1 **ค่าความร้อน (calorimetric value or heating value)** คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อของเสียถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ หรือเรียกว่า ความร้อนของการเผาไหม้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ค่าความร้อนสูง และค่าความร้อนต่ำ มีหน่วยเป็นกิโลจูล (kJ) หรือ กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมของเสีย (kcal/kg)

1) **ค่าความร้อนสูง (High Heating Value; HHV)** เป็นปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเสีย ซึ่งรวมถึงปริมาณความร้อนแฝงที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อไอน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ น้ำที่เป็นองค์ประกอบของของเสียเกิดการควบแน่น
2) **ค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV)** คือ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของเสียที่ไม่รวมค่าความร้อนแฝง

ค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำที่ตรวจวัดได้ในของเสียชนิดหนึ่งจะแตกต่างกันเสมอ โดยค่าความแตกต่างขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในของเสีย ดังนั้น ในกรณีของเสียมีความชื้นมากๆ อาจใช้วิธีการตากแดดหรือผึ่งลมเพื่อลดความชื้นในของเสีย แล้วตรวจวัดเฉพาะค่าความร้อนสูงก็ได้ เนื่องจากในระหว่างการผลิตเชื้อเพลิงแท่งนั้น กระบวนการอัดและการตากแห้งแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำไปใช้ จะทำให้น้ำในของเสียถูกกำจัดออกไปบางส่วน และคงเหลือในแท่งเชื้อเพลิงอีกบางส่วน

4.2.2 **ปริมาณสารที่ระเหยได้ (volatile matters)** เป็นองค์ประกอบในของเสียที่สามารถระเหยได้เมื่อได้รับความร้อน ของเสียที่มีปริมาณสารระเหยได้สูง จะมีแนวโน้มที่มีค่าความร้อนสูงด้วย

4.2.3 **ปริมาณความชื้น (moisture content)** คือ ปริมาณน้ำที่คงเหลืออยู่หลังจากที่ตากแห้งของเสีย ความชื้นของของเสียมีผลต่อค่าความร้อนโดยตรง

4.2.4 **ปริมาณคาร์บอนคงตัว (fixed carbon)** คือ ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่ในของเสียหลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส

4.2.5 **เถ้า (ash)** คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกาแคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ หรือเป็นส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้นั่นเอง ดังนั้น หากของเสียมีขี้เถ้าปริมาณมาก จะเป็นปัญหาในการเผาไหม้และเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น

นอกจากนั้นยังมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ของถ่านอัดแท่งไว้ดังนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554)

3) **การปนเปื้อนสารอันตราย** ต้องไม่ปนเปื้อนสารอันตราย อาทิ สารออกไซค์ สารก่อให้เกิดการระเบิด สารกัดกร่อนที่เป็นออกซิไดซ์ที่แรง (strong oxidizer)
4) **ค่าความร้อน** ต้องไม่ควรต่ำกว่า 3,000 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม
5) **คาร์บอนคงตัว** ต้องไม่ควรต่ำกว่า 15%
6) **เถ้า** ต้องมีค่าไม่ควรเกิน 20%

5. ถ่านไม้โกงกาง

5.1 การเผาถ่านไม้โกงกาง

ไม้โกงกางที่นำมาใช้ในการทำถ่าน ต้องใช้เวลา 10-15 ปี จึงจะนำมาทำเป็นถ่านได้ และยังต้องมีการปลูกทดแทนอยู่เสมอและการเผาถ่านไม้โกงกางจะใช้เวลาประมาณ 45-50 วัน (ภาพที่ 2.7) โดยจะปล่อยทิ้งไว้ในเตาเผาให้มีการระอุ อีก 14 วัน ซึ่งการเผาถ่าน 1 ครั้งใช้ไม้โกงกางประมาณ 20 ตัน นำมาตัดเป็นท่อนเล็ก ขนาด 1.30 เมตร ทุบเปลือกออกแล้วนำเข้าเตา หลังผ่านกระบวนการเผาแล้วจะได้ถ่านไม้โกงกางคุณภาพดีราว 6 ตัน (ประไพ วิริยพันธ์, 2559)

ภาพที่ 2.7 เตาเผาถ่านไม้โกงกาง

(ที่มา: https://www.bloggang.com/m/viewdiary.)

5.2 คุณสมบัติของถ่านไม้โกงกาง

ไม้โกงกางเป็นไม้เนื้อแข็งในป่าชายเลน เมื่อได้นำมาเผาทำเป็นถ่านแล้ว (ภาพที่ 2.8) จึงทำให้มีความร้อนที่สูงกว่าถ่านปกติ ขี้เถ้าน้อย ไม่แตกปะทุ และยังมีข้อดี คือเวลาติดไฟแล้วจะมีเปลวไฟติดตลอด เหมาะสำหรับการต้ม เคี่ยวและปิ้งย่างเป็นอย่างมาก

ภาพที่ 2.8 ถ่านไม้โกงกาง

(ที่มา : https://charcoalthai.com/)

5.3 การนำเศษถ่านไม้โกงกางมาอัดแท่ง เศษถ่านที่เกิดขึ้นจากการเผาถ่านมีอยู่เป็นจำนวนมาก แทนที่จะทิ้งให้เปล่าประโยชน์ จึงมีแนวคิดในการนำเศษถ่านเหล่านี้มาพัฒนาให้เป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างรายได้ให้กับชุมชน และเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน เนื่องจากชาวบ้านมีการปลูกป่าโกงกางเพื่อเผาถ่านเป็นอาชีพอยู่แล้ว ซึ่งโครงการพัฒนาเศษถ่านไม้โกงกางอัดแท่งเพื่อการใช้ประโยชน์จากไม้โกงกางอย่างคุ้มค่านี้ เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษถ่านไม้โกงกางให้มีคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าจากเศษวัสดุเหลือทิ้งด้วย (สิริพร ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา, 2552)

6. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) หมายถึง ระยะเวลาของการลงทุนที่กระแสเงินสดรับสุทธิจากโครงการเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายสุทธิพอดี หรือกล่าวได้ว่าการลงทุนไม่มีกำไรและไม่ขาดทุนนั่นเอง ระยะเวลาคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนอย่างง่ายและไม่ซับซ้อน เป็นการประเมินคร่าวๆและรวดเร็วเหมาะกับเม็ดเงินลงทุนจำนวนไม่มาก อย่างไรก็ตามการคำนวณระยะเวลาคืนทุนมีจุดอ่อนตรงที่ไม่ได้นำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาพิจารณาและไม่ให้ความสำคัญกับกระแสเงินสดที่ได้รับภายหลังระยะเวลาคืนทุน ทำให้อาจเกิดการตัดสินใจเลือกโครงการลงทุนที่ผิดพลาดได้ ดังนั้นในบางกรณีอาจแก้ปัญหาโดยนำกระแสเงินสดมาปรับลดด้วยอัตราคิดลด ซึ่งเป็นการสะท้อนมูลค่าเงินตามเวลาก่อน แล้วค่อยนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (discount payback period : DPB)

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{\text{เงินสดที่ลงทุนสุทธิ}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี}}$

หมายเหตุ : หาก ระยะเวลาคืนทุน ≤ 5 ปี ก็ตัดสินใจลงทุน

หาก ระยะเวลาคืนทุน > 5 ปี ก็ตัดสินใจไม่ลงทุน

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) หมายถึง ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน โดยใช้อัตราคิดลด (discount rate) ตัวใดตัวหนึ่งมาปรับมูลค่าของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาให้มาอยู่ที่จุดเดียวกัน คือ ณ ปัจจุบัน วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ NPV นับเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการนำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาร่วมพิจารณา และเป็นการคำนวณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CFt}{(1+i)t}$$

CFt = กระแสเงินสดรับสุทธิ ณ ปีที่ t

I = เงินสดจ่ายลงทุนโครงการ

i = อัตราคิดลด

n = *อายุโครงการ*

t = ระยะเวลาของโครงการ คือ ปีที่ 1,2,3,.....

เกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้ของโครงการมีค่ามากกว่า 0 ก็ตัดสินใจลงทุนหรือยอมรับโครงการนั้น หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ไม่ลงทุนในโครงการดังกล่าวเนื่องจากไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อานันต์ วาชัยสี และคณะ (2565) ศึกษาการอัดถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านเหลือใช้ในโรงงาน โดยมีการนำเศษถ่านไม้เบญจพรรณจากกระบวนการอบกุ้งแห้งในโรงงานแห่งหนึ่งในอำเภอดอนสัก ซึ่งทางโรงงานพบปัญหามีเศษถ่านเบญจพรรณเหลือเป็นจำนวนมากหลังจากผ่านกระบวนการอบกุ้งแห้งแล้ว โดยก่อนหน้านี้ทางโรงงานได้นำเศษถ่านเหล่านี้ไปทิ้งเพราะเศษถ่านไม่สามารถนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ขั้นตอนการดำเนินการจะนำเศษถ่านเบญจพรรณมาทำการบดละเอียด ให้เป็นผงละเอียดใช้จำนวน 500 กรัม แล้วนำมาผสมกับน้ำแป้งมันสำปะหลัง ในปริมาณ 10,25,40 กรัม แล้วทำการอัดเป็นแท่ง นำไปตากแดดไล่ความชื้น 4-5 วัน หลังจากนั้นนำมาทำการทดสอบค่าอุณหภูมิความร้อน ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง ทั้ง 3 อัตราส่วน ซึ่งพบว่าถ่านอัดแท่งในอัตราส่วนผสมสูตรที่ 2 คือ ผงถ่าน 500 กรัม น้ำแป้งมันสำปะหลัง 25 กรัม มีความ

เหมาะที่จะนำมาใช้งาน โดยมีอัตราการเผาไหม้ที่ 145 นาที จุดติดไฟได้ง่าย เพียง 5 นาที มีอุณหภูมิความร้อนของถ่านสูงสุดอยู่ที่ 556.5 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิความร้อนเฉลี่ยสูงถึง 403.3 องศาเซลเซียส

ปฐมศก วิไลพลและคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์อัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของกระบวนการเผาอิฐมอญ โดยการนำเศษถ่านไม้ที่ปนรวมกับขี้เถ้าซึ่งเหลือจากกระบวนการเผาอิฐ มาแยกเศษถ่านออกจากขี้เถ้าแล้วนำมาเข้าเครื่องแฮมเมอร์มิลล์ขนาด 2 Hp และนำมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วนคือ ผงถ่าน (42-51%) ต่อน้ำ (41-51%) และใช้แป้งมันเป็นตัวประสาน (2-14%) จากการทดสอบในครั้งนี้ สรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผงถ่าน 49% น้ำ 49% และแป้งมันสำปะหลัง 2% มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงค่าความร้อน 6,726 แคลอรี่ต่อกรัม และยังมีระยะเวลาในการติดไฟและระยะเวลาที่น้ำเดือดดีที่สุด

รอกีเยาะ สาและ (2559) ได้ศึกษาการทำถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ อาทิ ขี้เลื่อย แกลบ และกะลามะพร้าว โดยนำวัสดุทั้ง 3 อย่างผสมกันในอัตราส่วนที่ 1:1:1 จากนั้นนำมาผสมกับตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วน 2 , 2.5 และ 3 หลังจากผสมเสร็จก็นำไปเข้าเครื่องทำถ่านอัดแท่ง และนำมาทำการทดสอบหาค่าความร้อน จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมและให้ค่าความร้อนเฉลี่ยสูงถึง 1.002 ± 0.109 แคลอรี่/กิโลกรัม เป็นอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 2 โดยน้ำหนัก

พิเชฐ ลาภานุพัฒน์ (2556) ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำซังข้าวโพดมาทำเป็นถ่านอัดแท่ง พบว่าถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด ยังสามารถให้ค่าความร้อนสูงมากกว่า 6,300 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ซึ่งจากการศึกษานั้นการลงทุนเริ่มต้นจะอยู่ที่ 1.2 ล้านบาท มีระยะเวลาโครงการ 5 ปี สามารถคืนทุนได้ภายใน 3.76 ปี จึงสรุปได้ว่า โครงการทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดเหมาะแก่การลงทุน

หาญณรงค์ บำรุงศิริ (2555) เป็นการศึกษาสมบัติทางกลและทางกายภาพของถ่านไม้อัดก้อนจากเศษถ่านไม้ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากกระบวนการตีพร้า วัตถุดิบหลักๆที่นำมาใช้จะเป็นถ่านไม้เม็กและเศษถ่านไม้เบญจพรรณและนำมาผสมกับตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลังและปูนขาว กำหนดอัตราส่วนเศษถ่านไม้:แป้งมันสำปะหลัง:ปูนขาว 3 อัตราส่วน คือ 60:2:1 70:2:1 และ 80:2:1 นำส่วนผสมมาอัดเป็นถ่านอัดแท่ง เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งจากการศึกษา พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมและสามารถใช้งานได้ในกระบวนการตีพร้า และยังให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 5,556.51 แคลอรี่/กรัม ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ที่ต้องมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี่/กรัม คือ อัตราส่วน 60:2:1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล (2553) ได้มีการนำถ่านกะลามะพร้าว ถ่านเหง้าสำปะหลังมาทำการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง โดยจากการทดสอบพบว่า ค่าความร้อนที่ได้จากการผสมถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง มีค่าถึง 5,003 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม โดยใช้อัตราส่วนที่ 3:7

Angga Pramana (2023) มีการศึกษาลักษณะถ่านแท่งที่ทำจากยางแท่งและกะลามะพร้าวโดยใช้แป้งมันสำปะหลังทำให้เกิดการเกาะตัวกัน มีอัตราส่วนการผสม แท่งยาง: ถ่านกะลามะพร้าวทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 โดยเติมแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัมต่อ 5% ของน้ำหนักถ่านทั้งหมด จากการทดสอบพบว่าถ่านอัดก้อนที่มีคุณสมบัติมาตรฐานมีอัตราส่วน 50:50 โดยให้ค่าความร้อนสูงถึง 8082.29 แคลอรี่/กรัม

S A Handayani (2023) เป็นการศึกษาถ่านอัดก้อนที่มีขี้เลื่อยจากอูลิน และกะลามะพร้าว มีการศึกษาซ้ำ 3 ครั้ง จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วน A1B5 คือ ขนาดอนุภาค 40 mesh โดยมีอัตราส่วนกะลามะพร้าว 100% สามารถให้ค่าความร้อนได้ถึง 6,998.19 แคลอรี่/กรัม และค่าความชื้น 5.27%

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi experimental research) โดยขั้นตอนการวิจัยจะเป็นการนำเศษถ่านไม้โกงกางที่ใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่ มาดำเนินการผสมกับแป้งมันสำปะหลัง แล้วทำการอัดแท่ง และนำมาวิเคราะห์ค่าความชื้น เถ้า ปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM D 7582 ปริมาณถ่านคงตัว ตามมาตรฐาน ASTM D3176 และค่าความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM D 5865

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร เป็นเศษถ่านเหลือใช้จากกระบวนการย่างไก่ ซึ่งจะเป็นการใช้ถ่านไม้โกงกางในการนำไปจุดไฟ และต้องการเพียงกลิ่นในในการย่างของโรงงานแปรรูปไก่

1.2 กลุ่มตัวอย่าง เก็บตัวอย่างแบบกะ (batch) จากเศษถ่านเหลือใช้จากกระบวนการย่างในช่วงเดือน มกราคม 2566 จำนวน 3 กะ แล้วนำมาผสมกันให้ได้น้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอัดถ่าน

- ***2.1.1*** เครื่องตีป่นถ่าน
- ***2.1.2*** กะละมังผสม
- ***2.1.3*** เครื่องอัดถ่าน
- ***2.1.4*** เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ ISHIDA รุ่น 512UA
- ***2.1.5*** ผ้าปิดจมูก เพื่อป้องกันฝุ่น

2.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง

- ***2.2.1*** เครื่อง TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701 ใช้ในการวัดค่าความชื้น เถ้า และปริมาณสารระเหย
- ***2.2.2*** เครื่องบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (bomb Calorimeter) ใช้ในการวัดค่าความร้อน

2.3 **อุปกรณ์สำหรับทดสอบการจุดไฟและอุณหภูมิความร้อน**

- ***2.3.1*** เตาสำหรับจุดไฟ
- ***2.3.2*** นาฬิกาจับเวลา
- ***2.3.3*** เครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา

3. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

3.1 วัตถุดิบที่นำมาใช้ แบ่งถ่านเป็น 2 ชนิด

***3.1.1* ถ่านไม้โกงการ** ที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน เป็นไม้โกงกางเนื้อแข็งที่ผ่านกระบวนการเผาด้วยความร้อน จากโรงงานแห่งหนึ่ง ราคากระสอบละ 40 บาท (กระสอบละ 10 กิโลกรัม)

***3.1.2* เศษถ่านไม้โกงกางที่ใช้แล้ว** โดยมีขั้นตอนการเตรียม ดังนี้

1) นำถ่านจากไม้โกงการ ที่ผ่านการใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่ จำนวน 3 กะ (ผสมกันให้ได้น้ำหนักประมาน 100 กิโลกรัม) มาทำการตากแดด เนื่องจากในการย่างไก่อาจมีมันไก่หยดลงไปในถ่าน รวมทั้งหลังย่างทุกครั้งจะมีการดับไฟด้วยการราดน้ำ

ภาพที่ 3.1 เศษถ่านที่นำมาตาก

2) ทำการคัดแยกเศษขยะที่ปนเปื้อนอยู่ในถ่านที่ใช้แล้ว อาทิ เศษไม้เสียบไก่ เพราะมีเศษไม้เสียบไก่ผสมไป เมื่อนำถ่านอัดแท่งไปใช้จะเกิดควันและมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นได้ การคัดแยกเศษขยะทำได้โดยการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3.2)

ภาพที่ 3.2 การนำเศษถ่านที่ใช้แล้ว มาทำการร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 4 มิล

3.2 แป้งมันสำปะหลัง เป็นวัสดุประสานในการเชื่อมให้ถ่านจับเป็นก้อน โดยนำมาจากโรงงานผลิตแป้งสำหรับอัดถ่านแห่งหนึ่ง กระสอบละ 375 บาท (กระสอบละ 30 กิโลกรัม)

4. ขั้นตอนการทำถ่านอัดแท่ง

4.1 การตีป่นเศษถ่าน โดยการนำถ่านที่ใช้แล้ว ที่ได้มีการนำไปตากแดดไว้มาทำการบดในเครื่องบดถ่าน (ภาพที่ 3.3) ใช้เวลาประมาน 2 นาที และนำถ่านที่ผ่านการป่นแล้วไปชั่งน้ำหนักเป็นถุงๆละ 10 กิโลกรัม เพื่อสะดวกต่อการผสม

ภาพที่ 3.3 การตีป่นเศษถ่าน ด้วยเครื่องตีป่นเศษถ่าน

4.2 การผสม/นวดถ่าน โดยนำถ่านที่ผ่านการป่นแล้วมาทำการผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วนที่กำหนด และมีการผสมน้ำเพื่อให้เกิดการจับตัวระหว่างถ่านและแป้งมันสำปะหลัง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมในการทำถ่านอัดแท่ง

อัตราส่วน (% โดยน้ำหนัก)	เศษถ่าน (กิโลกรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กิโลกรัม)
20%	10	2
10%	10	1
5%	10	0.5

ภาพที่ 3.4 การผสม/นวดถ่าน

4.3 การอัดถ่าน เป็นการอัดถ่านโดยใช้เครื่องอัดถ่านที่ใช้ความร้อนในการทำให้เกิดรูป โดยการนำถ่านที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังเรียบร้อยแล้ว เทลงไปในเครื่องอัดถ่าน (ภาพที่ 3.5) เมื่อเข้าไปในกระบอกจะเกิดการเสียดสีและความร้อน ทำให้เกิดการจับเป็นก้อน และตั้งเซนเซอร์เพื่อตัดถ่านในขนาดที่ต้องการ

ภาพที่ 3.5 การอัดถ่าน

4.4 นำถ่านอัดแท่งไปดำเนินการตากแดด (ภาพที่ 3.6) ระยะเวลา ประมาณ 3-5 วัน

ภาพที่ 3.6 การนำถ่านมาตากแดด

5. การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง และการทดสอบการติดไฟ

5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

ดำเนินการเก็บตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนเพื่อนำส่งให้กับศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ทำการตรวจวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง ประกอบด้วย ค่าความชื้น เถ้า ปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM D 7582 ปริมาณคาร์บอนคงตัว ตามมาตรฐาน ASTM D3176 และค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D 5865 โดยทำการทดลองตามพารามิเตอร์ดังกล่าว ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง รายละเอียด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การทดลองหาค่าตามพารามิเตอร์

ชื่อตัวอย่าง	รายละเอียด	จำนวนตัวอย่าง
ถ่านไม้โกงกาง	ที่ยังไม่ได้นำไปย่างไก่	1 ตัวอย่าง
อัตราส่วนที่ 1	อัตราส่วน 20%	3 ตัวอย่าง
อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วน 10%	3 ตัวอย่าง
อัตราส่วนที่ 3	อัตราส่วน 5%	3 ตัวอย่าง

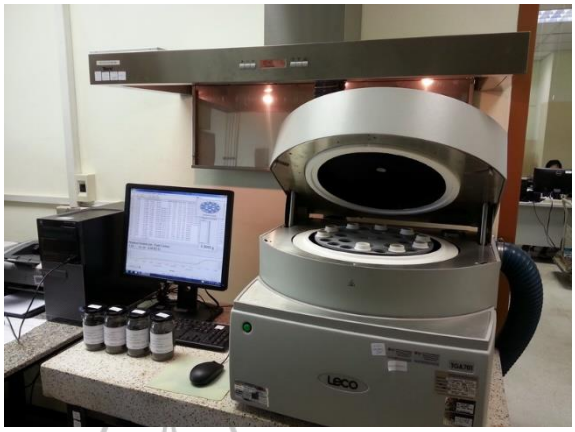
ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ดังนี้

***5.1.1* ตรวจวัดความชื้น , เถ้า , ปริมาณสารระเหย** โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์ TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701 ภาพที่ 3.7 และอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 7582

1) การวิเคราะห์ proximate analysis ด้วยเครื่องวิเคราะห์ TGA-701 โดยใช้หลักการ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุ ภายใต้อุณหภูมิและบรรยากาศที่ถูกควบคุม น้ำหนักที่หายไปจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเกิดจากการระเหย การย่อยสลาย หรือการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (resolution 0.0001 กรัม)

- **ความชื้น** โดยให้ความร้อนที่ 105 **±** 3 องศาเซลเซียส ในสภาพของก๊าซแห้ง (drying gas) ที่มีการเปิดฝาถ้วยจนน้ำหนักคงที่
- **สารระเหย** โดยให้ความร้อนที่ 950 **±** 10 องศาเซลเซียส ในสภาพของก๊าซไนโตรเจนที่มีการปิดฝาถ้วย เป็นเวลา 7 นาที

- **เถ้า** โดยให้ความร้อนที่ **750 ±** 10 องศาเซลเซียส ในสภาพของก๊าซออกซิเจนที่มีการเปิดฝาถ้วยจนน้ำหนักคงที่



ภาพที่ 3.7 เครื่องวิเคราะห์ TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701

***5.1.2* การวิเคราะห์หาปริมาณถ่านคงตัว** วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3176 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

ปริมาณถ่านคงตัว = 100 – (ปริมาณความชื้น + ปริมาณสารระเหย + ปริมาณเถ้า)

***5.1.3* ตรวจวัดค่าความร้อน** ดำเนินการนำถ่านที่ตากแห้งแล้วในแต่ละอัตราส่วนไปหาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (ภาพที่ 3.8) เพื่อทดสอบค่าความร้อน ยี่ห้อ PARR รุ่น PARR 6300 และอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 5865

หลักการทำงานโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงเหลว 1 หน่วยปริมาณ ที่ปริมาตรคงที่ในออกซิเจนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ภายใต้ก๊าซออกซิเจนเพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ ซึ่งความร้อนที่ได้จะถูกถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ภายนอก รอบๆ ลูกบอมบ์ โดยเครื่องจะวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนและหลังการเผาไหม้ตัวอย่าง (ΔT)

ภาพที่ 3.8 เครื่องบอมบ์ แคลอริมิเตอร์

5.2 การทดสอบการติดไฟและลักษณะควัน มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 นำถ่านไม้โกงกางที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน และถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกางที่นำมาอัดแท่ง มาทำการจุดไฟในเตาที่เตรียมไว้

5.2.2 จับเวลาระยะเวลาการเริ่มติดไฟ เพื่อดูระยะเวลาการจุดติดไฟของถ่าน

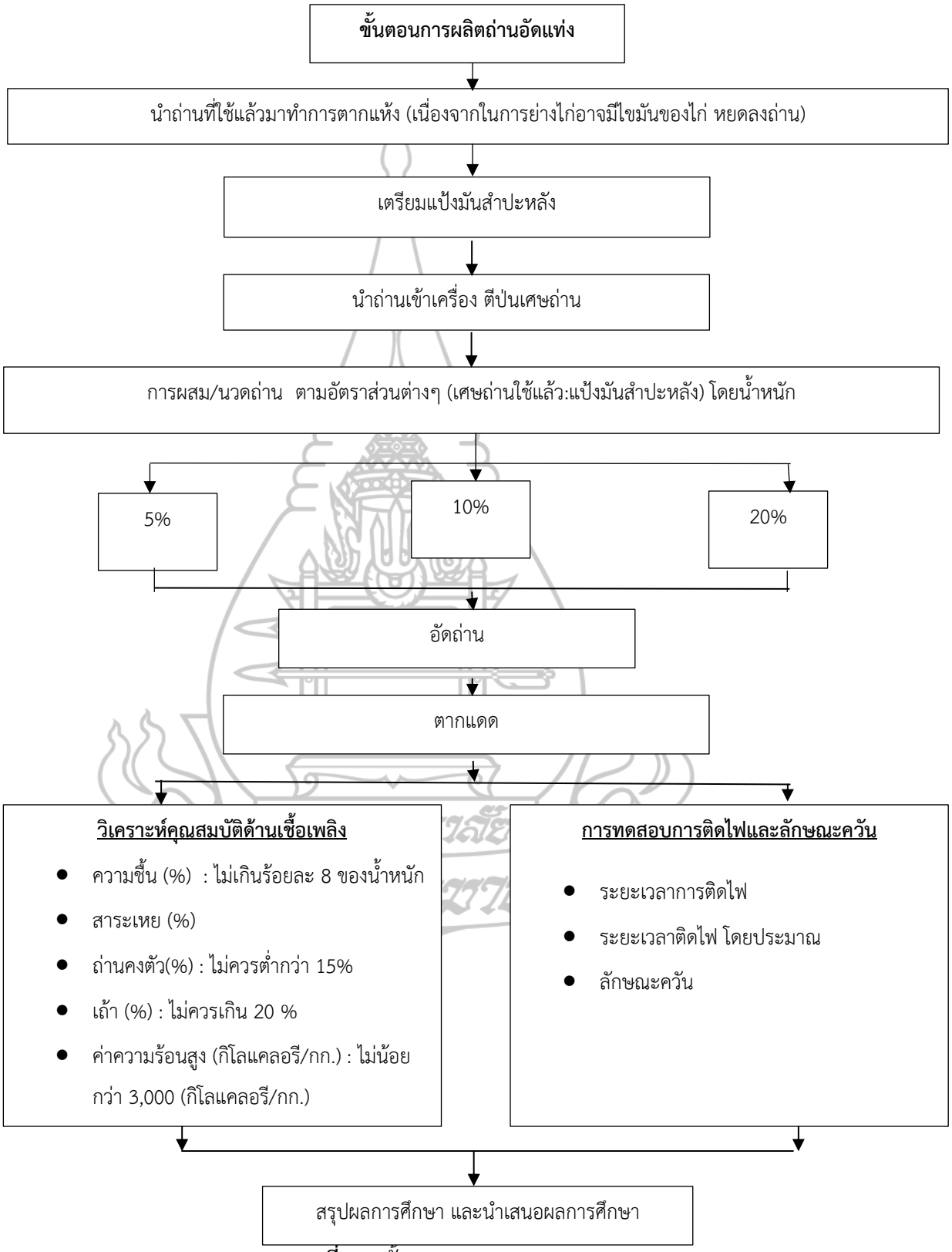
5.2.3 วัดอุณหภูมิความร้อนด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบพกพา ย่านการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -50+600 องศาเซลเซียส ความเที่ยงตรง ± 1 องศาเซลเซียส สำหรับย่าน 10 - 100 องศาเซลเซียส ± 2% ของค่าที่อ่านได้ สำหรับย่านอื่นๆ และผ่านการปรับเทียบความถูกต้องเรียบร้อย หา ตำแหน่งของจุดร้อนโดยเล็งหรือชี้เครื่องไปยังบริเวณที่คาดว่าจะเป็นจุดร้อน จากนั้นเลื่อนเทอร์โมมิเตอร์ขึ้นลงจนกว่าจะเจอจุดที่เป็นความร้อน (เป็นการวัดอุณหภูมิโดยประมาณ)

5.2.4 จับเวลาระยะติดไฟจากเริ่มติดไฟจนกลายเป็นขี้เถ้า โดยประมาณ สังเกตการติดไฟตั้งแต่เริ่มก้อนแรก จนติดไฟครบทุกก้อนจนเป็นขี้เถ้า

5.2.5 สังเกตลักษณะควันที่เกิดขึ้น เพื่อดูลักษณะและสีของควัน โดยการนำเตาที่ทดสอบลักษณะควัน ไปตั้งในพื้นที่ที่มีพื้นหลัง ให้สามารถมองเห็นลักษณะและสีของควันให้ชัดเจน

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

โดยสามารถสรุปขั้นตอนการทดลองได้ ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการทดลอง

6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำเศษถ่านที่ใช้แล้วจากการย่างไก่มาทำเป็นถ่านอัดแท่ง โดยการคำนวณต้นทุนในการผลิตถ่านไม้อัดแท่งเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการซื้อถ่านไม้โกงกาง เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการนำถ่านอัดแท่งกลับมาใช้ใหม่

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง

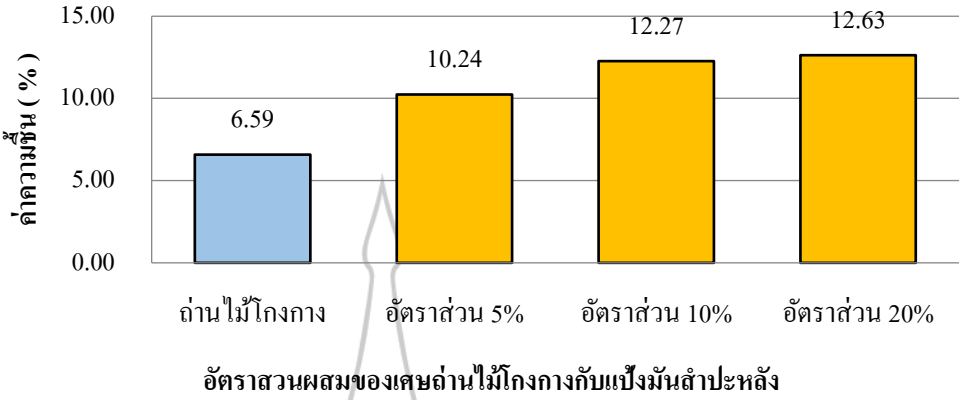
1.1 ผลการทดสอบค่าความชื้น จากการเตรียมถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 5% , 10% และ20% เพื่อนำมาทดสอบค่าความชื้น โดยทำการทดสอบ ด้วยวิธี ASTM D 7582 ได้ผลตามตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าความชื้น

อัตราส่วนผสม	**ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)**
	ผลการทดสอบค่าความชื้น (%)
ถ่านไม้โกงกาง	6.59
5%	10.24 ± 1.57
10%	12.27 ± 2.25
20%	12.63 ± 2.02

จากตารางที่ 4.1 จะพบว่า ค่าความชื้นของถ่านไม้โกงกาง จะอยู่ที่ 6.59% และความชื้นโดยเฉลี่ยของแต่ละอัตราส่วน พบว่า อัตราส่วน 5% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10.24± 1.57 % อัตราส่วน 10% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.27± 2.25 % อัตราส่วน 20% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 12.63 ± 2.02 %

ซึ่งจากผลการทดสอบค่าความชื้นของทั้ง 3 อัตราส่วน พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันและเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อย ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 8 % (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) และเมื่อเทียบกับถ่านไม้โกงกางที่ยังไม่มีการนำมาใช้ พบว่า ความชื้นของถ่านอัดแท่งมีค่าสูงกว่าถ่านไม้โกงกาง(6.59) ดังแสดงใน **ภาพที่ 4.1**



ภาพที่ 4.1 ค่าความชื้นของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง

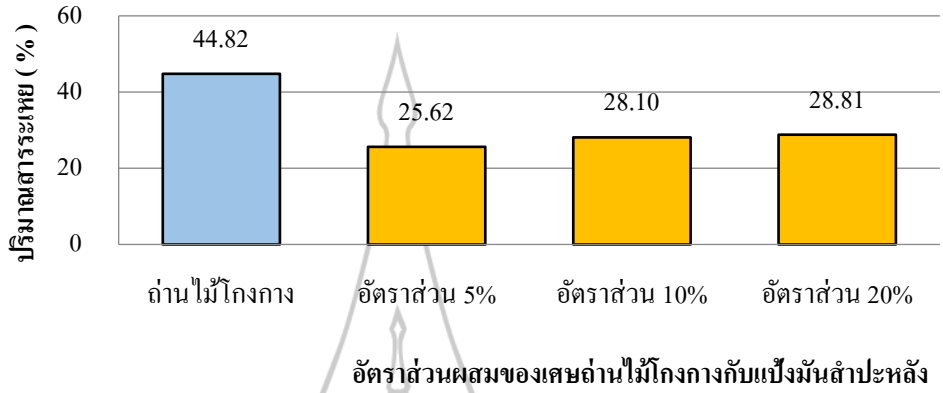
1.2 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย จากการเตรียมถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 5% , 10%, 20% เพื่อนำมาทดสอบปริมาณสารระเหย โดยทำการทดสอบด้วยวิธี ASTM D 7582 ได้ผลตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย

อัตราส่วนผสม	ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)
	ผลการทดสอบปริมาณสารระเหย (%)
ถ่านไม้โกงกาง	44.82
5%	25.62 ± 0.38
10%	28.10 ± 0.75
20%	28.81 ± 2.73

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่า ปริมาณสารระเหยของถ่านไม้โกงกาง จะอยู่ที่ 44.82 % และปริมาณสารระเหย โดยเฉลี่ยของทั้ง 3 อัตราส่วน พบว่า อัตราส่วน 5% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 25.62± 0.38 % อัตราส่วน 10% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 28.10 ± 0.75 % และอัตราส่วน 20 % มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 28.81± 2.73 %

ซึ่งจากการทดสอบปริมาณสารระเหย พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 25.62 ± 0.38 , 28.10 ± 0.75 , 28.81 ± 2.73 และน้อยกว่าถ่านไม้โกงกาง ดังแสดงใน**ภาพที่ 4.2**



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารระเหยของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง

1.3 ผลการทดสอบปริมาณถ่านคงตัว จากการเตรียมถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 5% 10% และ20% เพื่อนำมาทดสอบปริมาณถ่านคงตัว โดยทำการทดสอบด้วยวิธี ASTM D3176 ได้ผลตามตารางที่ 4.3

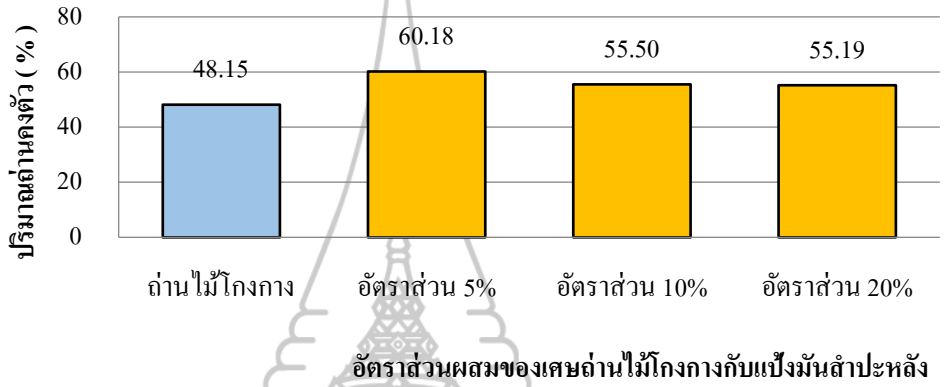
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบค่าถ่านคงตัว

อัตราส่วนผสม	**ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)**
	ผลการทดสอบปริมาณถ่านคงตัว (%)
ถ่านไม้โกงกาง	48.15
5%	60.18 ± 1.11
10%	55.50 ± 2.05
20%	55.19 ± 0.77

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่า ปริมาณถ่านคงตัวของถ่านไม้โกงกาง จะอยู่ที่ 48.51% และปริมาณถ่านคงตัวโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 ตัวอย่างในแต่ละ อัตราส่วน พบว่า อัตราส่วน 5% มีค่าเฉลี่ยอยู่

ที่ 60.18± 1.11 % อัตราส่วน 10% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 55.50± 2.05 % และอัตราส่วน 20% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 55.19± 0.77 %

ซึ่งพบว่าผลการทดสอบปริมาณถ่านคงตัว พบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน คือ ต้องมากกว่า หรือ เท่ากับ 15% รวมทั้งยังให้ค่าที่สูงกว่า ถ่านไม้โกงกาง ดังแสดงใน**ภาพที่ 4.3**



ภาพที่ 4.3 ปริมาณถ่านคงตัวของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง

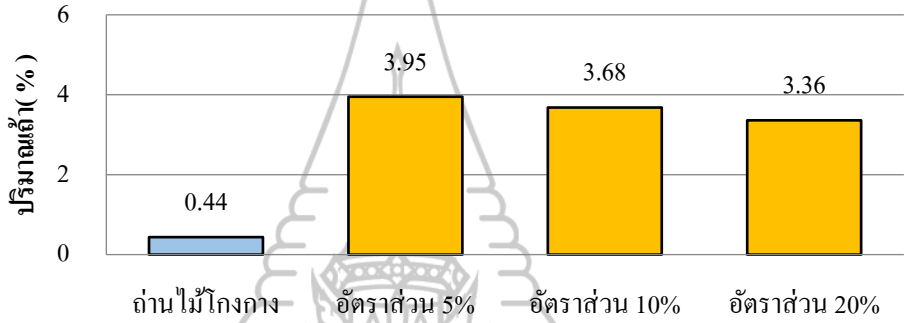
1.4 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า จากการเตรียมถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 5% 10% และ20% เพื่อนำมาทดสอบปริมาณเถ้า โดยทำการทดสอบ ด้วยวิธี ASTM D 7582 ได้ผลตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบปริมาณเถ้า

อัตราส่วนผสม	**ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)**
	ผลการทดสอบปริมาณเถ้า(%)
ถ่านไม้โกงกาง	0.44
5%	3.95 ± 0.10
10%	3.68 ± 0.23
20%	3.36 ± 0.17

จากตารางที่ 4.4 จะพบว่า ปริมาณเถ้าของถ่านไม้โกงกาง จะอยู่ที่ 0.44% และปริมาณเถ้าโดยเฉลี่ยของทั้ง 3 อัตราส่วน พบว่า อัตราส่วน 5% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.95± 0.10 %อัตราส่วน 10% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.68 ± 0.23 % และอัตราส่วน 20% มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.36± 0.17 %

โดยการทดสอบปริมาณเถ้า พบว่า มีผลการทดสอบที่เป็นไปตามมาตรฐาน คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20% ทั้ง 3 อัตราส่วน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้โกงกาง พบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีปริมาณเถ้าที่มากกว่า ดังแสดงใน**ภาพที่ 4.4**



ภาพที่ 4.4 ปริมาณเถ้าของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง

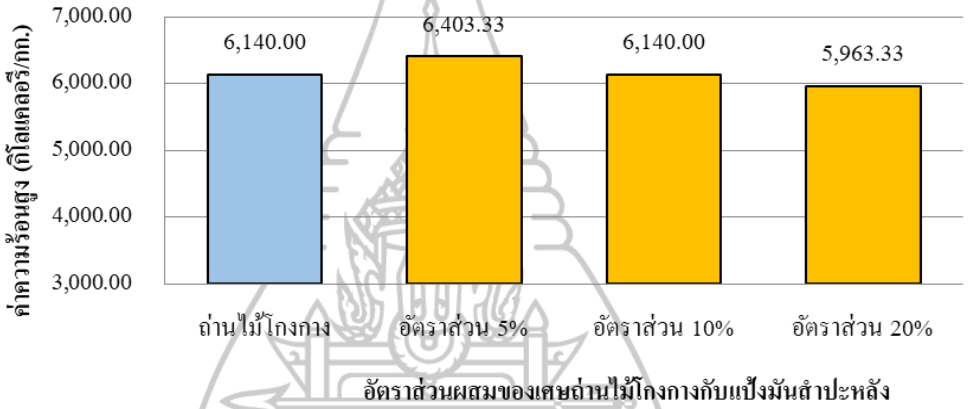
1.5 ผลการทดสอบค่าความร้อน จากการเตรียมถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 5% 10% และ20% เพื่อนำมาทดสอบค่าความร้อน โดยทำการทดสอบ ด้วยวิธี ASTM D 5865 ได้ผลตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบค่าความร้อน

อัตราส่วนผสม	**ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)**
	ผลการทดสอบค่าความร้อน(กิโลแคลอรี/กก.)
ถ่านไม้โกงกาง	6,140
5%	6,403.33 ± 100.17
10%	6,140.00 ± 260.00
20%	5,963.33 ± 75.06

จากตารางที่ 4.5 จะพบว่า ค่าความร้อนของถ่านไม้โกงกาง จะอยู่ที่ 6,140 และค่าความร้อน กิโลแคลอรี/กิโลกรัม โดยเฉลี่ยในแต่ละอัตราส่วน 5% เท่ากับ 6,403.33± 100.17 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม อัตราส่วน 10% เท่ากับ 6,140.00± 260.00 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และอัตราส่วน 20% เท่ากับ 5,963.33± 75.06 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

โดยในส่วนของการทดสอบค่าความร้อนของทั้ง 3 อัตราส่วนนั้น พบว่า มีค่าความร้อนที่สูงเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด คือ มากกว่า 3,000 (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) รวมทั้งมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกาง ดังแสดงใน**ภาพที่ 4.5**



ภาพที่ 4.5 ค่าความร้อนสูงของถ่านไม้โกงกาง และถ่านอัดแท่ง

และเมื่อนำผลการวิเคราะห์**ค่าความร้อน** มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ค่าความร้อน ของทั้ง 3 อัตราส่วน

ค่าความแปรปรวน		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
การวิเคราะห์ค่าความร้อน	ระหว่างกลุ่ม	294155.556	2	147077.778	5.299	.047
	ภายในกลุ่ม	166533.333	6	27755.556		
	รวม	460688.889	8			

หมายเหตุ : sig. < 0.05

จาก **ตารางที่ 4.6** พบว่า การทดสอบความแตกต่างทางสถิติการทดสอบ F มีค่าเท่ากับ 5.299 และ ค่านัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ 0.047 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการทดสอบค่า

ความร้อนแต่ละอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถติ จึงสามารถแสดงผลรายคู่ด้วยวิธี LSD ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ของค่าความร้อน

ค่าความร้อน	ค่าเฉลี่ย	อัตราส่วน 5%	อัตราส่วน 10%	อัตราส่วน 20%
		6,403.33	6,140.00	5,963.33
อัตราส่วน 5%	6,403.33	-	263.33	440.00*
อัตราส่วน 10%	6,140.00		-	176.67
อัตราส่วน 20%	5,963.33			

จากตารางที่ 4.7 เมื่อนำมาทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยวิธี LSD พบว่า ค่าเฉลี่ยค่าความร้อนของอัตราส่วนที่ 5% มีค่าเฉลี่ยมากกว่า อัตราส่วนที่ 20 % อย่างมีนียสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนอัตราส่วนที่ 5% กับ อัตราส่วนที่ 10% และ อัตราส่วนที่ 10% กับ อัตราส่วนที่ 20 % พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงกับค่าแนะนำของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

2.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้านเชื้อเพลิง (อัตราส่วนละ 3 ซ้ำ) เปรียบเทียบกับผลการทดสอบคุณสมบัติถ่านไม้โกงกาง และค่าแนะนำตามเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) แสดงได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้านเชื้อเพลิง ในแต่ละอัตราส่วน

อัตราส่วนผสม	ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อนสูง (กิโลแคลอรี/กก.)
ค่าแนะนำ*	≤ 8	–	≥ 15	≤ 20	≥ 3,000
ถ่านไม้โกงกาง	6.59	44.82	48.15	0.44	6,140
5%	10.24	25.62	60.18	3.95	6,403.33
	(± 1.57)	(± 0.38)	(± 1.11)	(± 0.10)	(± 100.17)
10%	12.27	28.10	55.50	3.68	6,140.00
	(± 2.25)	(± 0.75)	(± 2.05)	(± 0.23)	(± 260.00)
20%	12.63	28.81	55.19	3.36	5,963.33
	(± 2.02)	(± 2.73)	(± 0.77)	(± 0.17)	(± 75.06)

หมายเหตุ * กรมโรงงานงานอุตสาหกรรม (2555)

3. ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาติดไฟและลักษณะควัน

จากการเตรียมถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่างๆ ทั้ง 3 อัตราส่วน คือ 5% 10% และ20% โดยการนำมาทดสอบระยะเวลาติดไฟ และการทดสอบลักษณะควันที่เกิดขึ้น โดยน้ำหนักที่นำมาทดสอบที่น้ำหนัก 200 กรัม โดยปริมาณเท่ากันทุกอัตราส่วน

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบคุณสมบัติระยะเวลาติดไฟและลักษณะควัน

อัตราส่วน	ผลการทดสอบ ($\bar{x}$ ± S.D)			
	ระยะเวลาเริ่มติดไฟ(นาที)	อุณหภูมิ(C°)	ระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ (ชั่วโมง)	ลักษณะควัน
ถ่านไม้โกงกาง	10.07 (± 3.53)	548.63 (± 1.79)	2.10 (± 0.17)	ไม่มีควัน
5%	11.39 (± 5.42)	544.60 (± 10.89)	2.60 (± 1.09)	ไม่มีควัน
10%	12.76 (± 1.37)	541.13 (± 18.65)	1.71 (± 0.74)	ไม่มีควัน
20%	14.09 (±2.70)	540.53 (± 17.39)	2.02 (± 0.48)	ไม่มีควัน

จากตารางที่ 4.9 สามารถสรุปออกมาได้ว่า ระยะเวลาเริ่มติดไฟ และระยะติดไฟโดยประมาณ คือระยะเวลาเริ่มติดไฟจนเป็นขี้เถ้า ของถ่านไม้โกงกาง มีระยะเวลาเริ่มติดไฟที่ 10.07± 3.53 นาที ระยะติดไฟโดยประมาณ อยู่ที่ 2.10± 0.17 ชั่วโมง และถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5% 10% 20% มีระยะเวลาเริ่มติดไฟอยู่ที่ 11.39± 5.42 12.76± 1.37 14.09±2.70 นาที ระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ อยู่ที่ 2.60± 1.09 1.71± 0.74 2.02± 0.48 ชั่วโมง โดยพบว่า มีระยะเวลาใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่าง รวมทั้งอัตราส่วนต่างๆของถ่านอัดแท่งไม่มีผลต่อระยะเวลาติดไฟ แต่อัตราส่วนต่างๆมีผลทางกายภาพ คือ ความหนาแน่น และถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วน (อุณหภูมิโดยประมาณ) พบว่า มีอุณหภูมิความร้อนที่ใกล้เคียงกัน อาจเกิดจากเหตุผล คือ แป้งเป็นเพียงส่วนประกอบในการทำให้ผงถ่านมีการจับเป็นก้อนเท่านั้นและ ถ่านอัดแท่งทั้ง 3 อัตราส่วน พบว่า ไม่มีควัน ขณะจุด

ซึ่งอาจเกิดจากการเผาไหม้มีความสมบูรณ์ เมื่อนำผลการทดสอบระยะเวลาติดไฟ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาเริ่มติดไฟ ของทั้ง 3 อัตราส่วน

ค่าความแปรปรวน		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ระยะเวลาเริ่มติดไฟ	ระหว่างกลุ่ม	27.096	3	9.032	0.708	0.574
	ภายในกลุ่ม	102.115	8	12.764		
	รวม	129.211	11			

หมายเหตุ : sig. < 0.05

จาก **ตารางที่ 4.10** พบว่า การทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยการทดสอบ F มีค่าเท่ากับ 0.708 และ ค่านัยสำคัญทางสถิติ 0.574 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการทดสอบระยะเวลาเริ่มติดไฟ ของทั้ง 3 อัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างกัน

ในส่วนของการทดสอบระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ ของทั้ง 3 อัตราส่วน

ค่าความแปรปรวน		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ระยะเวลาเริ่มติดไฟโดยประมาณ	ระหว่างกลุ่ม	1.197	3	0.399	0.794	0.531
	ภายในกลุ่ม	4.020	8	0.502		
	รวม	5.217	11			

หมายเหตุ : sig. < 0.05

จาก **ตารางที่ 4.11** พบว่า การทดสอบความแตกต่างทางสถิติด้วยการทดสอบ F มีค่าเท่ากับ 0.794 และ ค่านัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ 0.531 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการทดสอบระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ ของทั้ง 3 อัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างกัน

และในการทดสอบอุณหภูมิ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน ทั้ง 3 อัตราส่วน ได้ผลดังตารางที่ 4.12-4.14

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบของระยะอุณหภูมิ ของอัตราส่วน 5% กับ อัตราส่วน 10%

	อัตราส่วนการผสมถ่าน:แป้ง	N	Mean Rank	Sum of Ranks
การวิเคราะห์อุณหภูมิ	อัตราส่วน 5%	3	3.50	10.50
	อัตราส่วน 10%	3	3.50	10.50
	Total	6		

	การวิเคราะห์อุณหภูมิ
Mann-Whitney U	4.500
Wilcoxon W	10.500
Z	.000
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	1.000[b]

หมายเหตุ : sig. < 0.05

ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบของระยะอุณหภูมิ ของอัตราส่วน 5% กับ อัตราส่วน 20%

	อัตราส่วนการผสมถ่าน:แป้ง	N	Mean Rank	Sum of Ranks
การวิเคราะห์อุณหภูมิ	อัตราส่วน 5%	3	4.00	12.00
	อัตราส่วน 20%	3	3.00	9.00
	Total	6		

	การวิเคราะห์อุณหภูมิ
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	9.000
Z	-.655
Asymp. Sig. (2-tailed)	.513
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.700[b]

หมายเหตุ : sig. < 0.05

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบของระยะอุณหภูมิ ของอัตราส่วน 10% กับ อัตราส่วน 20%

	อัตราส่วนการผสมถ่าน:แป้ง	N	Mean Rank	Sum of Ranks
การวิเคราะห์อุณหภูมิ	อัตราส่วน 10%	3	4.00	12.00
	อัตราส่วน 20%	3	3.00	9.00
	Total	6		

	การวิเคราะห์อุณหภูมิ
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	9.000
Z	-.655
Asymp. Sig. (2-tailed)	.513
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.700[b]

หมายเหตุ : sig. < 0.05

จาก **ตารางที่** 4.12-4.14 พบว่า การทดสอบความแตกต่างทางสถิติการทดสอบของอัตราส่วน 5% กับ 10% มีค่านัยสำคัญอยู่ที่ 1.000 รวมทั้ง อัตราส่วน 5% กับ 20% และ อัตราส่วน 10% กับ 20% มีค่านัยสำคัญอยู่ที่ 0.700 ซึ่งนัยสำคัญมีค่ามากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าผลการทดสอบอุณหภูมิโดยประมาณ ของอัตราส่วน 3 อัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างกัน

4.แนวทางการประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการประเมินความคุ้มค่าในการใช้ถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการย่างไก่เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนการซื้อถ่านไม้โกงกาง และลดค่าใช้จ่ายกำจัดเศษถ่านที่ผ่านการใช้งานแล้ว ไม่ได้ประเมินเพื่อใช้จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ดังนี้

4.1 ค่าใช้จ่ายปัจจุบันในกรณีที่ไม่ใช้ถ่านอัดแท่ง

ในกรณีที่ใช้ถ่านไม้โกงกางในการย่างไก่ และนำเศษถ่านที่เกิดขึ้นส่งไปกำจัดทั้งหมด (ในที่นี้จะคิดเฉพาะค่าขนส่งไปกำจัดเท่านั้น) จะมีค่าใช้จ่ายดังนี้

4.1.1 การซื้อถ่านไม้โกงกาง สามารถประมาณค่าใช้จ่ายได้จากข้อมูล ดังนี้

ปริมาณถ่านไม้โกงกางที่ใช้ = 100 กิโลกรัมต่อวัน

ราคาถ่านไม้โกงกาง = 40 บาทต่อกิโลกรัม

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อถ่านไม้โกงกาง = 100 x 40 = 4,000 บาทต่อวัน

กำหนดให้ใน 1 ปี มีการผลิตรวม = 260 วัน

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการซื้อถ่านไม้โกงกาง = 4,000 x 260 = 1,040,000 บาทต่อปี

4.1.2 การขนส่งเศษถ่านเหลือใช้ไปกำจัด สามารถประมาณได้จากค่าขนส่งดังนี้

ปริมาณเศษถ่านไม้ที่ขนส่งไปกำจัด = 7,800 กิโลกรัมต่อปี

ราคาค่าขนส่งเศษถ่านไม้ = 8 บาทต่อกิโลกรัม

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งเศษถ่านไปกำจัด = 7,800 x 8 บาทต่อปี

ดังนั้น หากไม่มีการนำเศษถ่านไม้มาทำถ่านอัดแท่ง จะมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อถ่านไม้และการขนส่งเศษถ่านไปกำจัด เท่ากับ 200,000 + 7,800 x 8 = 137,600 บาทต่อปี

4.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตถ่านอัดแท่ง

ในการคิดค่าใช้จ่ายในการผลิตถ่าน กำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องและวิธีการคำนวณ ดังนี้

4.2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ จะกำหนดสมมติฐานเบื้องต้น ดังนี้

1) อัตราส่วนผสมของเศษถ่านไม้และแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการคำนวณเท่ากับ 5% ดังนั้น เศษถ่านไม้ 100 กิโลกรัม จะใช้แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 5 กิโลกรัม
2) กำหนดให้น้ำหนักของถ่านอัดแท่งที่ได้เท่ากับน้ำหนักของเศษถ่านไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสม ดังนั้น น้ำหนักของถ่านอัดแท่ง 100 กิโลกรัม จะใช้เศษถ่านไม้เท่ากับ 100 กิโลกรัม
3) กำหนดให้ผลิตถ่านอัดแท่งได้สัปดาห์ละ 100 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 100 กิโลกรัม x 52 สัปดาห์ = 5,200 กิโลกรัม ต่อปี

4.2.2 ค่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

เนื่องจากเศษถ่านที่นำมาทำถ่านอัดแท่งเป็นวัสดุที่เหลือใช้ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย จึงคิดเฉพาะค่าใช้จ่ายในการซื้อแป้งมันสำปะหลัง ดังนี้

ถ่าน 100 กิโลกรัม จะใช้แป้งมันสำปะหลัง = 5 กิโลกรัม

ถ้าผลิตถ่านอัดแท่ง ปีละ 5,200 กิโลกรัม จะใช้แป้งมันสำปะหลัง = (5,200 x 5)/100

= 260 กิโลกรัม

ราคาแป้งมันสำปะหลัง ถุงละ 375 บาท (30 กิโลกรัม) = 12.5 บาท / กิโลกรัม

คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการซื้อมันสำปะหลัง = 260 x 12.5 = 3,250 บาท ต่อปี

4.2.3 ค่าใช้จ่ายในการทำถ่านอัดแท่ง ในการศึกษาครั้งนี้ จะคิดเฉพาะค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา ดังนี้

1) กำหนดให้ ถ่านอัดแท่ง 100 กิโลกรัม ใช้เวลาผลิต รวม 16 ชั่วโมง

ราคาค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต เท่ากับ 5.64 บาท ต่อชั่วโมง

คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง = (5.64 x 16)/100 = 0.90 บาท/กิโลกรัม

= 0.90 x 5,200 = 4,680 บาท/ปี

2) ค่าบำรุงรักษา อาทิ การบำรุงรักษาใบตัดเครื่องบดถ่าน เกลียวเดือยหมูของเครื่องอัดถ่าน และน้ำมันสำหรับใส่ในมอเตอร์ต่างๆ เท่ากับ 3,000 บาท/เดือน คิดเป็น 3,000 x 12 = 36,000 บาท/ปี

4.2.4 ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องบดถ่าน เท่ากับ 117,500 บาท

4.3 ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการใช้ถ่านอัดแท่ง

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านไม้โกงกาง และค่าขนส่งในการนำเศษถ่านไปกำจัด

4.3.1 ค่าใช้จ่ายในการใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านไม้โกงกาง จะคำนวณโดยเทียบราคาถ่านไม้โกงกางกับค่าความร้อนสูงสุดที่ได้ ดังนี้

ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 5% มีค่าความร้อนถึง 6,403.33 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

ค่าความร้องสูงสุดของไม้โกงกาง = 6,140 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม

ราคาถ่านไม้โกงกาง = 40 บาท/กิโลกรัม

ถ่านอัดแท่งจึงสามารถทดแทนค่าใช้จ่ายเทียบเท่า = (40×6,403.33)/6,140

= 41.72 บาท/กิโลกรัม

ดังนั้น ถ้าใช้ถ่านอัดแท่งทดแทนถ่านไม้โกงกางปีละ 5,200 กิโลกรัม

จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ = 41.72 x 5,200 กิโลกรัม

= 216,944 บาท / ปี

4.3.2 การประหยัดค่าขนส่งในการนำเศษถ่านไปกำจัดคิดจากปริมาณเศษถ่านที่ถูกนำไปถ่านอัดแท่ง ดังนี้

ปริมาณเศษถ่านที่ถูกนำไปทำถ่านอัดแท่ง = 5,200 กิโลกรัม/ปี

ราคาค่าขนส่งเศษถ่านไปกำจัด = 8 บาท/กิโลกรัม

ดังนั้น สามารถประหยัดค่าขนส่งเศษถ่านได้ = 5,200 x 8 กิโลกรัม/ปี

รวมค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ทั้งหมด = 216,944 + (5,200 x 8) = 175,344 บาท /ปี

4.4 เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง

จาก**ข้อที่ 4.2** พบว่ารายจ่าย เท่ากับ 161,430 บาท/ปี และ จาก**ข้อที่ 4.3** รายรับ มีค่าเท่ากับ 175,344 บาท/ปี โดยสามารถนำมาวิเคราะห์ คำนวณ NPV ได้มาจากการคำนวณต้นทุน รายจ่าย และรายรับในแต่ละปี ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์การคำนวณหา NPV

	ต้นทุน	**รายจ่าย (บาท/ปี)**	**รายรับ (บาท/ปี)**	**Rt (1-5)**	**NPV**					**NPV ของปีที่1-5**	**ระยะเวลาคืนทุน(ปี)**
					ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5		
ถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่	117,500 (ค่าเครื่องจักร)	43,930	175,344	113,414	122,393.99	113,132.95	103,648.71	93,957.82	84,075.58	399,709.05	$=\frac{117,500+43,930}{216,944 \times 41.72} = 0.01$

จากตารางที่ 4.15 พบว่า ค่า NPV มีค่า < 0 โดยถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่า 0 หรือ มีค่าเป็นลบก็ หมายถึง ไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน แต่หากดูในเรื่องของระยะคืนทุน เทียบค่าทดแทนจากค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 5% และการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านจำนวน 100 kg./วัน พบว่า มีระยะเวลาคืนทุนที่ 0.01 ปี แต่เนื่องจากเศษถ่านไม้โกงกางใช้แล้วจากกระบวนการย่างไก่ พบว่า หากมีการนำไปกำจัดตามวิธีปัจจุบันจะมีค่าใช้จ่าย ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการทำถ่านอัดแท่งครั้งนี้ จึงเพื่อลดปริมาณเศษถ่านไม้โกงกางที่รอกำจัด และมีการสะสมอยู่เป็นจำนวนมา

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่ใช้ในกระบวนการย่างไก่ และคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งดังกล่าว โดยจากการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1.1 จากผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง พบว่าถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้น 10.24 – 12.63 ซึ่งสูงกว่าค่าแนะนำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) เล็กน้อย (ไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก) ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความร้อนในกระบวนการเผาไหม้อาจไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นเพื่อให้ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ควรมีการเพิ่มระยะเวลาในตากแดดมากขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหย พบว่า สารระเหยของทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าถ่านไม้โกงกาง ส่วนคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ได้แก่ ถ่านคงตัว ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนสูงจะมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนโดยภาพรวมแล้วจะพบว่าคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 5% จะมีปริมาณถ่านคงตัว ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนสูงกว่า ทั้ง 2 อัตราส่วน คือ 10% และ 20% ซึ่งมีค่าความชื้น สารระเหย และปริมาณถ่านคงตัวใกล้เคียงกัน ส่วนผลการทดสอบค่าความร้อนสูง (High heating value) ซึ่งแสดงถึงปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์นั้น จะพบว่า ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสม 5% จะมีค่าความร้อนสูงสุด (6403.33 ± 100.17 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) อาจเกิดจากปริมาณของแป้งมันสำปะหลังที่จับตัวหนาแน่นน้อยกว่าทำให้การตากแดดมีโอกาสแห้งได้เร็วกว่า ส่งผลให้ค่าความชื้นมีค่าน้อยกว่าอีก 2 อัตราส่วน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีกว่าส่งผลให้ค่าความร้อนสูงกว่า ส่วนถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 10% จะมีค่าความร้อนสูงใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกางที่ยังไม่ผ่านการนำไปใช้ในการย่างไก่ (6140.00 ± 260.00 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) และถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 20% จะมีค่าความร้อนสูงต่ำสุด (5963.33 ± 75.06 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านใช้แล้วที่เหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่จะแปรผันผกผันกับอัตราส่วนผสมของตัวประสาน (แป้งมันสำปะหลัง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มอัตราส่วนของตัวประสาน จะทำให้มีสัดส่วนของสารระเหยและความชื้นเพิ่มขึ้น (ดวงกมล บุญบำรุง, 2563) ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยความชื้นในระหว่างเผาไหม้ ทำให้ค่าความร้อนต่ำลงได้ (กัณมณี แสงสุข, 2554 และ Obi,2022) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการวิจัย

ครั้งนี้ คือ อัตราส่วนผสม 5% ซึ่งมีค่าความร้อนสูงสุด คือ 6403.33 กิโลแคลอรี/กก. และมีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้โกงกาง (6140.00 กิโลแคลอรี/กก.) จึงมีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการย่างไก่ได้

1.2 จากการทดลองพบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีระยะเวลาเริ่มติดไฟที่ใกล้เคียงกันแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วน มีระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกัน ส่วนเรื่องการเกิดควันพบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วน ไม่เกิดควันขณะทำการจุดไฟ แต่ปริมาณอัตราส่วนแป้งที่นำมาใช้ หากมีการเพิ่มปริมาณมากขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำถ่านอัดแท่ง เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการย่างไก่ คือ อัตราส่วนที่ 5% (ถ่านใช้แล้ว : แป้งมันสำปะหลัง)

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

2. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการย่างไก่ สามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานให้ถ่านจับตัวกันเป็นก้อนได้โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษถ่านเหลือทิ้งจากการย่างไก่กับแป้งมันสำปะหลังในการผลิตอัดแท่ง คือ อัตราส่วนผสมที่มีแป้งมันสำปะหลัง อัตราส่วนที่ 5% ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง 238/2547 (กานต์ วิรุณ-พันธ์, 2560) และผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสมดังกล่าว พบว่า มีสารระเหย = 25.62% ถ่านคงตัว = 60.18 % เถ้า = 3.95 % และค่าความร้อนสูงเท่ากับ 6403.33 กิโลคลอรี/กิโลกรัม

โดยจากผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง พบว่า ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งทั้ง 3 อัตราส่วน เมื่อเทียบกับถ่านไม้โกงกาง มีค่าความชื้นที่สูงกว่า รวมทั้งยังมีค่าความชื้นที่สูงกว่า ถ่านอัดแท่งที่ทำมาจากขี้เลื่อย มีค่าความชื้นเพียง 0.037% โดยมีการนำถ่านอัดแท่งเข้าเตาอบเพื่อลดความชื้น (โรสลีนา อนันตนุกูลวงศและคณะ, 2562) ในส่วนของการทดสอบสารระเหย พบว่าทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าถ่านไม้โกงกาง โดยหากพบสารระเหยในปริมาณที่น้อยจะเป็นผลดีกับการติดไฟและถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ดี รวมทั้งในส่วนของการทดสอบถ่านคงตัว พบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานและมีค่ามากกว่าถ่านคงตัวในถ่านไม้โกงกางที่พบเพียง 48.15% โดยปริมาณถ่านคงตัวหรือคาร์บอนคงตัวเป็นการบอกถึงปริมาณของแข็งที่เกิดจากการติดไฟ หากพบว่ามีปริมาณถ่านคงตัวสูงก็บ่งบอกว่าเชื้อเพลิงคุณภาพดี และในส่วนของการเถ้า พบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่ามากกว่าถ่านไม้โกงกางเพียงเล็กน้อย

นอกจากนั้น ยังพบว่า ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านเหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่ในการวิจัยนี้ จะมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้อื่น ๆ ดังนี้คือ ต่ำกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของกระบวนการเผาอิฐมอญ ซึ่งมีค่าความร้อน = 6,726 กิโลคลอรี/กิโลกรัม (ปฐมศก วิไลพล, 2562) และสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ ซึ่งมีค่าความร้อน = 5,493.46 กิโลคลอรี/กิโลกรัม (ณัฐพล วิชาญ, 2562)

ในส่วนของการทดสอบระยะเวลาติดไฟและลักษณะควันที่เกิดขึ้น พบว่า ทั้ง 3 อัตราส่วนมีระยะเวลาการติดไฟที่ใกล้เคียงกัน ไม่มีควันเกิดขึ้นทั้ง 3 อัตราส่วนและอุณหภูมิความร้อนของอัตราส่วน 5% สามารถให้ค่าความร้อนสูงถึง 544.60 องศาเซลเซียส ใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งจากเศษ

ถ่านไม้เบญจพรรณในอัตราส่วนผสมสูตรที่ 2 คือ ผงถ่าน 500 กรัม น้ำแป้งมันสำปะหลัง 25 กรัม ที่มีอุณหภูมิความร้อนของถ่านสูงสุดอยู่ที่ 556.5 องศาเซลเซียส (อานันต์ วาชัยสีและคณะ, 2565)

ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าเศษถ่านเหลือทิ้งที่ผ่านการเผาไหม้ในกระบวนการผลิตนั้น สามารถนำมาผ่านกระบวนการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหาการจัดการของเสียเหลือทิ้งจากการเผาไหม้แล้ว ยังช่วยลดการตัดไม้และมลภาวะจากการผลิตถ่านได้ด้วย และจากคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงยังพบว่า ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านไม้โกงกางนั้นสามารถนำมาใช้ทดแทนหรือเสริมจากการใช้ถ่านไม้โกงกางได้ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการย่างไก่ได้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ จะนำถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ ไปตากให้แห้งเองโดยธรรมชาติ ซึ่งจะมีข้อจำกัดเรื่องสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยได้ จึงทำให้ถ่านอัดแท่งอาจมีความชื้นมาก (10.24 %± 1.57) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์หรือค่ามาตรฐานเล็กน้อย (8%) ดังนั้น หากจะมีการศึกษาครั้งต่อไป อาจเพิ่ม รายละเอียดดังนี้

3.1.1 ต้องเพิ่มระยะเวลาการตากแดดให้นานขึ้น จากเดิม 3-5 วัน เพิ่มเติมเป็น 6-8 วัน หรือเพิ่มมาตรการที่จะช่วยให้น้ำระเหยจากถ่านได้มากหรือเร็วขึ้น เพื่อให้ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งด้วย อาทิ นำเข้าเตาอบลดความชื้น แต่ในการนำเข้าเตาอบ ต้องระมัดระวัง เรื่อง อุณหภูมิในเตาอบ เพราะ หากมีอุณหภูมิสูงเกินไป อาจทำให้ถ่านอัดแท่งเกิดการติดไฟได้ การใช้ซิลิกาเจล ซึ่งมีอัตราการดูดความชื้นถึง 30-40%

3.1.2 ควรเพิ่มขั้นตอนการกำจัดค่าความชื้นเบื้องต้นของเศษถ่านใช้แล้วโดยการนำเศษถ่านไปตากแดด และมีการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังตากแดด เพื่อนำมาวิเคราะห์ ให้ถ่านเหลือค่าความชื้นน้อยที่สุด โดยดูที่น้ำหนักก่อนและหลัง

3.2 เศษถ่านใช้แล้ว จากกระบวนการย่างไก่ พบว่า จะมีเศษขี้เถ้าปนเปื้อนมาจำนวนมาก โดยในงานวิจัยครั้งนี้มีการใช้ตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร ในการเขย่าเพื่อร่อนขี้เถ้าออกบางส่วน หากมีการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มขั้นตอนการกำจัดขี้เถ้าออกจากเศษถ่านใช้แล้ว โดยเพิ่มตะแกรงขนาด 6 มิลลิเมตร ทำการเขย่าร่อนขี้เถ้าออกในบางส่วน หลังจากนั่นดำเนินการใช้ตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตรมาทำการเขย่าอีกครั้ง

3.3 กระบวนการย่างไก่มีการใช้ถ่านเพื่อวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อให้เนื้อไก่มีกลิ่นที่น่ารับประทาน ดังนั้น อาจจะมีการศึกษาการนำส่วนผสมที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม เช่น ใบเตย ตะไคร้ มา

ผสมเพิ่มเติม เพื่อทำให้ไก่ย่างที่ได้มีกลิ่นน่ารับประทานยิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นด้วย

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือและแนวทางเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน.* กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กานต์ วิรุณพันธ์, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และสนธยา ทองอรุณศรี. (2560). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา*, 2 (1), 1 – 15.

กัณมณี แสงสุข. (2554). *การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษเยื่อไม้ ขี้เลื่อย และด้าย***.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสาตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ณัฐพล วิชาญ, กันยาพร ไชยวงศ์, พรพิมล พรมรักษา และอภินันท์ กาน้อย. (2562). การผลิตถ่านอัดแท่งด้วย เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม*, 3(2),11-22.

ดวงกมล บุญบำรุง. (2563). *ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านเปลือกไม้โกงกางอัดแท่งในกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี,กรุงเทพฯ.

ธารินี มหายศนันท์. (2548). *การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่ง สำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน /ธารินี มหายศนันท์.* บัณฑิตวิทยาลัย.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธรรมศักดิ์ พันธ์แสนศรี และคณะ. (2554). *การผลิตพลังงานและเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ทาง ๆ การเกษตรเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร.*บัณฑิตวิทยาลัย.มหาวิทยาลัยแม่โจ้, แพร่.

ธนิยา เกาศล, วัฒนา ศรีเกตุ และวิชัยรัตน์ แก้วเจือ. 2562. *ถ่านอัดแท่งจากเถ้าหนักของโรงไฟฟ้าชีวมวลจากรากไม้ ยางพารา.*การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24 ,10 – 12 กรกฎาคม 2562 จังหวัดอุดรธานี (หน้า 2770 – 2776).

นารา พิทักษ์ อรรณพ และคณะ. (2528). *การผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ.กรุงเทพมหานคร* (บัณฑิตวิทยาลัย). มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพ

นฤมล ภานุนำภา และคณะ. (-). *การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุการเกษตรและปาล์มน้ำมัน.* สืบค้นจาก http://forprod.forest.go.th/forprod/PDF/15.เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุการเกษตรและปาล์มน้ำมัน.pdf

ประไพ วิริยะพันธุ์. (2559). *ภูมิปัญญาบ้านยี่สาร และ ถ่านไม้โกงกาง.* สืบค้นจาก https://lek-prapai.org/home/view.php?id=637

ปิยนุช นาคะ. (2545). ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง. *กสิกร* ,75(5), 97-99.

ปฐมศก วิไลพล, ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์, นพรัตน์ สีหะวงษ์, จิรานุวัฒน์ เม่นเกิด, ปรากรณ์ ประกอบกสิกรณ์และปิยะวัต คำบุญ. (2562). การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของกระบวนการเผาอิฐมอญ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนา*, 4(1), 43 – 50.

พานิชย์ ยศปัญญา. (2547). ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดภูมิปัญญาสร้างสรรค์เพิ่มพลังงาน. *เทคโนโลยีชาวบ้าน,* 16(342), 22-24.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์.(2559). *ผลิตภัณฑ์ไก่แปรรูป / Processed chicken*. สืบค้นจาก https://www.foodnetworksolution.com

วีระ พันอินทร์. (2561). การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมถ่านซังข้าวโพดกับถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา,* 23(1),146 – 163.

โรสลีนา อนันตนุกูลวงศ และคณะ. (2562). การผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.*4(1),47-53

สิริพร ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา. (2552). เศษถ่านสร้างรายได้. *เทคโนโลยีชาวบ้าน,* 21(458), 48-29.

สุริยา ชัยทยากูล.(2544). *การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ* บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

หาญณรงค์ บำรุงศิริ. (2553). *สมบัติทางกลและทางกายภาพของถ่านไม้อัดก้อนที่ผลิตจากเศษถ่านไม้.*วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

อุกฤษฏ์ โข่ศรี. (2551). ถ่านอัดแท่งพลังงานทางเลือกในยุคน้ำมันแพง .*วารสารคลินิกเทคโนโลยี* ,3(2),16-17.

อุกฤษฏ์ โข่ศรี. (2549). การผลิตถ่านอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว.*วารสารคลินิกเทคโนโลยี,* 1(1), 20-21.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย และคณะ. (2554). *การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัด แท่ง*. สืบค้นจาก http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4905022.pdf

Angga Pramana.at (2023). Characterization of charcoal briquettes made from rubber rods and coconut shells with tapioca as an adhesive. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1882(1), 10.1088/1755-1315/1182/1/012071.

S A Handayani.at (2023). Quality of Charcoal Briquettes from Sawdust Waste of Ulin (Eusideroxylon zwageri) and Coconut Shell (Cocos nucifera) Based on Variations in Ratio and Particle Size. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1282(1), 10.1088/1755-1315/1282/1/012049.

Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., and Marchand, C. (2008). Organic Carbon Dynamics in Mangrove Ecosystems: *A Review. Aquatic Botany, 89 (2008),* 201 – 21.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดสอบด้านเชื้อเพลิง และการทดสอบระยะเวลาติดไฟของถ่านอัดแท่ง

ตารางที่ ก-1 ผลการทดสอบค่าความชื้น

ชื่อตัวอย่าง	ตัวอย่างที่	ความชื้น (%)
ถ่านไม้โกงกาง	-	6.59
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	1	9.28
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	2	12.06
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	3	9.39
	ค่าเฉลี่ย	**10.24**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	1	13.59
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	2	14.41
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	3	10.17
	ค่าเฉลี่ย	12.72
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	1	13.34
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	2	14.20
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	3	10.36
	ค่าเฉลี่ย	12.63

ตารางที่ ก-2 ผลการทดสอบค่าสารระเหย

ชื่อตัวอย่าง	ตัวอย่างที่	สารระเหย (%)
ถ่านไม้โกงกาง	-	44.82
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	1	25.81
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	2	25.19
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	3	25.87
	ค่าเฉลี่ย	**25.62**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	1	28.67
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	2	27.25
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	3	28.37
	ค่าเฉลี่ย	**28.10**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	1	28.31
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	2	26.37
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	3	31.76
	ค่าเฉลี่ย	**28.81**

ตารางที่ ก-3 ผลการทดสอบค่าถ่านคงตัว

ชื่อตัวอย่าง	**ตัวอย่างที่**	**ถ่านคงตัว (%)**
ถ่านไม้โกงกาง	-	48.15
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	1	60.93
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	2	58.91
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	3	60.71
	ค่าเฉลี่ย	**60.18**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	1	53.83
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	2	54.88
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	3	57.78
	ค่าเฉลี่ย	**55.50**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	1	55.18
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	2	55.96
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	3	54.43
	ค่าเฉลี่ย	**55.19**

ตารางที่ ก-4 ผลการทดสอบค่าเถ้า

ชื่อตัวอย่าง	**ตัวอย่างที่**	**เถ้า (%)**
ถ่านไม้โกงกาง	-	0.44
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	1	3.98
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	2	3.84
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	3	4.03
	ค่าเฉลี่ย	**3.95**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	1	3.91
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	2	3.46
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	3	3.68
	ค่าเฉลี่ย	**3.68**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	1	3.17
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	2	3.47
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	3	3.45
	ค่าเฉลี่ย	**3.36**

ตารางที่ ก-5 ผลการทดสอบค่าความร้อน

ชื่อตัวอย่าง	**ตัวอย่างที่**	**ความร้อน (กิโลแคลอรี/กก.)**
ถ่านไม้โกงกาง	-	6,140
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	1	6,480
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	2	6,290
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 5%	3	6,440
	ค่าเฉลี่ย	**6,403**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	1	5,980
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	2	6,000
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 10%	3	6,440
	ค่าเฉลี่ย	**6,140**
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	1	5,890
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	2	5,960
ถ่านอัดแท่ง อัตราส่วน 20%	3	6,040
	ค่าเฉลี่ย	**5963**

ตารางที่ ก-6 ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านด้านทั่วไป

อัตราส่วน	ตัวอย่างที่	ระยะเวลาติดไฟ	อุณหภูมิ(C°)	ระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ	ลักษณะควัน
ถ่านไม้โกงกาง	1	14.00 นาที	547.5	2 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	2	09.05 นาที	550.7	2.30 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	3	07.16 นาที	547.7	2 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
5%	1	17.57 นาที	552.0	3.44 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	2	07.42 นาที	532.1	2.99 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	3	09.19 นาที	549.7	1.36 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
10%	1	11.29 นาที	552.0	1 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	2	14.00 นาที	519.6	2.48 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	3	13.00 นาที	551.8	1.67 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
20%	1	15.28 นาที	520.5	1.72 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	2	16.00 นาที	551.7	1.77 ชั่วโมง	ไม่มีควัน
	3	11.00 นาที	549.4	2.58 ชั่วโมง	ไม่มีควัน

ตารางที่ ก-7 สรุปผลการจากเข้าโปรแกรม Spss

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
การวิเคราะห์ค่าความร้อน	อัตราส่วน 5%	3	6403.3333	100.16653	57.83117	6154.5059	6652.1608	6290.00	6480.00
	อัตราส่วน 10%	3	6140.0000	260.00000	150.11107	5494.1242	6785.8758	5980.00	6440.00
	อัตราส่วน 20%	3	5963.3333	75.05553	43.33333	5776.8850	6149.7816	5890.00	6040.00
	Total	9	6168.8889	239.97106	79.99035	5984.4308	6353.3470	5890.00	6480.00
การวิเคราะห์ค่าความชื้น	อัตราส่วน 5%	3	10.2433	1.57424	.90889	6.3327	14.1540	9.28	12.06
	อัตราส่วน 10%	3	12.7233	2.24894	1.29843	7.1367	18.3100	10.17	14.41
	อัตราส่วน 20%	3	12.6333	2.01518	1.16346	7.6274	17.6393	10.36	14.20
	Total	9	11.8667	2.09357	.69786	10.2574	13.4759	9.28	14.41
วิเคราะห์ถ่านคงตัว	อัตราส่วน 5%	3	60.1833	1.10821	.63983	57.4304	62.9363	58.91	60.93
	อัตราส่วน 10%	3	55.4967	2.04593	1.18122	50.4143	60.5790	53.83	57.78

	อัตราส่วน 20%	3	55.1900	.76505	.44170	53.2895	57.0905	54.43	55.96
	Total	9	56.9567	2.71548	.90516	54.8694	59.0440	53.83	60.93
	อัตราส่วน 5%	3	25.6233	.37647	.21736	24.6881	26.5585	25.19	25.87
	อัตราส่วน 10%	3	28.0967	.74842	.43210	26.2375	29.9558	27.25	28.67
สารระเหย	อัตราส่วน 20%	3	28.8133	2.73002	1.57618	22.0316	35.5951	26.37	31.76
	Total	9	27.5111	2.03460	.67820	25.9472	29.0750	25.19	31.76
	อัตราส่วน 5%	3	3.9500	.09849	.05686	3.7053	4.1947	3.84	4.03
	อัตราส่วน 10%	3	3.6833	.22502	.12991	3.1244	4.2423	3.46	3.91
การวิเคราะห์เถ้า	อัตราส่วน 20%	3	3.3633	.16773	.09684	2.9467	3.7800	3.17	3.47
	Total	9	3.6656	.29467	.09822	3.4391	3.8921	3.17	4.03

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
การวิเคราะห์ค่าความร้อน	Between Groups	294155.556	2	147077.778	5.299	.047
	Within Groups	166533.333	6	27755.556		
	Total	460688.889	8			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) อัตราส่วนการผสมถ่าน: แป้ง	(J) อัตราส่วนการผสมถ่าน: แป้ง	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
การวิเคราะห์ค่าความร้อน	อัตราส่วน 5%	อัตราส่วน 10%	263.33333	136.02832	.101	-69.5160	596.1826
		อัตราส่วน 20%	440.00000*	136.02832	.018	107.1507	772.8493
	อัตราส่วน 10%	อัตราส่วน 5%	-263.33333	136.02832	.101	-596.1826	69.5160
		อัตราส่วน 20%	176.66667	136.02832	.242	-156.1826	509.5160
	อัตราส่วน 20%	อัตราส่วน 5%	-440.00000*	136.02832	.018	-772.8493	-107.1507
		อัตราส่วน 10%	-176.66667	136.02832	.242	-509.5160	156.1826
		อัตราส่วน 10%	.71667	1.34618	.614	-2.5773	4.0106
	อัตราส่วน 20%	อัตราส่วน 5%	-.58667*	.14021	.006	-.9298	-.2436
		อัตราส่วน 10%	-.32000	.14021	.063	-.6631	.0231

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ	อัตราส่วน 5%	3	2.5967	1.09436	.63183	-.1219	5.3152	1.36	3.44
	อัตราส่วน 10%	3	1.7167	.74110	.42788	-.1243	3.5577	1.00	2.48
	อัตราส่วน 20%	3	2.0233	.48274	.27871	.8242	3.2225	1.72	2.58
	ถ่านไม้โกงกาง	3	2.1000	.17321	.10000	1.6697	2.5303	2.00	2.30
	Total	12	2.1092	.68869	.19881	1.6716	2.5467	1.00	3.44
ระยะเวลาเริ่มติดไฟ	อัตราส่วน 5%	3	11.3933	5.42187	3.13032	-2.0753	24.8620	7.42	17.57
	อัตราส่วน 10%	3	12.7633	1.37041	.79121	9.3590	16.1676	11.29	14.00
	อัตราส่วน 20%	3	14.0933	2.70299	1.56057	7.3787	20.8079	11.00	16.00
	ถ่านไม้โกงกาง	3	10.0700	3.53224	2.03934	1.2954	18.8446	7.16	14.00
	Total	12	12.0800	3.42731	.98938	9.9024	14.2576	7.16	17.57

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ระยะเวลาติดไฟโดยประมาณ	Between Groups	1.197	3	.399	.794	.531
	Within Groups	4.020	8	.502		
	Total	5.217	11			
ระยะเวลาเริ่มติดไฟ	Between Groups	27.096	3	9.032	.708	.574
	Within Groups	102.115	8	12.764		
	Total	129.211	11			

Ranks

	อัตราส่วนการผสมถ่าน: แป้ง	N	Mean Rank	Sum of Ranks
การวิเคราะห์อุณหภูมิ	อัตราส่วน 5%	3	3.50	10.50
	อัตราส่วน 10%	3	3.50	10.50
	Total	6		

Test Statistics[a]

	การวิเคราะห์อุณหภูมิ
Mann-Whitney U	4.500
Wilcoxon W	10.500
Z	.000
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	1.000[b]

a. Grouping Variable: อัตราส่วนการผสมถ่าน:แป้ง

b. Not corrected for ties.

Ranks

	อัตราส่วนการผสมถ่าน: แป้ง	N	Mean Rank	Sum of Ranks
การวิเคราะห์อุณหภูมิ	อัตราส่วน 5%	3	4.00	12.00
	อัตราส่วน 20%	3	3.00	9.00
	Total	6		

Test Statistics[a]

	การวิเคราะห์อุณหภูมิ
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	9.000
Z	-.655
Asymp. Sig. (2-tailed)	.513
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.700[b]

a. Grouping Variable: อัตราส่วนการผสมถ่าน:แป้ง

b. Not corrected for ties.

Ranks

	อัตราส่วนการผสมถ่าน: แป้ง	N	Mean Rank	Sum of Ranks
การวิเคราะห์อุณหภูมิ	อัตราส่วน 10%	3	4.00	12.00
	อัตราส่วน 20%	3	3.00	9.00
	Total	6		

Test Statistics[a]

	การวิเคราะห์อุณหภูมิ
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	9.000
Z	-.655
Asymp. Sig. (2-tailed)	.513
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.700[b]

a. Grouping Variable: อัตราส่วนการผสมถ่าน:แป้ง

b. Not corrected for ties.

ภาคผนวก ข

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ด้านเชื้อเพลิง

วว.TISTR

คำขอบริการที่ ศนพ. 162/66 ที่ หป. 408-417-02/66

รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์

ให้แก่

คุณวราพร พึ่งพรหม

การทดสอบ / วิเคราะห์ ถ่านไม้โกงกาง

วิธีทดสอบ / วิเคราะห์ ASTM D 7582 and D 5865

ผลการทดสอบ / วิเคราะห์

ชื่อตัวอย่าง	คุณสมบัติตามสภาพนำส่ง				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	ถ่านคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อนสูง (กิโลแคลอรี/กก.)
1. ถ่านไม้โกงกาง	6.59	44.82	48.15	0.44	6,140
2. ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วน 10 : 1	13.59	28.67	53.83	3.91	5,980
3. ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วน 10 : 1	14.41	27.25	54.88	3.46	6,000
4. ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วน 10 : 1	10.17	28.37	57.78	3.68	6,440
5. ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วน 10 : 0.5	9.28	25.81	60.93	3.98	6,480
6. ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วน 10 : 0.5	12.06	25.19	58.91	3.84	6,290
7. ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วน 10 : 0.5	9.39	25.87	60.71	4.03	6,440
8. ตัวอย่างที่ 1 อัตราส่วน 10 : 2	13.34	28.31	55.18	3.17	5,890
9. ตัวอย่างที่ 2 อัตราส่วน 10 : 2	14.20	26.37	55.96	3.47	5,960
10. ตัวอย่างที่ 3 อัตราส่วน 10 : 2	10.36	31.76	54.43	3.45	6,040

ผลการทดสอบ/วิเคราะห์นี้ รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบ / วิเคราะห์เท่านั้น

ห้ามนำผลการทดสอบ / วิเคราะห์ ไปโฆษณาโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจาก วว.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

๙๕ หมู่ ๑ เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี ๑๒๑๒๐

โทร.(๐๒) ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๐ โทรสาร ๐ ๒๕๗๗ ๙๐๐๗

E-mail : tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

ภาคผนวก ค

รายงานการคำนวณ NPV

ตาราง ค-1 รายงานการคำนวณ NPV

ถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง

ปี	รายได้	รายจ่าย	%อัตราส่วนลด : 8%	ผลตอบแทนสุทธิ	ภาษี 7%	รายได้ปัจจุบัน	รายจ่ายปัจจุบัน	ผลตอบแทนปัจจุบัน
-	-	117,500	1.00	(117,500)	-	-	117,500	(117,500)
1.00	175,344	43,930	0.93	131,414	12,274	163,070	40,676	122,393.99
2.00	175,344	43,930	0.86	131,414	12,274	150,796	37,663	113,132.95
3.00	175,344	43,930	0.79	131,414	12,274	138,522	34,873	103,648.71
4.00	175,344	43,930	0.74	131,414	12,274	126,248	32,290	93,957.82
5.00	175,344	43,930	0.68	131,414	12,274	113,974	29,898	84,075.58
						692,609	292,900	399,709.05

ผลการวิเคราะห์	
B/C	2.36
NPV	399709.05

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาววราพร พึ่งพรหม

วัน เดือน ปี เกิด วันที่ 5 มกราคม 2538

สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยพะเยา

สถานที่ทำงาน บริษัท ปทุมธานีกล๊าส อินดัสทรี จำกัด จังหวัดปทุมธานี

ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม