การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

A STUDY AND DEVELOPMENT COMPACT MACHINE OF FUEL FROM PRODUCTION RECYCLE DRY LEAF

วสวัตต์ โตจีน
WASAWAT TOJEEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561
KMITL-2018-ED-M-222-036

การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

A STUDY AND DEVELOPMENT COMPACT MACHINE OF FUEL FROM PROCUCTION RECYCLE DRY LEAF

วสวัตต์ โตจีน
WASAWAT TOJEEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561
KMITL-2018-ED-M-222-036

A STUDY AND DEVELOPMENT COMPACT MACHINE OF FUEL FROM PROCUCTION RECYCLE DRY LEAF

WASAWAT TOJEEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

KMITL-2018-ED-M-222-026

COPYRIGHT 2018
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง STUDY AND DEVELOPMENT COMPACT MACHINE OF FUEL FROM PRODUCTION RECYCLE DRY LEAF
นักศึกษา	นายวสวัตต์ โตจีน
รหัสประจำตัว	56603136
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		**ลายมือชื่อ**
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์	เขียวมั่ง	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ	ภิรมย์การ	
รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ	เอกวุฒิวงศา	
รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์	เลาหะเพ็ญแสง	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิสักก์	สินธุภัค	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 11 มิถุนายน 2561 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง ค. 424 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)
คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ ๒๕ **เดือน** ก.ค. **พ.ศ.** 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
นักศึกษา	นาย วสวัตต์ โตจีน
รหัสประจำตัว	56603136
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง 2) เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งมีวิธีการดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งศึกษาข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญเจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีถึงลักษณะทางกายภาพของเศษใบไม้แห้ง ศึกษาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป การออกแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้ใช้ทฤษฎีด้านการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตในท้องถิ่น และการประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยการทดสอบคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีตามมาตรฐาน ASTM

ผลการวิเคราะห์กระบวนการพบว่า ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่มีความเหมาะสมคือ ผงถ่านจากเศษใบไม้แห้งป่น 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ผลการประเมินด้านการออกแบบพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ รูปแบบมีความเหมาะสมมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$=4.29,S.D.=0.46) และด้านรูปทรงเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่ได้ผลประเมินด้านความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญมากที่สุดค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$=4.49,S.D.=0.51) เมื่อนำวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งมาทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีโดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ความชื้น ร้อยละ 8.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 31.66 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 30.43 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 29.45 ค่าความร้อน 5,523.31 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.028 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.3989 คาร์บอน ร้อยละ 37.804 ไนโตเจน ร้อยละ 1.5676 และเมื่อนำวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งมาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน หุงต้ม พบว่าวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งสามารถติดไฟได้นาน 40-50 นาที ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ ไม่มีกลิ่นและไม่มีควัน

สรุปผลการวิจัย จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งอยู่ในระดับดีและยังเป็นทางเลือกในการลดปริมาณเศษใบไม้แห้งที่เป็นสาเหตุในการเกิดไฟป่า ช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่าและส่งเสริมอาชีพให้กับชาวบ้าน

คำสำคัญ : เศษใบไม้แห้ง,วัสดุเชื้อเพลิง,ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

Thesis Title	A Study and Development Compact Machine of Fuel from Procuction Recycle Dry Leaf
Student	Mr. Wasawat Tojeen
Student ID.	56603136
Degree	Master of Education in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2018
Thesis	Assistant Professor Dr. Thanate Piromgarn
Thesis Co-Advisor	Associate Professor. Dr. Songwut Egwutvongsa

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to study the process of producing fuel from dry leaves 2) to develop fuel generator from dry leaves, and 3) to evaluate the efficiency of fuel produced from dry leaves. The methodology started by studying the process of producing fuel from dry leaves, asking related information of physical characteristics of dry leaves and chemical properties of fuel from experts and officers in Forest Fire Control Center, Kanchanaburi. The solid fuel from dry leaves was developed by using theory of technological adoption. The efficiency of fuel from dry leaves was evaluated. Chemical properties of fuel were determined with ASTM standard.

The results of analyzing the process indicated that the optimal mixture used to produce fuel from dry leaves was 5 kg dry leave charcoal power, 1.5 kg cassava starch, and 2 L water. In terms of the design of fuel generator from dry leaves based concept, the experts' and officers' evaluation showed that the model had the highest mean score ($\overline{X}$=4.29,S.D. = 0.46). In terms of experts' satisfaction, it was found that the shape had the highest mean score ($\overline{X}$=4.49,S.D. = 0.51). In terms of testing fuel from dry leaves to determine chemical properties according to ASTM standard, the results showed that moisture content was 8.61 %, ash content was 31.66 %, evaporation was 30.43 %, fixed carbon content was 29.45 %, heating value was 5,523.31 kcal, oxygen was 24.028 %, hydrogen was 2.3989 %, carbon was 37.804 %, and nitrogen was 1.5676 %. In terms of the efficiency of cooking, it was found that the fuel from dry leaves could be used to ignite for 40-50 minutes, good smell and no smoke.

The results of analyzing the good quality of fuel from dry leaves. Besides, the utilization of dry leaves as fuel could reduce the amount, causing forest fir, reducing deforestation, enhancing occupation to local people.

Keywords: Dry leaves, Fuel materials, Forest Fire Control Center, Kanchanaburi

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกๆท่าน ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ ชี้แนะแนวทางในทุก ๆด้านและทุก ๆเวลาเป็นอย่างดีอีกทั้งได้มอบโอกาสและประสบการณ์อันเป็นประโยชน์อย่างสูงแก่ผู้วิจัยและขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา ที่ช่วยให้คำชี้แนะแนวทางจุดบกพร่องต่าง ๆให้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเสมอมา ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างยิ่งที่มีความเมตตากรุณาต่อผู้วิจัยและช่วยแก้ปัญหา สั่งสอนผู้วิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำชี้แนะตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่องานวิจัยกระผม โดยมี . ดร.สุธาสินีน์ บุรีคำพันธุ์, ศ.ว่าที่ร้อยโทดร.พิชัย สดภิบาล และ รศ.ดร. กาญจนา บุญภักดิ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ ศรศิลป์ ซึมกลาง, คมสัน เรืองโกศล, อาจารย์ปวีณา บุญปาน อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตวัสดุเชื้อเพลิง เสกสรรค์ ศิริวัฒนสกุล ปัญญา บัวศรี ประเสริฐศิลป อรรฐาเมศร์ ผศ.ดร. ศศิธร จารุสมบัติ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม รศ.ดร. ปกรณ์ โอภาประกาศิต ผศ.ดร.ไพบูลย์ ศรีอรุโณทัย ผศ.ดร. สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง ที่ได้ให้คำแนะนำและประเมินแบบ เพื่อเป็นประโยชน์และเป็นความรู้ให้กับงานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี เจ้าหน้าศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี และขอกราบขอบพระคุณ เสกสรรค์ ศิริวัฒนสกุล หัวหน้าศูนย์สาธิตการควบคุมไฟศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่า ที่ได้ให้คำแนะนำเป็นประโยชน์และเป็นความรู้ให้กับงานวิจัยในครั้งนี้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดา มารดา ซึ่งเป็นที่เคารพรักยิ่ง ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพรักทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์อันมีค่าให้แก่ข้าพเจ้า หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วสวัตต์ โตจีน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....IV

สารบัญ.....V

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....3

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

2.1 ศึกษาข้อมูลถ่าน.....9

2.2 ศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง.....39

2.3 ศึกษาข้อมูลเครื่องอัดเชื้อเพลิง.....47

2.4 ศึกษาข้อมูลศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดดกาญจนบุรี.....75

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....85

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....88

3.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง.....88

3.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง.....89

3.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องผลิตก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง.....92

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....96

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง.....96

4.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง.....101

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง.....124

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....131
5.1 สรุปผลการวิจัย....131
5.2 อภิปรายผล....134
5.3 ข้อเสนอแนะ....135

บรรณานุกรม....136

ภาคผนวก....137
ภาคผนวก ก. 138
ภาคผนวก ข. 152
ภาคผนวก ค. 190
ภาคผนวก ง. 203

ประวัติผู้เขียน....214

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ชีวมวลจำพวกของเหลือใช้ทางการเกษตร....37
2.2 ชีวมวลจำพวกวัชพืช....38
2.3 ค่าตัวเลขขนาดสัดส่วนของมือและนิ้ว....74
4.1 แสดงการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 1 โดยใช้หลักการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ....106
4.2แสดงการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 2 โดยใช้หลักการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ....108
4.3 แสดงการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 3 โดยใช้หลักการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ....110
4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจาก เศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1 116
4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจาก เศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2 117
4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจาก เศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3 119
4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1 121
4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2 122
4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3 123
4.10 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิง ส่วนผสมที่ 1 126
4.11 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิง ส่วนผสมที่ 2 126
4.12 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิง ส่วนผสมที่ 3 127
4.13 ผลการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและ เปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ....128
4.14 ตอนที่ 1 จำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกด้วยเพศและอายุ....129
4.15 ตอนที่ 2 แบบประเมินความคิดเห็นด้านความพึงพอใจต่อเครื่องผลิตวัสดุเชื้อ เพลิงจากเศษใบไม้แห้ง....129

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 การเผาไม้....10
2.2 การลดความชื้น....11
2.3 การลดความชื้น....11
2.4 การคายความร้อน....12
2.5 การทำให้เย็นตัว....12
2.6 เตาเผาถ่านแบบดินถมกลบ....13
2.7 การจุดไฟแบบจัดเรียงตามขวาง....14
2.8 การจุดไฟแบบจัดเรียงตามทางยาว....14
2.9 การจุดไฟแบบจัดเรียงเป็นรัศมีวงกลม....14
2.10 การเผาโดยคลุมด้วยพื้นกับดิน....15
2.11 เตาผาถ่านแบบใช้ผนังไม้ 16
2.12 เตาผาถ่านแบบคาซาแมนซ์....17
2.13 เตาผาถ่านแบบหลุมที่ปรับปรุงแล้ว....17
2.14 เตาผาถ่านแบบหลุม....18
2.15 เตาผาถ่านแบบโหละ....18
2.16 เตาผาถ่านแบบ Mark V....19
2.17 เตาผาถ่านแบบรวงผึ้ง 20
2.18 ช่องลมของเตาผาถ่านแบบรวงผึ้ง....21
2.19 เตาเผาถ่านแบบมิสซูรี่....21
2.20 เตาเผาถ่านแบบแบบผสม....22
2.21 ถ่านอัดแท่ง....26
2.22 รูปทรงถ่านอัดแท่ง....26
2.23 การใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง.... 27
2.24 ระบบใบมีดหมุนเหวี่ยงของเครื่องบด....28
2.25 เครื่องบด....29
2.26 เครื่องผสม....30
2.27 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง....31
2.28 ขั้นตอนการทำอัดแท่งเชื้อเพลิง....32
2.29 การอัดแท่งเชื้อเพลิง....36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.30 ที่พักอาศัยทำจากใบไม้....41
2.31 การใช้ใบไม้บรรจุขนม....41
2.32 งานสานทำจากใบไม้....42
2.33 การทำเฟรมภาพวาดจากเศษใบไม้....42
2.34 การอัดเศษใบไม้ในการทำเฟอร์นิเจอร์....43
2.35 ถ่านอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง....43
2.36 การเตรียมเก็บใบไม้แห้งในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง....44
2.37 การเผาเศษใบไม้แห้งเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง....44
2.38 เผาเศษใบไม้แห้งจนเป็นเถ่าถ่าน....45
2.39 ส่วนผสมในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง....45
2.40 ผสมถ่านจากเศษใบไม้แห้งกับแป้งมันสำปะหลัง....46
2.41 การใช้เครื่องมือในการอัดแท่งเชื้อเพลิง....46
2.42 อัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดกระบอกสูบ....47
2.43 เครื่องอัดแบบลูกสูบ....47
2.44 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย....48
2.45 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด....48
2.46 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง....49
2.47 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม....49
2.48 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน....50
2.49 การเคลื่อนไหวของศีรษะ....50
2.50 การเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Axial skeleton)....71
2.51 การเคลื่อนไหวของหัวไหล่ (Shoulder girdle)....72
2.52 ภาพตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือและนิ้วมือในมิติต่างๆ....72
2.53 ภาพตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือในการจับวัตถุต่างๆ....73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.54 ภาพตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือด้านหน้าและด้านข้าง....73
2.55 ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี....75
2.56 บริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี....76
2.57 ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้าแห้ง และใบไผ่บริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า....77
2.58 ป้ายประชาสัมพันธ์ให้ความรู้กับชุมชน....78
2.59 การทำคันกันไฟ....79
2.60 การใช้ใบไม้แห้งในการทำปุ๋ยเพาะเห็ด....79
2.61 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้....80
2.62 เตาน้ำส้มควันไม้....81
2.63 น้ำส้มควันไม้....81
2.64 เครื่องบดใบไม้กิ่งไม้....82
2.65 ใบมีดหมุนเหวี่ยง....82
2.66 การใช้งานเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกระบอกสูบ....83
2.67 ดินอัดก้อนในการทำบ้านดิน....84
2.68 บ้านดิน....84
3.1 แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย....95
4.1 พื้นที่ป่าบริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี....97
4.2 วิธีผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งด้วยเครื่องกระบอกอัด....98
4.3 ทดสอบผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยอับเป็นรูปทรง สามเหลี่ยม หกเหลี่ยม และรูปดาว เพื่อทดสอบการติดไฟ....98
4.4 ลงพื้นที่ศึกษาขั้นตอนการทำผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง....99
4.5 แดสงผลการวิเคราะห์ออกแบบโดยใช้ทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ....103
4.6 แสดงแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 1....105
4.7 แสดงแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 2....107
4.8 แสดงแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 3....109
4.9 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1....111
4.10 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2....112
4.11 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3....113

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 แสดงแบบ Sketch design วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1.....114
4.13 แสดงแบบ Sketch design วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2.....115
4.14 แสดงแบบ Sketch design วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3.....115
4.15 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 1.....125
4.16 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 2.....126
4.17 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 3.....127
4.18 แสดงเครื่องต้นแบบ เครื่องผลิตเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง.....130

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานการณ์วิกฤติพลังงานเกี่ยวกับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของประชาชน โดยเฉพาะในชนบทยังนิยมใช้ฟืนและถ่านในการหุงต้ม ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้รายงานว่า ปี 2539 ประเทศไทยใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7% เทียบกับการใช้พลังงานอื่น ๆ ประกอบกับพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับฟืนและถ่านได้ลดลงเหลือเพียง 25.62% ในปี 2539 (กรมป่าไม้, 2540) ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานทดแทนอื่นๆ มาใช้ให้เป็นประโยชน์ เป็นสิ่งจำเป็นและเร่งด่วน ซึ่งปัจจุบันมีการนำเศษเหลือใช้ในการเกษตรมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเช่น ชานอ้อยเน่าเปื่อย ใบไม้แห้ง หรือวัชพืชต่างๆ เหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในแง่ของพลังงานทดแทนฟืนและถ่าน โดยเฉพาะสำหรับประชาชนในชนบทก็จะทำให้ได้มีพลังงานเชื้อเพลิงใช้ได้ในราคาถูก และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของชาติที่เหลือน้อยลงทุกวัน

จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานเชื้อเพลิงขึ้นทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทย ซึ่งส่งผลทำให้ในหลายๆ หน่วยงานคิดค้นพลังงานทดแทน ซึ่งศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีถูกจัดตั้งโดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชมีหน้าที่ศึกษาพัฒนาการวิจัยเครื่องมือและอุปกรณ์ในการสนับสนุนงานควบคุมไฟป่า ในเขตพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีและพื้นที่ใกล้เคียงภายในเขตพื้นที่ภาคกลาง ทางศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีทำหน้าที่คิดพัฒนาต้นแบบเครื่องมือที่ใช้ในการดับไฟ ป้องกันไฟ และให้ความรู้แก่ชุมชนในการป้องกันดูแลไม่ให้เกิดไฟป่า โดยจะให้ชุมชนในพื้นที่ตะหนักในภัยอันตรายของการเกิดไฟป่าและทราบถึงสาเหตุของการเกิดไฟป่า ซึ่งเชื้อเพลิงในการเกิดไฟป่านั้นคือ ใบไม้แห้ง ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ป่ามากถึง 7,574,845.17 ไร่ ซึ่งมากที่สุดเป็นอันดับ 3 ของประเทศไทย และมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ในเขตภาคกลาง (กรมป่าไม้ ,2556) ทำให้ช่วงฤดูร้อนพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรีจะเต็มไปด้วยเศษใบไม้แห้ง ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าคล่องข้างสูง จึงเกิดการคิดค้นแปรรูปใบไม้แห้งมาใช้ประโยชน์ เช่น การใช้ใบไม้แห้งในการผสมเพื่อเพาะเชื้อเห็ด การผสมใบไม้กับดินในการสร้างบ้านดิน และการนำใบไม้แห้งมาใช้ในการอัดเป็นวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ซึ่งวิธีนี้เป็นการคิดค้นและทดลองนี้เพื่อการเสาะหาเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทนเชื้อเพลิงจากถ่านไม้และแก๊สหุงต้มและยังช่วยในการลดปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดไฟป่า ซึ่งปัจจัยสำคัญในการนำใบไม้แห้งมาแปรูปเป็นเชื้อเพลิงคือ เชื้อเพลิงประเภทนั้นต้องราคาถูก มีปริมาณเพียงพอ และจัดหาได้ง่าย และกรรมวิธีในการนำมาใช้ประโยชน์นั้นจะต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อน ทำให้ชุมชนใกล้เคียงสามารถใช้ในการดำรงชีวิตซึ่งตรงกับกรอบแนวคิดคือนำของที่มีอยู่เดิมมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถใช้ในการดำรงชีวิตของประชาชน ลดต้นทุนในการใช้พลังงานเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม (เสกสรรค์ ศิริวัฒนสกุล,2549)

จากแนวคิดดังกล่าวจึงเกิดแนวคิดในการนำวัสดุเศษใบไม้แห้งมาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ในการทำวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งเพื่อลดจำนวนของใบไม้แห้งที่ล่วงหล่นบนพื้นดินซึ่งทับถมเป็นเวลานานจะยิ่งเพิ่มพูนแหล่งเชื้อเพลิงเวลาเกิดไฟป่าจะทำให้ยากต่อการควบคุม มาแปรเปลี่ยนเป็นวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ซึ่งในชุมบทห่างไกล ชาวบ้านยังคงใช้ถ่านและฟืนเป็นเชื้อเพลิงหลัก

เพื่อการยังชีพ การใช้พลังงานความร้อนส่วนใหญ่เกิดจากการใช้เตาหุงต้มที่ใช้ฟืนละถ่านในการเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการนำวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งมาทดแทนการใช้เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้มและเชื้อเพลิงถ่านจากต้นไม้ได้จะทำให้ลดการตัดต้นไม้ทำลายป่า นอกจากนี้ยังทำให้ชุมชนบริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าสามารถใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันจึงทำให้เกิดความคิดในทำโครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการดำเนินงานเกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวความคิด 3 ด้านเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ดังต่อไปนี้

1.3.1 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 การศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ได้ใช้กรอแนวคิดด้านการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตในท้องถิ่นของ (ศิริ ฮามสุโพธ์ , 2536:14) ดังนี้

1.3.3.1 ความยากง่าย เทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นจะต้องง่ายและสะดวกต่อการใช้ และบำรุงรักษา

1.3.3.2 การระดมทรัพยากร เทคโนโลยีที่นำไปใช้จะต้องสามารถนำแหล่งทรัพยากรและพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ได้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

1.3.3.3 การดัดแปลง เทคโนโลยีนั้นสามารถนำไปดัดแปลงให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ไม่ยุ่งยาก

1.3.3.4 ปราศจากเงื่อนไข จะต้องไม่มีปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ต่างๆ

1.3.2 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 การพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1. กรอบแนวคิดด้านกระบวนการใช้มโนทัศน์เพื่อการคิดอย่างสร้างสรรค์ของ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา , 2557: 145-147) ดังนี้

1.1 ประสบปัญหาที่พบ และมีแนวทางที่ต้องการจะแก้ไขหรือตอบสนอง

1.2 ประมวลและสร้างมโนทัศน์ระยะแรก “เริ่มทางการคิดอย่างสร้างสรรค์”

1.3 กำหนดองค์ประกอบของข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม (แผนผังของความคิด)

1.4 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนด

1.5 ประมวลและสร้างมโนทัศน์ระยะที่สอง “คิดอย่างเป็นกระบวนการ”

1.6 เชื่อมโยง “นามธรรม” ไปสู่ “รูปธรรม”

1.7 ประเมินผลการคิดเชิงมโนทัศน์

2. กรอบแนวความคิดด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของ (สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ , 2540: 64-69) ดังนี้

2.1 หน้าที่ใช้สอย (Function)

2.2 ความปลอดภัย (Safety)

2.3 ความแข็งแรง (Construction)

2.4 ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomics)

2.5 ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics or Sales appeal)

2.6 ราคา (Cost)

2.7 การซ่อมแซมง่าย (Ease of maintenance)

1.3.3 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพเศษใบไม้แห้ง ได้ใช้กรอบแนวคิดด้านการผลิตวัสดุและเครื่องมือในการแปรรูปเศษเชื้อเพลิงต่างๆ โดยให้ความสำคัญในวัสดุที่ใช้ในการผลิตของ (เสกสรร ศิริวัฒนสกุล , 2549) ดังนี้

1.3.3.1 นำของที่มีอยู่เดิมมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.3.3.2 ประหยัดงบประมาณ มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาที่รัฐต้องการซื้อ

1.3.3.3 มีความเป็นไปได้จริงในการปฏิบัติ เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำ มีเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน

1.3.3.4 สามารถแก้ไข หรือช่วยบรรเทาปัญหา ในการปฏิบัติงานควบคุมไฟป่าของหน่วยงานภาคสนาม

1.3.6.5 ช่วยให้ราษฎรในพื้นที่สามารถใช้และดำรงชีวิตได้โดยมีต้นทุ่นที่ต่ำ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งกรณีศึกษาเขตพื้นที่ดูแลศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีแบ่งขอบเขตการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ตามวัตถุประสงค์ คือ

1.4.1 ขอบเขตการศึกษา ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตดังนี้

1.4.1.1 การศึกษาข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานที่จริง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนนำผลการสำรวจมาเพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง ดังนี้

- เก็บข้อมูลปัญหาใบไม้แห้งเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดปัญหาไฟป่า
- เก็บข้อมูลความต้องการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง
- เก็บข้อมูลการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

(2) ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ

เอกสารและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ศึกษาประเภทของถ่าน
- ศึกษาคุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้
- ศึกษาขั้นตอนการผลิตถ่าน
- ศึกษาการแปรรูปจากเศษใบไม้แห้ง
- ศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

1.4.1.2 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

(1) ตัวแปรต้น คือ เศษใบไม้แห้ง

(2) ตัวแปรตาม คือ การประโยชน์จากเศษใบไม้

1.4.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเป้าหมายซึ่งผู้วิจัยจะเข้าสำรวจพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์ข้อมูลปัญหาและความต้องการ ตลอดจนลักษณะของเศษใบไม้แห้งกรณีศึกษาศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี ดังนี้

(1) กรีศึกษาศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

กรณีศึกษา คือ ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี 1 สถานี ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) (พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง. 2550 : 125)

1.4.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ การสัมภาษณ์ประเด็นส่วนของปัญหา ความต้องการและความคิดเห็น เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน แบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ 3 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

1.4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการสัมภาษณ์มาเพื่อวิเคราะห์หาประเด็นปัญหา ความต้องการ และสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อทำการหาแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

1.4.2 ขอบเขตการศึกษา ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตดังนี้

1.4.2.1 การศึกษาข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายด้านความต้องการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนนำผลการสัมภาษณ์มาเพื่อใช้ในการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ดังนี้

- เก็บข้อมูลความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย
- เก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานของกลุ่มเป้าหมาย
- เก็บข้อมูลวัสดุอุปกรณ์การใช้งานของกลุ่มเป้าหมาย

(2) ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ศึกษาการออกแบบเครื่องจักรกล
- ศึกษาหลักการออกแบบอุตสาหกรรม

- ศึกษาเครื่องที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
- ศึกษาสภาพทั่วไปของอุตสาหกรรมชนบท
- ศึกษาหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

1.4.2.2 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

(1) ตัวแปรต้น คือ เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

(2) ตัวแปรตาม คือ วัสดุเชื้อเพลิง

1.4.2.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มเป้าหมายซึ่งผู้วิจัยจะเข้าสำรวจพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์ข้อมูลความต้องการ ตลอดจนการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างด้านการผลิต แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

(2) เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ประชากร เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 20 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง Purposive Sampling)

(3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการแปรรูปใบไม้แห้ง 4 ท่าน

(4) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม 3 ท่าน

(5) ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบ 3 ท่าน

1.4.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

(1) แบบสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์ประเด็นความต้องการ โดยใช้หลักการของ QFD ในการค้นหาความต้องการจากเสียงของกลุ่มเป้าหมาย VOC (Voice Of Customers) เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน พัฒนากระบวนการและเพื่อประยุกต์ในการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งแบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ 3 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

(2) ออกแบบร่าง เป็นการออกแบบระยะที่ 1 จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ความต้องการและการลงพื้นที่วิจัย

1.4.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลแบบสัมภาษณ์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมายเข้าตาราง VOC เพื่อสรุปผลและวิเคราะห์ความต้องการ แล้วออกแบบร่างครั้งที่ 2 สร้างแนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1.4.3 ขอบเขตการศึกษา ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

1.4.3.1 การศึกษาข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ผู้วิจัยทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่ได้จากเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยการสังเกตเปรียบเทียบกับคุณสมบัติกับถ่านที่ทำจากไม้

(2) ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ผู้วิจัยต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ศึกษาคุณภาพของเชื้อเพลิง
- ศึกษาพลังงานเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
- ศึกษามาตรฐาน ASTM ซึ่งจะใช้ในการนำมาประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

(1) ตัวแปรต้น คือ เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

(2) ตัวแปรตาม คือ ผลการประเมินประสิทธิภาพ

1.4.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) ซึ่งจะใช้ในการนำมาประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยจะประกอบไปด้วย

(1) ความชื้น (Moisture Content) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยการนำตัวอย่างที่จะทำการมาให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 105-110 องศาเซลเซียส

(2) ปริมาณเถ้า (Ash Content) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 500 °C เป็นเวลา 30 นาที และค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750 °C จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของถ้าที่เหลือพร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า สามารถคำนวณจากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังจากการเผาแล้ว

(3) การที่ระเหยได้ (Volatile Matters) ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที และคำนวลปริมาณสาร

(4) คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงหลังเอาสารระเหยออกไป

(5) กำมะถันรวม (Totat Salfur) วิธเคราะห์ตามวิธีในมาตรฐาน ASTM D3177 ทำโดยการหาในรูปซัลเฟต (SO_4) ซึ่งหลักในการหาปริมาณกำมะถันของวิธีนี้คือ วัดความขุ่นของ แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$ crystall) วิธีนี้ใช้หาซัลเฟต ในลักษระของ ซัลเฟต (SO_4) สำหรับตัวอย่างที่มีสาร และมีสารแขวนลอยมากต้องทำการกำจัดสารแขวนลอยออกบ้างโดยการกรองตัวอย่างส่วนใหญ่การวิเคราะห์จะมีลักษณะไม่ใส่ จึงต้องทำการวัดค่าเสียก่อนแล้วนำไปลบความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)จึงเป็นความขุ่นที่เกิดขึ้นจาก แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่แท้จริง

(6) ค่าความร้อน (Heating Value) ทำการวิเคราะห์ตามาตรฐาน ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสาร เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในตัว อุปกรณ์ Bomb Calorimeter ที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่มากเกิน

(7) การหาปริมาณ ออกซิเจน ไฮโดรเจน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3178 และสำหรับการค้าไนโตรเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน (ASTM D3179)

1.4.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป ที่วิเคราะห์ตามาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิงมาพิจารณาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับเชื้อเพลิงจากถ่านไม้เพื่อการนำไปใช้ทดแทนแทนถ่านที่ทำจากไม้และอภิปรายผลเชิงบรรยาย

1.5 คำนิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัย

1.5.1 การวิเคราะห์ หมายถึง ศึกษากระบวนผลิตก้อนเชื้อเพลิง และเครื่องที่ใช้ในการผลิตก้อนเชื้อเพลิง

1.5.2 การพัฒนา หมายถึง การนำเศษใบไม้แห้งบริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี มาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นก้อนเชื้อเพลิง และเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องอัดเชื้อเพลิง

1.5.3 เครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิง หมายถึง เครื่องมือในผลิตก้อนเชื้อเพลิงใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปเป็นก้อนเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการเป็นพลังงานความร้อน

1.5.4 วัสดุเชื้อเพลิง หมายถึง การนำวัสดุเหลือใช้มาผ่านกระบวนการแปรรูปและมาผสมกับตัวผสาน ได้แก้ แป้งมันสำปะหลัง น้ำ ผ่านกระบวนการอัดก้อนใช้งานเช่นเดียวกับถ่านแต่คุณภาพดีกว่า

1.5.5 เศษใบไม้แห้ง หมายถึง การนำเศษใบไม้แห้งมาผ่านกระบวนการในการแปรรูปให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงที่เป็นปัจจัยเสี่ยในการเกิดไฟป่า

1.5.6 ประสิทธิภาพ หมายถึง การวัดประสิทธิภาพของคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)

1.5.7 ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่า หมายถึง หน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลและป้องกันการเกิดไฟป่า ซึ่งจัดตั้งขึ้นตามคำสั่งกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช เป็นหน่วยงานสังกัดส่วนวิชาการด้านไฟป่าสำนักป้องกัน และควบคุมไฟป่า จังหวัดกาญจนบุรี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้งกรณีศึกษาเขตพื้นที่ดูแลศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในด้านของข้อมูลภาคเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลของถ่าน

2.1.1 ประเภทของถ่าน

2.1.2 ขั้นตอนการทำถ่าน

2.1.3 เตาเผาถ่าน

2.1.4 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบ วิธีปฏิบัติและข้อกฎหมายในการเผาถ่าน

2.1.5 ประเภทการใช้งานของถ่าน

2.1.6 คุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้

2.1.7 ถ่านอัดก้อน

2.1.8 วิธีหาคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

2.1.9 พลังงานเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียว

2.2 ศึกษาข้อมูลใบไม้แห้ง

2.2.1 การผลัดใบและประเภทป่าผลัดใบ

2.2.2 การแปรรูปเศษใบไม้แห้ง

2.2.3 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

2.2.4 ขั้นตอนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

2.3 ศึกษาข้อมูลในการออกแบบเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง

2.3.1 เครื่องที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.3.2 เครื่องจักรกลและการออกแบบ

2.3.3 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.3.4 สภาพทั่วไปของอุตสาหกรรมชนบท

2.3.5 แนวคิดเกี่ยวกับอุตสาหกรรมชนบทและการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท

2.3.6 ข้อมูลจิตวิทยาสี

2.3.7 ศึกษาข้อมูลพฤติกรรมของมนุษย์กับการออกแบบ

2.4 ศึกษาข้อมูลศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

2.5 ศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษาข้อมูลของถ่าน

ประเทศไทยเรารู้จักใช้ฟืนและถ่านไม้มาเป็นเวลานานแล้วโดยนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการหุงต้มเพื่อประกอบอาหาร แต่โดยที่การใช้ฟืนนั้นจะมีปัญหาทั้งด้านควันและความสกปรกที่มีมากกว่าถ่านไม้ จึงทำให้ผู้ที่ใช้ฟืนหันมาใช้ถ่านไม้กันมากโดยเฉพาะในส่วนของครัวเรือน แม้ต่อมาจะได้มีการเอาแก๊สมาใช้ในการหุงต้ม ซึ่งให้ความร้อนได้ดีกว่าถ่านไม้มาก ทำให้การใช้ถ่านไม้ในครัวเรือนลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันการใช้ถ่านไม้ก็ยังคงมีบทบาทที่สำคัญอยู่ในครัวเรือนตามชนบทและการทำอาหารประเภทปิ้งย่างในสังคมเมือง ซึ่งนอกจากถ่านไม้จะได้มีการใช้ภายในประเทศแล้วยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้ประเทศพอสมควร

2.1.1 ประเภทของถ่าน

ประเภทของถ่านสามารถแบ่งเป็นได้ 2 ประเภท คือ

2.1.1.1 ถ่านสีดำ Black or Soft Charcoal (ถ่านที่เผาโดยทั่วไป) โดยทั่วไปแล้วถ่านสีดำจะนุ่มและมีเปลือกไม้ติดอยู่ ถ่านสีดำติดไฟง่ายและมีพลังความร้อนในการเผาผลาญพอที่จะหลอมละลายโลหะและเหล็กได้ ถ่านเกือบทั้งหมดที่มีการผลิตทั้งโลกจะมีความคล้ายคลึงกันกับถ่านนี้ ความร้อนอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง 500 ถึง 700 องศาเซลเซียส การผลิตแบ่งออกได้ 2 ลักษณะตามกรรมวิธีการผลิต คือ

(1) ถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณภูมิต่ำและใช้เวลาสั้น เหมาะที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากมีราคาถูกเพราะมีผลผลิตสูง ไม้ที่ใช้ผลิตถ่านประเภทนี้ควรเป็นไม้ไยสั้นเพื่อให้มีการเผาไหม้ได้นานขึ้น คุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้ในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงสรุปได้ดังนี้

มีปริมาณกำมะถันต่ำ
มีขี้เถ้าน้อย
มีสิ่งเจือปนที่เป็นอนินทรีย์วัตถุต่ำ
มีรูพรุนและพื้นที่ผิวมากและสม่ำเสมอ
มีคุณสมบัติเป็นตัวลด (reducer) ที่ดี
มีควันน้อย

(2) ถ่านดำที่ผลิตด้วยอุณภูมิสูงและใช้เวลานาน เป็นถ่านไม้ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายที่สุด เนื่องจากมีคาร์บอนเสถียรสูง และมีสารระเหยง่ายต่ำซึ่งเป็นตัวชี้วัดระดับความบริสุทธิ์ของถ่านไม้ มีวิธีตรวจสอบง่ายๆ ที่จะดูลักษณะถ่านประเภทนี้คือ เมื่อเคาะถ่านจะมีเสียงดังกังวานคล้ายเสียงเคาะกระเบื้องดินเผาเมื่อหักดูจะเห็นสีดำมันวาว และเมื่อใช้นิ้วถูรอยหักของถ่าน จะไม่มีสีดำติดนิ้วเลยส่วนที่ผิวถ่านจะมีสีดำบ้างเล็กน้อย เนื่องจากคุณสมบัติของเปลือกไม้เมื่อจุดติดไฟแล้วถ่านต้องไม่แตก และมีควันน้อยมาก

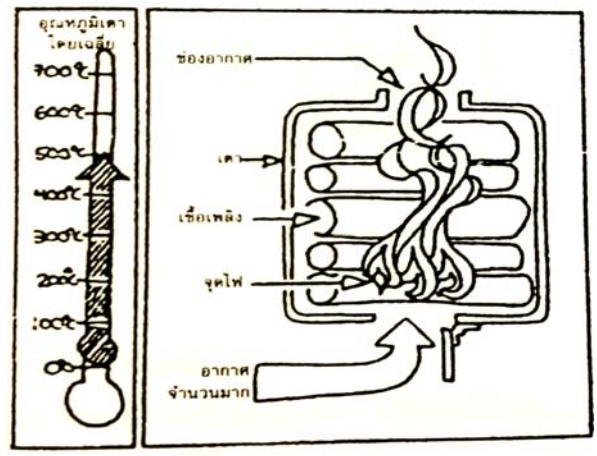
2.1.1.2 ถ่านขาว White or Hard Charcoal (ถ่านที่เผาโดยกรรมวิธีพิเศษ) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ถ่านแข็ง จะแข็งและไม่มีเปลือกไม้ติดอยู่ถ่านสีขาวจะให้พลังความร้อนสูง เป็นถ่านที่ได้จากกระบวนการผลิตที่เมื่อถึงขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตถ่านจะเปิดปากเตาเพื่อให้อากาศเข้าเตาจำนวนมาก และจะเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงทำให้อุณภูมิภายในเตาสูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้น ขณะเดียวกันก็จะนำถ่านที่กำลังลุกไหม้อยู่นั้นออกจากเตาทันทีเพื่อนำมาดับด้วยขี้เถ้าผสมกับเศษดินและน้ำประมาณ ร้อยละ 10-20 มาโรยทับถ่านที่นำออกจากเตา กระบวนการผลิตถ่านแบบนี้มีผลิตมากใน 3 ประเทศ คือ ประเทศญี่ปุ่น ประเทศเกาหลีใต้ และประเทศจีน ผงฝุ่น

ที่ใช้ดับถ่านจะจับตัวที่ผิวของถ่านไม้เห็นเป็นสีเทาหรือขาวจึงเรียกถ่านนี้ว่าถ่านขาว ผงฝุ่นที่จับอยู่ที่ผิวของถ่านจะเป็นตัวช่วยให้จุดติดไฟได้ง่าย โดยปกติแล้วถ่านขาวจะจุดติดไฟยาก แต่เมื่อติดแล้วจะอยู่ได้งาน และระหว่างการติดไฟถ้ามีการโหมไฟช่วยอาจทำให้อุณภูมิของการเผาไหม้สูงถึง 1,000 องศาเซลเซียสได้ เมื่อหยุดการโหมไฟจะลดลงอยู่ที่ประมาณ 400-500 องศาเซลเซียส เนื้อของถ่านขาวจะแกร่ง โดยทุกส่วนของถ่านจะผ่านขั้นตอนกลายเป็นถ่านเท่าๆ กันอย่างสม่ำเสมอเมื่อทดลองหักถ่านดูจะเห็นผิวหน้าที่เรียบและแข็ง หากนำถ่านนี้ไปเคาะดู จะได้ยินเสียงดังกังวานเหมือนโลหะ สามารถเผาไหม้ได้เป็นเวลานาน

2.1.2 ขั้นตอนการทำถ่าน

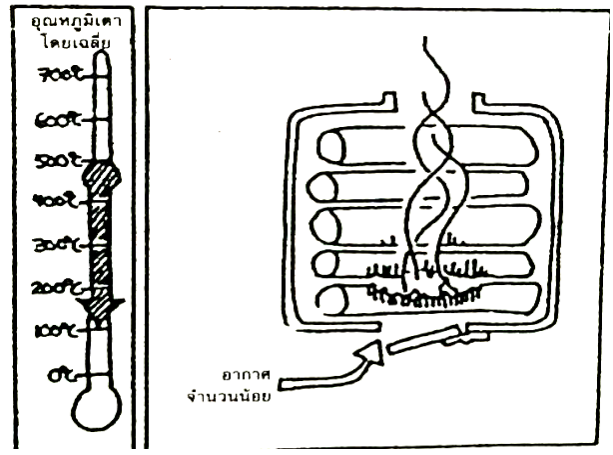
ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง หรืออาจกล่าวในทางเทคนิคก็คือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในไม้ที่มีสภาวะอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการ จะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดินและสารประกอบอื่นๆ ออกจากไม้ ซึ่งผลผลิตที่ได้เป็นกรับวนการ คือ สารต่างๆ ประกอบด้วย สารประกอบหลักคือ คาร์บอน ร้อยละ 80 นอกจากนั้นเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (ร้อยละ10-20) เถ้า (ร้อยละ0.5-10) และแร่ธาตุต่างๆเช่น กำมะถันและฟอสฟอรัส ถ่านที่ได้หลังจากกระบวนการผลิตจะมีปริมาณคาร์บอนสูงและไม่มีความชื้น ทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง โดยมีค่าเป็นสองเท่าของปริมาณพลังงานในไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนรูปเป็นถ่านเรียกว่า “คาร์บอไนเซชั่น (Carbonization)” เราสามารถแยกกระบวนการดังกล่าวเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ การเผาไหม้ การลดความชื้น การคายความร้อน และการทำให้เย็นตัว โดยแต่ละขั้นตอนอาจจะเกิดภายในเตาเผาถ่านในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ไม้ทุกชิ้นภายในเตาเผาถ่านจะต้องผ่านกระบวนการทั้งหมดตามขั้นตอน สำหรับเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนขึ้นอยู่กับขนาดของเตาเผาถ่าน ชนิดของเตาเผาถ่าน ขั้นตอนในการทำงาน ความชื้นในเนื้อไม้และสภาวะอากาศ

2.1.2.1 การเผาไหม้ (Combustion) การเผาไหม้คือ กระบวนการที่ต้องการปริมาณออกซิเจนจำนวนมากระหว่างการเกิดคาร์บอนไนเซชั่น โดยกระบวนการดังกล่าวจะเป็นการให้ความร้อนกับไม้ภายในเตาเผาถ่าน ซึ่งจะทำให้เกิดอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศมากกว่า 500 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.1 การเผาไหม้
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 40)

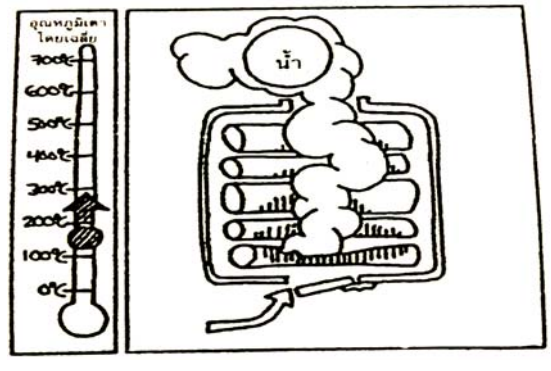
หลังจากสิ้นสุดการเผาไหม้ปริมาณของออกซิเจนภายในห้องเผาไหม้จะลดลงอย่างรวดเร็ว และอุณหภูมิของห้องเผาไหม้จะลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.2 การลดปริมาณออกซิเจน
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 40)

2.1.2.2 การลดความชื้น (Dehydration)

เป็นกระบวนการให้ความร้อนโดยการเผาไหม้เพื่อไล่ความชื้นภายในเนื้อไม้ให้ออกไปอยู่ในรูปของไอน้ำ โดยระหว่างกระบวนการ อุณหภูมิของเตาเผาถ่านจะสูงขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งถึงอุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งหมดไป ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

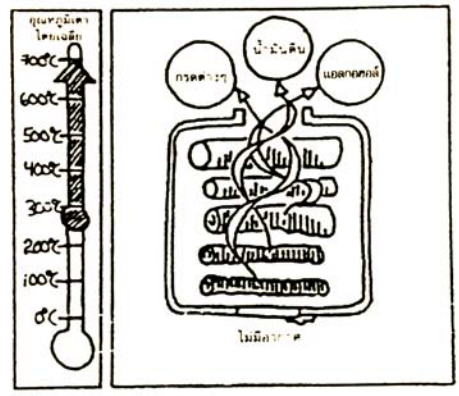


ภาพที่ 2.3 การลดความชื้น
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 41)

2.1.2.3 การคายความร้อน (Exothermic)

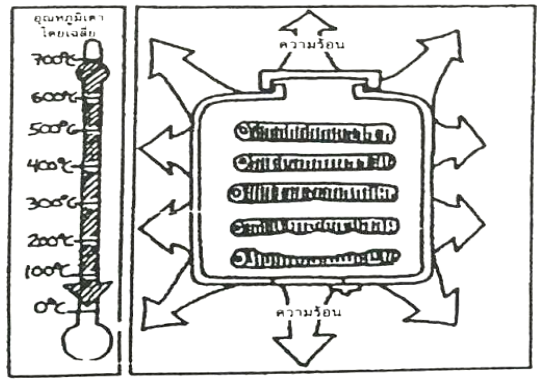
หลังจากกระบวนการไล่ความชื้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์เมื่อสิ้นสุดการเผาไหม้จะเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนของไม้ โดยทำการกำจัดอากาศไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยากับการเผาไหม้ในเตาเผาถ่านอีก ในระหว่างปฏิกิริยาคายความร้อนจะเกิดก๊าซต่างๆ เนื่องจากการแยกสลายทางความร้อน (Pyrolysis) ของไม้ เช่น กรดอะซิติค เมทิลแอลกอฮอล์ และน้ำมันดิน ซึ่ง

วัสดุแข็งที่ได้หลังกระบวนการนี้ จะเรียกว่า ถ่าน ระหว่างกระบวนการคายความร้อน จะมีควันสีเหลืองและการระเยของไอน้ำเกิดขึ้น โดยอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจะสูงถึงประมาณ 700 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2.4 การคายความร้อน
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 42)

2.1.2.4 การทำให้เย็นตัว (Cooling) เป็นกระบวนการลดความร้อนของเตา เพื่อนำถ่านที่ได้จากกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นออกจากเตา



ภาพที่ 2.5 การทำให้เย็นตัว
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 42)

2.1.3 เตาเผาถ่าน

2.1.3.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาถ่าน

วัตถุดิบประเภทสารอินทรีย์ (Charge of organic matter) เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่าน เช่น หญ้า หรือไม้ โดยในการเลือกวัตถุดิบจะเป็นการกำหนดชนิดของถ่านที่จะผลิตหรือความยากง่ายในการผลิต สำหรับการผลิตถ่านที่มีเนื้อแข็งและแน่นต้องใช้ไม้เนื้อแข็งในการผลิต ขณะถ่านเบาและไม่แข็งจะผลิตได้จากไม้ที่มีเนื้ออ่อน สิ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบในการผลิต เช่น เปลือกไม้ที่มีอยู่ในวัตดุดิบที่ใช้ เมื่อผลิตเป็นถ่านแล้วนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมบางประเภทจะ

ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นเนื่องจากเกิดจากเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้สูง ยางไม้จะก่อให้เกิดเปลวไฟซึ่งมีผลต่อการนำไปใช้ในการประกอบอาหาร และสำหรับวัตถุดิบที่มีขนาดเล็ก เช่น เศษหญ้า และ ขี้เลื่อย ควรอัดขึ้นรูปให้มีขนาดเหมาะสำหรับการใช้งานก่อนการผลิตเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย

(1) แหล่งความร้อน (heat source) ต้องมีการจัดเตรียมแหล่งความร้อนในการจุดเตาเพื่อการเผาไหม้ ซึ่งอาจทำได้โดยจุดไม้เล็กๆ บางๆ ให้ลุกไหม้ หรือจุดถ่านหินจากภายนอกแล้วนำไปเผาไหม้ในเตาถ่าน

(2) การถมกลบ/ฝาปิด (Cover) ใช้ในการควบคุมปริมาณออกซิเจน ให้พอเหมาะกบวัตถุดิบที่ใช้ โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้ในการทำมีหลายประเภท เช่น ดิน โลหะ อิฐ ซีเมนต์ และอิฐดินเหนียวตากแห้ง

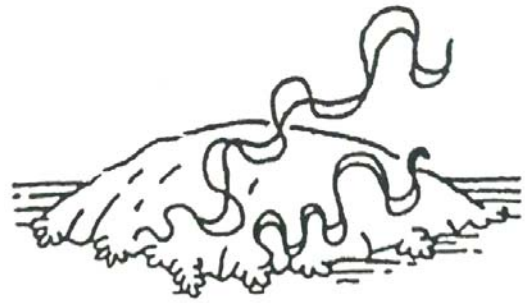
(3) ช่องระบายอากาศ (vent) มีไว้เพื่อให้มีอากาศปริมาณเล็กน้อยเข้าไปยังเตาเผาถ่านเพื่อช่วยในการคาร์บอนไนเซชั่นจนกระทั่งถึงกระบวนการคายความร้อนลักษณะของช่องอากาศอาจจะเป็นแบบช่องทะลุผ่านฝาปิด ใช้ความพรุนของดินที่กลบคลุมซึ่งอากาศสามารถไหลผ่านได้ หรือชิองอากาศแบบอัตโนมัติ

(4) ช่องปล่อยไอเสีย (exhaust) ในบางกรณีช่องอากาศเข้า และช่องไอเสียอาจเป็นช่องเดียวกัน แต่โดยปกติแล้วจะมีช่องอากาศสำหรับไอเสียแยกจ่างหาก ซึ่งอาจเป็นช่องอากาศทะลุผ่านฝาปิด หรืออาจจะเป็นแบบปล่องไฟ (chimney) ก็ได้

2.1.3.2 รูปแบบของเตาเผาถ่าน

เตาเผาถ่านมีอยู่หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในแต่ละท้องถิ่นสลอดคล้องกับความต้องการ ทรัพยากร และความชำนาญของคนในท้องถิ่น ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 10 ประเภท ดังนี้

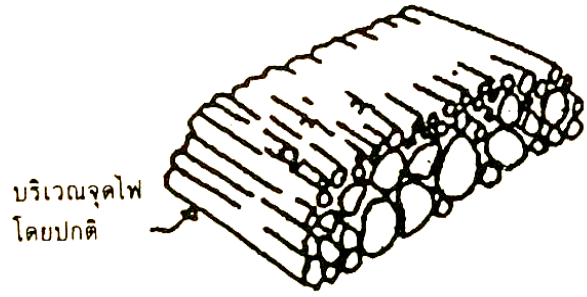
(1) เตาเผาถ่านแบบใช้ดินถมกลบ (Earth Covered Kilns) เตาแบบนี้เป็นแบบที่ง่ายที่สุด โดยการเรียงไม้เป็นกองอย่างเป็นระเบียบแล้วถมกลบด้วยเศษหญ้าและหิน



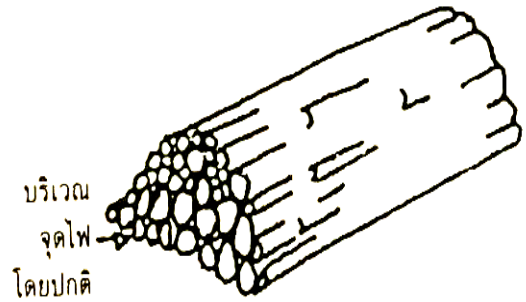
ภาพที่ 2.6 เตาเผาถ่านแบบดินถมกลบ
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 49)

เตาชนิดนี้สามารถทำการคาร์บอนไนเซชั่นไม้ได้เกือบทุกขนาดและสามารถที่เปลี่ยนรูปร่างและขนาดที่เหมาะสมตามความต้องการ สำหรับการจัดเรียงไม้แบบเตากลบ (round kiln) ตามแนวรัศมี และในส่วนจัดเรียงไม้แบบเตาทรงสี่เหลี่ยม (rectangular kiln) ไม้ถูกจัดเรียงได้ทั้งตามแนวยาวและตามแนว

ขวางแม้ว่าวิธีการตัดไม้และการจัดเรียงดังภาพที่ 2.7 จะต้องใช้เวลามากกว่าและผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้การทำงานของเตาเผาถ่านดีขึ้นและให้ผลผลิตสูงกว่าเตาใน

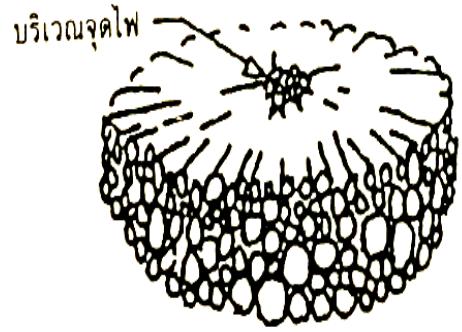


ภาพที่ 2.7 การจุดไฟแบบจัดเรียงตามขวาง
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 50)



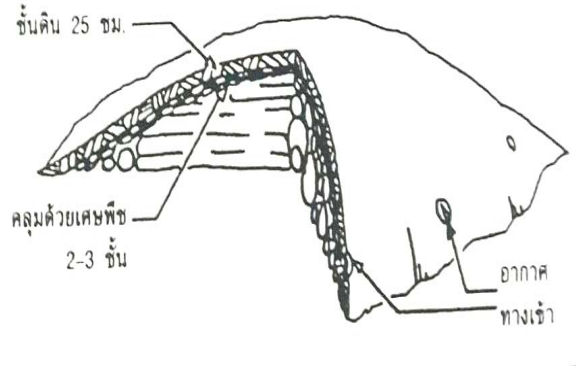
ภาพที่ 2.8 การจุดไฟแบบจัดเรียงตามทางยาว
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 50)

ซึ่งอาจจะทำการสร้างได้ง่ายกว่าแต่อาจทำให้ไม้บางส่วนที่เป็นช่องทางการไหลผ่านของอากาศถูกเผาไหม้จนหมดการจัดเรียงไม้ตามแนวรัศมีและทำการจุดไฟที่จุดศูนย์กลางของกอง (ภาพที่ 2.9) จำเป็นจะต้องใช้ความชำนาญในการสร้างแต่การจัดวางไม้ในลักษณะนี้จะทำให้เกิดคาร์บอนไนเซชั่นที่ดีกว่า



ภาพที่ 2.9 การจุดไฟแบบจัดเรียงเป็นรัศมีวงกลม
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 50)

โดยทั่วไปแล้วการจัดเรียงไม้เราจะวางไม้ที่มีขนาดใหญ่ไว้ที่ใจกลางของกองเสมอไม่ว่าจะเป็นเตาแบบใด และใช้เศษหญ้าซึ่งเผาไหม้ช้าถมกลบกองไม้เพื่อป้องกันไม่ให้ติดดินลงไปในเตาเผาถ่านซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นที่ไม่สมบูรณ์ โดยปกติแล้วในการเผาแต่ละครั้งจะใช้เศษหญ้าคลุมประมาณ 2-3 ชั้น แล้วถมกลบด้วยชั้นดินหนาประมาณ 25 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศอีกชั้นหนึ่ง ถ้าดินที่ใช้มีความพรุนมากอาจต้องเพิ่มความหนาของชั้นดินขึ้นอีก (ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.10 การเผาโดยคลุมด้วยพื้นกับดิน
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 51)

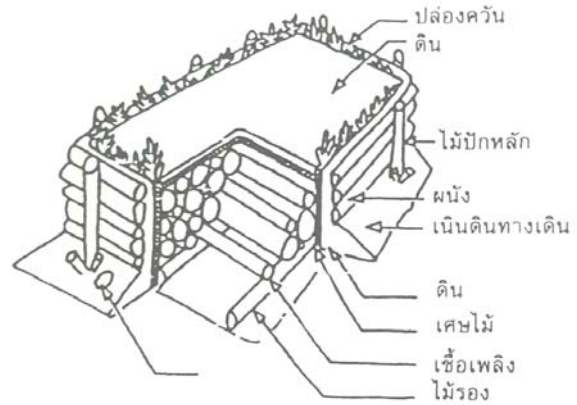
เมื่อถมกลบด้วยดินเรียบร้อยแล้วต้องทำการเจาะรูทะลุผ่านเพื่อทำหน้าที่เป็นช่องอากาศ โดยปกติแล้วเตาชนิดนี้จะทำการจุดไฟที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งและทำงานแบบไดเร็คดราฟท์ สำหรับของเสียของเตาเผาถ่านแบบนี้ก็คือการหมุนเวียนของก๊าซร้อน และการถ่านเทความร้อนภายในเตาไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม้บางส่วนถูกเผาไหม้จนหมด หรือเกิดคาร์บอนไนเซชั่นไม่ทั่วทั้งเตา
ข้อดีและข้อเสียของเตาเผาถ่านแบบใช้คลุมดิน

ข้อดี
-ไม่ต้องการเงินทุน
-ใช้วัตถุดิบภายในท้องถิ่น
-เป็นความชำนาญที่สืบเนื่องกันมา
-ง่านต่อการเข้าใจ
-สามารถสังเกตเห็นกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างคาร์บอนไนเซชั่น
ข้อเสีย
-ต้องทำการสร้างเตาขึ้นใหม่ทุกครั้งจากคาร์บอนไนเซชั่น
-ระหว่างการดำเนินการเตาอบจะพัง
-มีเศษดินปนเปื้อนมากับถ่าน
-ผลผลิตของเตาถ่านต่ำกว่าเตาอบ

หลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น ดินที่ใช้ถมกลบเตาเผาจะเต็มไปด้วยอนุภาคเล็กๆ ของผงถ่าน (fines) สามารถแยกออกโดยนำดินที่ได้หลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นแช่ลงในน้ำและตักเอาผงถ่านที่ลอยอยู่เหนือน้ำออกจากนั้นทำให้แห้งแล้วอัดเป็นก้อนเพื่อนำไปใช้งาน

(2) เตาเผาแบบผนังไม้ (Woodwall Kilns)

เตาเผาถ่านชนิดนี้จะมีความซับซ้อนมากขึ้นโดยใช้แผ่นกระดาษหรือเสาไม้ทำเป็นกรอบผนังของเตาเพื่อกั้นดินไม้ที่จะเผา ทำให้มีการใช้ดินปริมาณไม่มากนักและช่วยประหยัดเวลาในการทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาถ่านแบบใช้ดินคลุมชนิดอื่น เตาเผาถ่านแบบนี้จะใช้ใบปาล์มคลุมปิดด้านข้าง ขณะเดียวกันใบปาล์มเหล่านี้จะยื่นโผล่ขึ้นมาด้านบนและทำน้าที่เป็นช่องอากาศและปล่องไฟไม้ที่จะเผาถูกจัดเรียงอยู่บนไม้รองที่เรียกว่า “สตริงเกอร์” (stringers) ทำให้มีช่องอากาศอยู่ใต้กองไม้เพื่อการหมุนเวียนของอากาศในการคาร์บอไนเซชั่น จุดด้อยของเตาเผาชนิดนี้คือ ต้องระมัดระวังในการตัดและจัดวางไม้เพื่อป้องกันไม่ให้ไม้ยื่นออกมา (ภาพที่ 2.11)



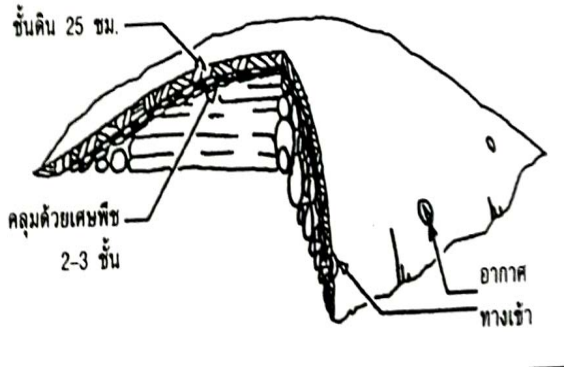
ภาพที่ 2.11 เตาผาถ่านแบบใช้ผนังไม้
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 52)

โดยทั่วไปเตาจะมีความสูงประมาณ 1-2 เมตร กว้าง 2 เมตร และยาว 3 เมตร มีไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน วางนอนขนานกันบนพื้นเพื่อเป็นสริงเกอร์วางไว้ โดยไม้ที่นำมาเผาจะถูกวางขวางกับสตริงเกอร์แล้วเรียงเป็นกองเพื่อก่อเตา สำหรับการก่อกองไม้สูง 2 เมตรนั้น ต้องมีไม้หลักเพื่อช่วยประคอง โดยจะเป็นไม้ยาวประมาณ 2 เมตร ตอกลงดินลึกประมาณ 30 เซนติเมตร ที่ด้านข้างและหัวท้ายของกองไม้ โดยด้านข้างแต่ด้านจะใช้ไม้หลักข้างละ 3 ต้น และที่หัวท้ายจะใช้ไม้หลักข้างละ 2 ต้น สำหรับในการทำผนังแต่ละด้านจะใช้ใบปาล์มวางเรียงเป็นผนังชั้นแรกติดกับกองไม้โดยให้ปลายใบปักลงกับพื้นและปล่อยอีกด้านหนึ่งยื่นออกด้านบนเหนือกองไม้ประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วใช้ดินอัดปิดด้านข้างให้ลาดไปจนถึงไม้หลักซึ่งจะมีไม้กระดานรับอีกทีหนึ่ง จากนั้นอัดดินที่ผนังทุกด้านให้แน่นอีกครั้งยกเว้นด้านที่ใช้ในการจุดไฟเพื่อช่วยป้องกันการรั่วซึมของอากาศ สุดท้ายเมื่อกลบปิดด้านบนของเตาด้วยเศษใบไม้ใบหญ้าและดินเรียบร้อยแล้ว เตาก็พร้อมที่จะทำงาน

(3) เตาเผาถ่านแบบคาซาแมนซ์ (Caamance)

เตาเผาถ่านแบบคาซาแมนซ์ เป็นตัวอย่างของเตาเผาถ่านที่ได้รับการปรับปรุงมาจากเตาเผาถ่านแบบดั้งเดิม ในส่วนของเตาแบบดั้งเดิมนั้นการจัดเรียงไม้จะเป็นการวางเรียงกับพื้นในแนวรัศมี แล้วกลบคลุมด้วยเศษใบไม้ใบหญ้า และถมกลบด้วยดิน ในท้ายที่สุด สำหรับการจุดไฟจะทำโดยจุดจากปล่องกลางเตา เตาชนิดนี้เป็นแบบไดเร็ดดราฟท์ มีทางเข้าของช่องอากาศที่ฐานเตาและช่องระบายไอเสียยาวประมาณ ¾ ของเตาทางด้านบน

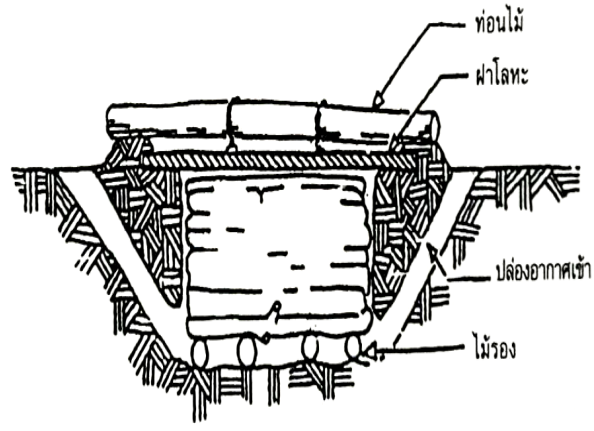
ในการปรับปรุงประสิทธิภาพเตาเผาถ่านในขั้นแรกคือ การทำฐานรองให้สูงกว่าพื้นปกติ และทำช่องอากาศรอบๆ เตา (circumferential air chamber) เพื่อให้มีอากาศหมุนเวียน จากนั้นเพิ่มปล่องไฟขนาดใหญ่ติดตั้งไว้ด้านข้างเตาเพื่อทำให้เกิดรีเวอร์สดราฟท์ ซึ่งจะทำให้การไหลเวียนของก๊าซและการกระจายของความร้อนภายในเตาดีขึ้น โดยขั้นตอนในการก่อสร้างเตาชนิดนี้ยังคงไม่ซับซ้อนมากนักแต่ผลลัพธ์ที่ได้ จะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นและใช้เวลาในการคาร์บอไนเซชั่นน้อยลง อีกทั้งยังใช้เงินทุนในการทำไม่มาก



ภาพที่ 2.12 เตาผาถ่านแบบคาซาแมนซ์
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 53)

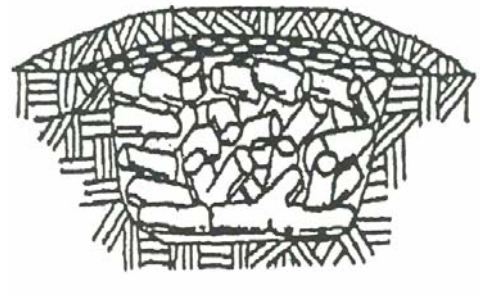
(4) เตาเผาถ่านแบบหลุม (Pit Kilns)

เตาเผาถ่านแบบหลุมเป็นเตาที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไป เนื่องจากมีรูปแบบที่ง่ายต่อการก่อสร้างโดยจะเป็นหลุมที่ขุดลงไปในพื้นดิน บรรจุไม้ที่ทำจากการเผา และถมกลบด้วยใบไม้และดินด้านบน (ภาพที่ 2.13) หรือบางครั้งอาจจะใช้ฝาโลหะปิดเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศที่ดีกว่าและปริมาณของสิ่งเจือปน



ภาพที่ 2.13 เตาผาถ่านแบบหลุมที่ปรับปรุงแล้ว
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 54)

การปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาแบบหลุมนี้อาจทำได้โดยการสร้างสตรงเกอร์รองใต้กองไม้และติดตั้งปล่องไฟพร้อมทั้งช้องอากาศในแต่ละมุมของก้นหลุม ซึ่งจะช่วยในการกระจายก๊าซภายในเตาให้ดีขึ้น รมทั้งยังช่วยให้เกิดการไหลของอากาศแบบรีเวอร์สดราฟท์ขึ้นด้วย และเพื่อหลีกเลี่ยงการเพิ่มของต้นทุนในการสร้างเราอาจจะทำช่องอากาศในการเจาะก็ได้



ภาพที่ 2.14 เตาผาถ่านแบบหลุม
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 55)

ข้อดี

-ไม่ต้องการเงินทุน

-สามารถทำใช้ซ้ำได้

-เป็นเทคโนโลยีที่ยอมรับ

ข้อเสีย

-ต้องใช้กำลังในการขุด

-อาจเกิดปัญหาน้ำขังระหว่างหน้าฝน

-ยากในการจัดเรียงไม้ก่อนการเผาและการจัดเก็บหลังการเผา

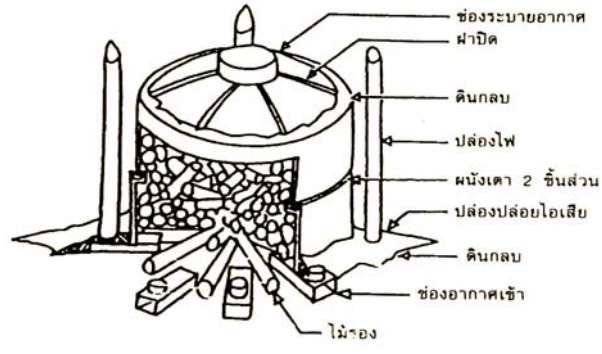
-ความร้อนบางส่วนสูญเสียไปกับพื้นดินรอบนอก

-ผลผลิต (yield) ค่อนข้างต่ำ

-ผลผลิตมีวัตถุปนเปื้อนมาก (impurity)

(5) เตาเผาถ่านแบบโลหะ (Metal Kilns)

เป็นเตาเผาถ่านซึ่งอาจใช้โลหะในการสร้างเพียงอย่างเดียวหรืออจามีวัสดุประเภทอื่นๆ ประกอบในการสร้าง



ภาพที่ 2.15 เตาผาถ่านแบบโหละ
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 56)

ข้อดี

-ระบายความร้อนได้ดี

-ไม่เกิดการรั่วไหลของอากาศ

-ไม่เกิดการยุบหรือพังทลาย

-สามารถเคลื่อนย้าย

-แข็งแรง

ข้อเสีย

-อาจเกิดการบิดตัวหรือถูกเผาไหม้เมื่ออยู่ภายใต้ความร้อน

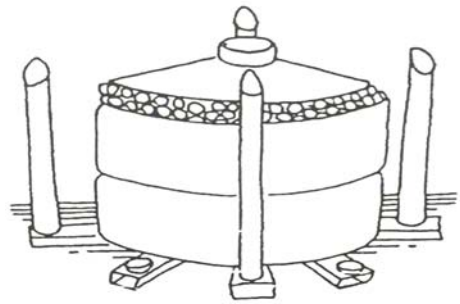
-ราคาแพง

-ต้องการอุปกรณ์เชื่อมสำหรับการสร้างและซ่อมแซม (maintenance) มาก

-น้ำหนักมาก

(6) เตาเผามาร์ค วี (Mark V)

เป็นเตาเผาแบบโลหะซึ่งรู้จักกันอย่างแพร่หลาย (ภาพที่ 2.14) โครงสร้างหลักประกอบด้วยถังโลหะทรงกระบอกขนาดใหญ่ 2 ถัง วางเชื่อมต่อกัน โดยด้านบนจะเป็นฝาทรงกรวยซึ่งมีรูอยู่ตรงกลาง และสามารถเปิดปิดได้เพื่อการจุดไฟ ส่วนรอยต่อระหว่างส่วนประกอบหลักจะทั้งสามจะใช้รายในการป้องกันการรั่วซึม เตาชนิดนี้ทำงานแบบรีเวอร์สดราฟท์ มีช่องอากาศ 8 ช่อง วางด้วยระยะห่างเท่าๆ กันที่ฐานเตาซึ่งแต่ละช่องจะถูกดัดแปลงให้ทำหน้าที่ต่างกันคือ เป็นช่องอากาศเข้า หรือต่อปล่องออกไปเพื่อทำหน้าที่เป็นท่อปล่อยควันไอเสีย



ภาพที่ 2.16 เตาผาถ่านแบบ Mark V
ที่มา : ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 57

เตาชนิดนี้จะมีราคาแพงเนื่องจากใช้เหล็กพิเศษเป็นตังต้านทานความร้อนในการสร้าง ซึ่งถ้ามีการใช้งานอย่างระมัดระวังแล้ว เตาจะมีอายุการใช้งานถึง 3-5 ปี แต่ขาดการดุแลเตาอาจเสียหายจากการใช้งานเพียงครั้งแรก สำหรับวิธนี้จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตก็คือการใช้เหล็กเหนียว (mild steel) ในการสร้างแทนแต่อาจทำให้คุณภาพของเตาเสื่อมลงรวดเร็วขึ้น

การก่อเตาทำได้โดยวางท่อสำหรับเป็นช่องอากาศ 8 ท่อน ตามแนวรัศมี และวางถังโลหะขนาดใหญ่ใบแรกไว้ด้านบน ทำการจัดเรียงสตริงเกอร์ระหว่างช่องอากาศเพื่อป้องกันก๊าซไหลผ่านระหว่างช่องแต่ละช่อง จากนั้นทำการจัดเรียงไม้เข้าเตาจนกระทั่งเต็มถังใบแรกแล้วนำถังใบที่สองมาวางซ้อน และ จัดเรียงไม้เข้าเตาโดยจัดเรียงไม้ให้สูงกว่าความสูงของถังประมาณ 10 เซนติเมตร นำฝาที่เตรียมไว้มาปิด โดยเมื่อทำการจุดไฟแล้วไม้ที่ถูกเผาแล้วจะทรุดตัวทำให้ฝาปิดพอดีในส่วนของ

ปล่องไฟจะถูกติดตั้งไว้บนช่องอากาศทุกช่อง สำหรับการจุดไฟนั้นจะใช้การเทถ่านร้อนลงไปในช่องอากาศด้านบน ไฟจะติดด้านบนของกองไม้ก่อน จากนั้นความร้อนจะแพร่กระจายออกไปรอบๆ เตา หลังจากไม้ด้านบนเริ่มทรุดตัวทำให้ฝาปิดสนิทก็ทำการตรวจเช็ครอยรั่วซึมในแต่ละจุด แล้วทำการอุดรอยรั่วของอากาศระหว่างช่องอากาศที่ฐานด้วยดินอีกครั้ง

(7) เตาเผาถ่านจากอิฐดินเหนียวตากแห้งและอิฐเผา(Adobe and Masonry Kilns)

อิฐที่ทำจาดินเหนียวตากแห้ง (adobe) เป็นวัสดุดั้งเดิมที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรื่อนของผู้คนในแถบอเมริกากลางและใต้ ในขณะที่อิฐเผา (Masonry) ก็เคยถูกใช้ในการก่อสร้างเตาเผาสำหรับคนในแถบอเมริกาเหนือ

ข้อดี

-ง่ายต่อการนำไปใช้

-มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนความร้อน

-อิฐเผา สามารถรื้อถอนและเคลื่อนย้ายได้

-อิฐดินเหนียว ไม่ต้องใช้เงินทุน

-ค่าบำรุงรักษา สะดวก และประหยัดกว่าเตาโลหะ

ข้อเสีย

-ไม่สามารถเคลื่อนย้ายเตาได้

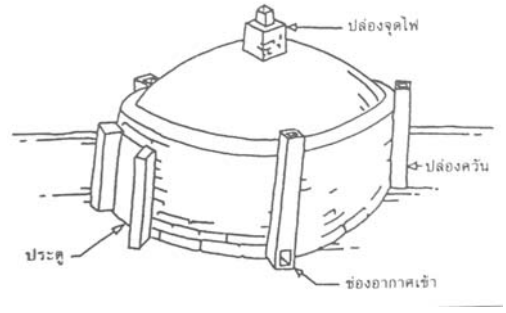
-อาจเกิดการแตกร้าวได้

-อิฐเผา ใช้แรงงานในการปั้นเป็นก้อน

-อิฐดินเหนียว ราคาแพง ต้องใช้ส่วนผสมพิเศษ

(8) เตาเผาแบบรวงผึ้ง (Beehive Kiln)

เตาเผาถ่านแบบรวงผึ้ง (ภาพที่ 2.17) เป็นเตาซึ่งทำมาจากอิฐดินเหนียวนิยมใช้กันมากในแถบอเมริกาใต้ โครงสร้างประกอบด้วยผนังอิฐแนวตรง (straight wall) มีหลังคาเป็นแบบโดม โดยมีจุดเด่นก็คือมีวงเหล็กเสริมความแข็งแรง (steel reinforcing ring) ที่ฐานของโดมทำหน้าที่รับแรงในแนวด้านข้าง (lateral force) และแรงจากภายนอกที่กระทำกับผนัง ในส่วนของผนังเตาซึ่งเป็นดินเหนียวที่ตากแห้งโดยผนังด้านนอกฉาบด้วยปูนซึ่งจะทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของอากาศ หลังจากจัดเรียงไม่เข้าเตาก็ทำการปิดเตาด้วยการก่ออิฐขึ้นปิดแล้วฉาบด้วยปูนอีกครั้ง ซึ่งการปิดเตาด้วยวิธีนี้จะช่วยป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้ดีกว่าและมีราคาถูกกว่าการใช้ประตูโลหะ



ภาพที่ 2.17 เตาผาถ่านแบบรวงผึ้ง

ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 58)

สำหรับช่องอากาศจะถูกวางเรียงกันรอบๆ ฐานหรือด้านบนของเตา ส่วนด้านบนของโดมจะมีช่องอากาศหนึ่งช่อง ต้องทำการปิดหลังจากการจุดเตา ดังนั้นอากาศภายในเตาจะไหลแบบรีเวอร์สดราฟท์ ไหลผ่านปล่องไฟทั้ง 4 ปล่องออกสู่ภายนอก

ภาพที่ 2.18 ช่องลมของเตาผาถ่านแบบรวงผึ้ง
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 59)

เตาเผาจากซีเมนซ์ (cement kiln) เตาเผาถ่านจากซีเมนซ์เคยเป็นเตาเผาที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา และอีกในหลายๆ ประเทศ

ข้อดี

-คงทนถาวร

-ทนทาน

ข้อเสีย

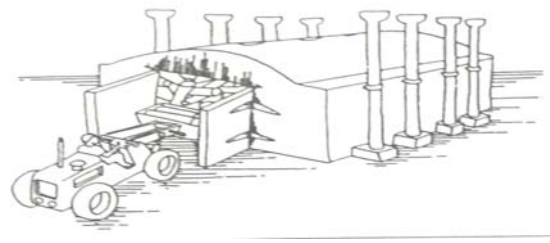
-ราคาแพง

-ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้

-ต้องการส่วนผสมพิเศษ

(9) เตาเผามิสซูรี่ (Missouri Kiln)

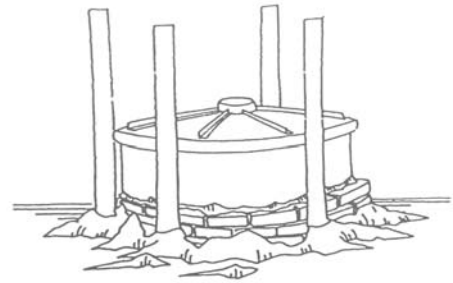
เตาเผาถ่านซีเมนว์ที่เป็นที่รู้จักกันดีก็คือเตาเผาถ่านแบบมิสซูรี่ (ภาพที่ 2.16) เตาชนิดนี้เป็นเตาเผาขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เวลาในการเกิดกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นนานถึงหนึ่งเดือนครึ่ง ตัวเตาจะประกอบด้วยปล่องไฟและช่องอากาศอยู่รองเตา ด้านบนของเตามีช่องอากาศสำหรับจุดไฟ 4 ช่อง และมีประตูเหล็กขนาดใหญ่ 2 ด้าน เพื่อสะดวกต่อการใช้เครื่องจักรจัดเรียงไม้เข้าเตาและการเคลื่อนย้ายถ่านออก อย่างไรก็ดีเตาแบบนี้ใช้ทรายเป็นส่วนผสมและจะแตกออกเมื่อเจอความร้อน



ภาพที่ 2.19 เตาเผาถ่านแบบมิสซูรี่
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 59)

(10) เตาเผาถ่านแบบผสม (Mixed Kiln)

เตาชนิดนี้จะเป็นการผสมผสานกันระหว่างเตาแบบหลุมและเตาแบบฝาโลหะ ในการสร้างเตาจะทำโดยการขุดหลุมซึ่งตื้นกว่าหลุมที่ขุดสำหรับเตาแบบหลุมปกติเพื่อความสะดวกทั้งการขุดหลุม การจัดเรียงไม้เข้าเตา และการเคลื่อนย้ายถ่านออก ในเตาแบบโลหะโดยปกติทั่วไปฐานเตา (base) จะเป็นส่วนที่เสื่อมสภาพก่อนส่วนอื่นๆ เนื่องจากเป็นส่วนที่มีอากาศไหลเข้าและมีอุณหภูมิสูงที่สุด ดังนั้นฐานเตาของเตาเผาแบบผสมจะถูกวางฝังไว้ใต้ดินทำให้เตามีอายุการใช้งานนานขึ้น แต่ขณะเดียวกันจะมีความร้อนบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจาการแผ่รังสีความร้อนในช่วงแรกของการคาร์บอนไนเซชั่น ในบางครั้งเตาเผาแบบโลหะ เศษวัสดุก่อสร้างและเตาแบบหลุม อาจนำมาใช้ผสมผสานกัน และบางโอกาสอาจจะทำการถมกลบด้วยดิน (ภาพที่ 2.17)



ภาพที่ 2.20 เตาเผาถ่านแบบแบบผสม
ที่มา : (ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ, 2544 : 60)

2.1.4 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบ วิธีปฏิบัติและข้อกฎหมายในการเผาถ่าน

นับตั้งแต่รัฐบาลได้ยกเลิกสัมปทานการทำไม้ ในปี พ.ศ. 2532 เป็นต้นมาส่งผลให้เกิดการขาดแคลนไม้สำหรับใช้ประโยชน์ ผนวกกับความต้องการใช้เชื้อเพลิงในภาคชนบทเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้มีการริเริ่มโครงการต่างๆ อาทิ เช่นการส่งเสริมการปลูกต้นไม้โตเร็วสำหรับใช้สอย เป็นต้น สำระบบโครงการส่งเสริมการเผาถ่านโดยใช้ไม้และเศษปลายไม้ได้รับความสำเร็จอย่างสูง เนื่องจากมีผู้นิยมใช้มากซึงจะเห็นจากปริมาณการผลิตที่สูง๘นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับนโยบายรัฐบาลในด้านพลังงานซึ่งเน้นให้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานทดแทนอื่นๆ มาใช้เป็นประโยชน์ในอนาคต สำหรับผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งยังไม่แน่ใจในกิจการเผาถ่านเนื่องจากไม่ทราบถึงขั้นตอนปฏิบัติในการขออนุญาตการเผาถ่าน เพื่อให้การปฏิบัติในการประกอบการเผาถ่านเป็นไปได้อย่างถูกต้อง สามารถดำเนินการได้ดังนี้

2.1.4.1. ผู้ที่ปะสงค์จะเผาถ่านจากไม้ในที่ดินกรรมสิทธ์หรือสิทธิครอบครอง การนำไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครอง (ยกเว้นไม้สัก ไม้ยาง) มาเผาเป็นถ่านไม้ ถือว่า ถ่านไม้ดังกล่าวไม่ใช่ของป่าหวงห้าม จึงไม่อยู่ในข้อบังคับซึ่งว่าด้วยกฎหมายป่าไม้ ดังนั้น การตั้งเตาเผาถ่านเพื่อทำการเผาไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินกรรมสิทธ์หรือสิทธิครอบครอง สามารถกระทำได้โดยไม่ต้องขออนุญาตเก็บหาของป่าหวงห้ามสำหรับการเผาเอาถ่าน (ตั้งเตาเผาถ่าน) ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 19 (พ.ศ. 2507) ว่าด้วยการเก็บของป่าหวงห้ามและไม่ต้องขออนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ตามมาตรา 11 ไม่ต้องชำระตามภาคหลวงตามาตรา 9 และ 14 แต่การเผาถ่านในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครอง จะมีปัญหาในเรื่องของการนำถ่านเคลื่อนที่ระหว่างพื้นที่ เนื่องจากจะต้องชี้แจงได้ว่าไม้ที่นำมาเผานั้นเป็นไม้ที่ปลูกในพื้นที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองของตน ดังนั้น เพื่อความสะดวก

และรวดเร็วผู้ประสงค์จะให้ทางราชการให้ความคุ้มครองและรับรองการดำเนินการเผาถ่านจากไม้ดังกล่าวสามารถดำเนินการตามหนังสือ กรมป่าไม้ที่ กษ.0704.03/6597 ลงวันที่ 8 มีนาคม 2537 ที่ได้กำหนดแนวทางปฏิบัติการเผาถ่านจากไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครอง ตลอดจนนำเคลื่อนที่หรือมีไว้ในครอบครอง ดังนี้

2.1.4.2. ผู้ที่ประสงค์จะขอให้ทางราชการออกหนังสือรับรองถ่านไม้ที่ตนเผาให้ยื่นคำขอฯ (ตามแบบ) ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ประจำอำเภอ หรือกิ่งอำเภอท้องที่พร้อมด้วยหลักฐานแสดงกรรมสิทธิ์ที่ดินที่ปลูกไม้นั้น พร้อมสำเนาบัตรประชาชนของตนโดยแจ้งจำนวนไม้ ปริมาตร ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ก่อนจะนำไม้ทุกชนิด (ยกเว้นไม้สัก ไม้ยาง) ที่ปลุกขึ้นในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองเข้าในเตาเผา เมื่อเผาแล้วให้แจ้งจำนวน ปริมาตรถ่านไม้ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่ เพื่อพนักงานเจ้าหน้าที่จะได้ออกหนังสือรับรองนำเคลื่อนที่ซึ่งถ่านไม้ดังกล่าว ซึ่งหากไม่ปฏิบัติตามเกณฑ์ดังกล่าวทางราชการก็จะไม่ออกหนังสือรับรองไม้ให้ เมื่อพนักงานเจ้าหน้าที่รับคำขอแล้วจะเสนอนายอำเภอ หรือปลัดอำเภอผู้เป็นหัวหน้ากิ่งอำเภอพิจารณา และดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

(1) นายอำเภอ หรือปลัดอำเภอผู้เป็นหัวหัวหน้ากิ่งอำเภอ จะทำการแต่งตั้งคณะกรรมการ ประกอบด้วย ปลัดอำเภอเป็นประธาน เจ้าหน้าที่บริหารงานที่ดินอำเภอ หรือผู้แทนเป็นกรรมการป่าไม้อำเภอหรือผู้แทนเป็นกรรมการและเลขานุการ ร่วมกันออกไปตรวจสอบรายละเอียดข้อเท็จจริงว่า ผู้ขอได้ปลูกไม้ชนิดใดบ้างในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองตามหลักฐานที่ยื่นไปหรือไม่ และเอกสารกรรมสิทธิ์นั้น ต้องถูกต้อง และไม่มีปัญหาในเรื่องของการออกเอกสารกรรมสิทธิ์ที่ดินด้วย หลังจากนั้นรายงานผลให้นายอำเภอหรือปลัดอำเภอผู้เป็นหัวหน้าพิจารณาสั่งการ ซึ่งหารเห็นชอบก็ให้ทำบันทึกกับผู้ประสงค์ของรับอนุญาตต่อท้ายคำขอฯ ว่าผู้ประสงค์ขอรับอนุญาตรับทราบและปฏิบัติตามเงื่อนไขในคำขอฯ (ตามแบบ)

(2) ก่อนที่ผู้ประสงค์จะขอรับอนุญาตจะนำไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครอง (นอกจากไม้สักและไม้ยาง) เข้าในเตาเผา และนำถ่านไม้ที่เผาได้ออกจากเตาให้แจ้งต่อคณะกรรมการ เพื่อตรวจสอบ ควบคุม ทำบัญชีในทำนองเดียวกับกฎกระทรวง ฉบับที่ 19 (พ.ศ. 2507) ว่าด้วยการเก็บของป่าหวงห้ามเสร็จแล้วให้ดำเนินการออกหนังสือรับรองฯ ให้ต่อไป (ตามแบบ)

(3) ในการออกหนังสือรับรองให้นำถ่านที่เผาในที่ดินกรรมสิทธิ์ของตนเคลื่อนที่หากเจ้าของประสงค์จะนำถ่านไม้ที่เผาได้เคลื่อนที่ภายในเขตจังหวัดหรือมีไว้ในครอบครอง ณ สถานที่ที่ทำการเผาถ่านตามข้อ 1 ซึ่งนายอำเภอหรือปลัดอำเภอ ผู้เป็นหัวหน้ากิ่งอำเภอ เป็นผู้ออกหนังสือรับรอง (ตามแบบ) แล้วรายงานผลให้จังหวัดทราบ และในกรณีผู้ประสงค์จะนำถ่านไม้ที่เผาได้เคลื่อนที่ออกนอกเขตจังหวัด ให้รายงานให้จังหวัดเพื่อให้จังหวัดเป็นผู้ออกหนังสือรับรอง (ตามแบบ) การออกหนังสือรับรองให้ดำเนินการได้จนกว่าจะเสร็จสิ้นการเผาถ่าน ตามที่ผู้ประสงค์ยื่นคำขอฯ (ตามแบบ) ไว้

สำหรับท้องที่อำเภอหรือกิ่งอำเภอที่ไม่มีเจ้าหน้าที่ป่าไม้ประจำอยู่ ให้อำเภอหรือกิ่งอำเภอใกล้เคียงจังหวัดได้ปฏิบัติราชการประจำอำเภอหรือกิ่งอำเภอนั้นดำเนินการ ถ้าไม่มีก็ยื่นตรงต่อจังหวัด แล้วให้จังหวัดเป็นผู้ดำเนินการ หรืออำเภอหรือกิ่งอำเภอออกหนังสือรับรองให้แก่ผู้ขออนุญาต ให้รายงายจังหวัดและให้จังหวัดรวบรวมกรมป่าไม้พร้อมกับที่จังหวังออกหนังสือรับรองด้วยทุกครั้ง

2.1.5 ประเภทการใช้งานของถ่าน

ถ่านเป็นเชื้อเพลิงที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในครัวเรือน อุตสาหกรรม หรือเชิงพาณิชย์ ซึ่งลักษณะการใช้งานแต่ละประเภทจะต้องการคุณสมบัติของถ่านที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการผลิตถ่านให้มีคุณสมบัติตามลักษณะของการใช้งานนั้น ต้องมีการศึกษาถึงอิทธิพลในการเลือกใช้วัตถุดิบ กระบวนการในการผลิต และขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1.5.1 ครัวเรือน (Home)

คุณสมบัติของถ่านที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มในครัวเรือนนั้นควรเป็นถ่านที่จุดไฟติดได้ง่าย ให้ความร้อนดี มีควันน้อย และให้ความร้อนได้นาน โดยถ่านที่มีลักษณะดังกล่าวอาจได้จากส่วนผสมระหว่างไม้เนื้อแข็งซึ่งจะให้ความร้อนได้นานกับไม้เนื้ออ่อนที่มีน้ำหนักเบาซึ่งจะช่วยให้ติดไฟได้ง่าย

2.1.5.2 งานหล่อโลหะ (Small Foundries)

สำหรับงานหล่อโลหะที่มีขนาดเล็ก เช่น งานหล่อหม้ออลูมิเนียมจากโลหะที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ (recycled metal) ลักษณะของถ่านที่ใช้เป็นเศษถ่านขนาดเล็กซึ่งไม่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มในครัวเรือน

2.1.5.3 งานผลิตเหล็ก (Steel Making)

งานอุตสาหกรรมประเภทนี้จะต้องมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ถ่านไม้สำหรับงานผลิตเหล็กจะต้องมีองค์ประกอบของสารต่างๆ ดังนี้ คาร์บอนอย่างน้อย 80% เถ้าน้อยกว่า 1.5% ฟอสฟอรัสและสารระเหยต่ำ ไม่มีเศษถ่านขนาดเล็กปะปน และทนต่อการผสมกับสินแร่บางชนิดหรือปูน (limestone) เมื่อนำไปใช้กับเตาหลอมโลหะ

2.1.5.4 งานช่างฝีมือ (Artisans)

งานช่างเหล็กทั่วไปสามารถนำเศษผงถ่านมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ แต่สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับอัญมณีนั้น ต้องการถ่านที่มีขนาดค่อนข้างแน่นอนและไม่มีสารเจือปน

2.1.5.5 งานผลิตซีเมนซ์ (Cement Manufacture)

คุณสมบัติของถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ภายในเตาสำหรับการผลิตซีเมนซ์ควรปริมาณความชื้นน้อยกว่า 4% ปริมาณของเถ้าน้อยกว่า 4% ปริมาณของสารระเหยประมาณ 20% หรือมากกว่า โดยกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นเพื่อให้ได้ถ่านที่มีคุณสมบัติตามความต้องการนั้น อุณหภูมิหลังการสิ้นสุดกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นควรจะต่ำกว่า 500 องศาเซลเซียส สำหรับถ่านที่ได้จากเตาเผาแบบใช้ดินถมกลบโดยปกติไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีปริมาณเถ้าสูง และส่วนถ่านที่ผลิตจากเศษเหลือทิ้งจากโรงเลื่อยจะมีเปอร์เซ็นต์ส่วนประกอบของเปลือกไม้สูง จึงไม่นิยมนำมาใช้เช่นกัน

2.1.5.6 ถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal)

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่ต้องผ่านกรรมวิธีในการกำจัดสารไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันดิน (hydrocarbon tars) ซึ่งติดอยู่กับคาร์บอนในเนื้อของถ่านนอก เนื่องจากน้ำมันดินมีจุดเดือดสูงและไม่สารมากำจัดออกได้โดยกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่นแบบปกติ เมื่อถ่านผ่านกรรมวิธีดังกล่าวแล้วจะทำให้คุณสมบัติของถ่านเปลี่ยนไป โดยพื้นที่ผิวของถ่านจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2000 เท่า และทำให้เกิดโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมากภายในเนื้อถ่าน ซึ่งโครงสร้างของเนื้อถ่านที่เปลี่ยนไปจะช่วยให้ความสามารถในการกรองและคุณสมบัติในการดูดซับเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่ากรรมวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์จะช่วยทำให้คุณสมบัติของถ่านตามที่ตลาดต้องการ แต่ก็จะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมากขึ้นด้วย เนื่องจากจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนมากขึ้น

วิธีที่นิยมใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ คือ การใช้ความร้อนจากซูเปอร์ฮีทหรือคาร์บอนไดออไซด์ ณ ความดันบรรยากาศ ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 700-950 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการให้ความร้อนนานประมาณ 15 นาที หรืออาจนานหลายชั่วโมง วิธีการผลิตกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ปริมาณคาร์บอนบางส่วนในเนื้อถ่านถูกกำจัดออกไปพร้อมกับสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งจะส่งผลให้ได้ปริมาณของผลผลิตน้อยลงอีกวิธีหนึ่ง คือ การผสมสารเคมีประเภทแอ็คติเวเตอร์ (activator) ลงไปก่อนเกิดกระบวนการคาร์บอนไนเซชั่น ซึ่งสารเคมีที่ใช้ ได้แก่ แมกนีเซียมคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์ กรอฟอสฟอริค กรดซัลฟูริค โซเดียมซัลเฟต และโดโมไมท์ เป็นต้น

2.1.6 คุณสมบัติที่ดีของถ่านไม้

ถ่านไม้ คือผลผลิตที่ได้จากไม้ถูกสลายตัวด้วยความร้อน และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะตัวของไม้แต่ล่ะชนิด และกระบวนการผลิตถ่าน ถ่านไม้ที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

คาร์บอนเสถียน (Fixed Carbon) ไม่น้อยกว่า 75 %
มีสารระเหยได้ (Volatill) ไม่เกิน 25 %
มีขี้เถ้า (Ash) ไม่เกิน 4 %
มีถ่านป่น (Fine) ไม่เกิน 10 %
มีความชื้น (Moisture) ไม่เกิน 10 %
มีค่าความร้อน (Heaating Vaalue) ไม่น้อยกว่า 7,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
มีค่าความแข็ง (Hardness) ไม่น้อยกว่าระดับ 5
ต้องมีความพรุน (Hardness)สูง มีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 200 ตารางเมตร/กรัม
มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ
มีความเป็นด่างสูง PH ประมาณ 8-9

2.1.7 ถ่านอัดแท่ง

ภาพที่ 2.21 ถ่านอัดแท่ง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 กันยายน พ.ศ.25577)

ถ่านอัดแท่ง (Briquetting) เป็นการนำเอาผงถ่านหรือเศษถ่านขนาดเล็กๆนำมาปั้นและอัดให้เป็นก้อนสำหรับนำไปใช้งาน ผงถ่านเหล่านี้อาจได้มาจากการคาร์บอนไนเซชั่นของเศษวัสดุต่างๆ เช่น

หญ้า ขี้เลื่อย เปลือกถั่วเหลือง หรืออาจมาจากเศษไม้ตกค้างหลังการบอนไนเซชั่น ในส่วนของเหลือทิ้งจากการเกษตรก็อาจนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตได้เช่นกัน

ภาพที่ 2.22 รูปทรงถ่านอัดแท่ง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 3 เมษายน พ.ศ 2558)

ข้อดี

-เป็นการใช้ประโยชน์จากผงถ่าน
-สามารถนำของเหลือทิ้งจากภาคเกษตรและอุสาหกรรมมาใช้
-ถ่านที่ผลิตได้มีเนื้อแน่น
-ปริมาณพลังงานต่อน้ำหนักหนึ่งหน่วยมากว่าถ่านธรรมดา
-ลุกไหม้และให้วามร้อนได้นาน
-มีขนาดเป็นมาตรฐานที่แน่นอน
-มีความแข็งแกร่งไม่แตกหักง่าย

ข้อเสีย

-ยังไม่เป็นที่รู้จักของคนทั่วไป
-มีราคาแพงเนื่องจาก
-ต้องใช้อุปกรณีพิเศษในการผลิต
-มีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน เพิ่มแรงงานงาน
-ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง
-ใช้เวลานานในการผลิต
-เสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบ

2.1.7.1 คุณสมบัติของถ่านไม้อัดก้อนที่ดี

ภาพที่ 2.23 การใช้ถ่านอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 เมษายน พ.ศ. 2558)

- ให้ความร้อนสูง เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้รับการเผาไหม้เต็มที่
- ปลอดภัยไม่มีสารตกค้างและไม่ทำลายสุขภาพ เพราะถ่านได้ถูกเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิเกิน 800 องศา
- ทนทานสามารถใช้งานได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2.5 – 3 เท่า
- ประหยัดเพราะใช้ได้นาน ไม่แตก และไม่ดับเมื่อติดแล้ว ทำให้ไม่มีการเสียเปล่าเนื่องจากถ่าน จะเผา ไหม้ จนกว่าจะกลายเป็นขี้เถ้า
- ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป
- ไม่มีควัน เนื่องจากความชื้นน้อยมาก
- ไม่มีกลิ่น เพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ 100% ไม่ผสมสารเคมีใดๆ
- ไม่ดับกลางคัน แม้ว่าจะใช้ในที่ที่อากาศถ่ายเทน้อย ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่านบ่อยๆ
- ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบเนื่องจากความหนาแน่นของถ่านไม่เท่ากันทุกส่วน

2.1.7.1 การอัดผงถ่านเป็นก้อน (Making Briquettes)

การอัดผงถ่านเป็นก้อนควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

-ผงถ่าน (fines)

-ตัวประสานผงถ่าน (binder)

-ตัวนำส่ง (carrier) ของเหลวที่ทำหน้าที่ในการละลายตัวประสาน

-อุปกรณ์ในการอัดก้อน (compaction device)

วิธีการขึ้นรูปไม้เป็นก้อนมีด้วยกัน 3 วิธี คือ การใช้แรงอัดจากความดันสูง ตัวประสานบางประเภท หรืออาจใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน สำหรับการผลิตโดยใช้แรงอัดจากความดันสูงนั้นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพง ในขณะที่การผลิตโดยการใช้ตัวประสานเพียงอย่างเดียวนั้นถ่านที่ได้อาจไม่แข็งแกร่งมากนักและแตกหักง่ายดังนั้นในการผลิตส่วนใหญ่จึงมักใช้สองวิธีร่วมกันซึ่งในส่วนต่อไปนี้จะเป็นการพิจารณาถึงการผลิตโดยการใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน

2.1.7.2 ตัวประสาน (binder)

วัสดุที่ใช้เป็นตัวประสานผงถ่านนั้นมีด้วยกันหลายชนิด ได้แก่ แป้ง ดินเหนียว โมลาส (กากน้ำตาล) มูลสัตว์ ยางไม้ และผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังมีวัสดุอีกมากมาย

สามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานได้ซึ่งในแต่ละท้องถิ่นก็มีการใช้วัสดุแตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการที่จะเลือกใช้วัสดุใดเป็นตัวประสานนั้นควรจะพิจารณาถึงคุณสมบัติต่อไปนั้น

-ราคาถูก

-มีแรงยึดเกาะที่ดี

-ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะเผาไหม้

-สามารถหาได้ง่าย

-สามารถละลายได้ดีกับตัวนำส่ง

การเลือกใช้วัสดุเป็นตัวประสานนั้น ควรจะหลีกเลี่ยงวัสดุที่สามารถใช้สำหรับการบริโภคหรือใช้มนภาคเกษตร เนื่องจากวัสดุอื่นๆ อีกมากมายที่สามารถใช้เป็นตัวประสานได้ เช่น ดินเหนียว ถึงแม้จะมีค่าความร้อน (heating value) ต่ำ แต่สามารถนำมาใช้ร่วมกับตัวประสานชนิดอื่นซึ่งจะช่วยยืดระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านให้นานขึ้น น้ำมันดิบ (tar) และโมลาสก็สามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานที่ดีได้โดยก่อนใช้ต้องมีการไล่สารระเหยด้วยความร้อนก่อน หรือการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมซึ่งมีราคาสูง

2.1.7.3 ขั้นตอนในการอัดก้อนของถ่านไม้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

(1) การบด (grinding)

ถ่านที่นำมาใช้ในการอัดก้อนจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นก้อนได้ดี ขนาดของผงถ่านที่ใช้จะขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านและวิธีการทำผงถ่านให้เป็นก้อนวิธีบดสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด หรือวิธีที่ง่ายที่สุดคือ การบดด้วยมือโดยอาจใช้ครกและสากเป็นอุปกรณ์ซึ่งวิธีนี้ต้องการแรงงานมากและใช้เวลานาน

(1.1) เครื่องบด

เครื่องบดเป็นระบบใบมีดหมุนเหวี่ยงในชุดครอบวงกลม มีตะแกรงเป็นตัวกำหนดขนาดของวัสดุ ใช้ได้เฉพาะพืชที่มีลำต้นเล็กเช่น ไมยราบ ต้นอ้อย ต้นกระถิน ใบกระถิน ใบไม้ หรือกิ่งไม้ เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1 ซม.

ภาพที่ 2.24 ระบบใบมีดหมุนเหวี่ยงของเครื่องบด

โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 กันยายน พ.ศ. 2557)

คุณลักษณะเฉพาะ

- มอเตอร์ 5 แรงม้า
- ความเร็วต่อรอบ 1,450 รอบต่อนาที
- ไฟฟ้า 220/380 โวลต์ 3 เฟส กระแส 13.0 / 7.9 แอมป์
- กำลังผลิต 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ภาพที่ 2.25 เครื่องบด
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 กันยายน พ.ศ.2557)

(2) การผสม (mixing)

มีสูตรต่างๆ มากมายในการเตรียมส่วนผสมสำหรับการทำถ่านอัดก้อนซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งอัตราส่วนผสมโดยประมาณที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจะเป็นตามสูตรต่อไปนี้

ถ่าน 100 กก. ผสมกับแป้ง 5-7 กก. และน้ำ 30-35 กก. หรือ ถ่าน100 กก. ผสมกับน้ำมันดิน 15-30 กก. น้ำมันเชื้อเพลิง 1 กก และน้ำ 30 กก.

อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนที่ใช้แน่นอนนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดผงถ่านที่ใช้ชนิดและตัวประสานที่ใช้ และกรรมวิธีการบดอัดผงถ่าน ซึ่งในการหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมควรทำโดยค่อยๆ ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนที่ละน้อยจนกระทั่งได้ถ่านอัดก้อนที่มีคุณสมบัติตามต้องการ สำหรับสถานที่ในการผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกันส่วนใหญ่มักจัดเตรียมบนพื้นดิน ถึงแม้อาจทำให้มีสิ่งเปื้อนเจอปนเข้ามากับส่วนผสมบ้างก็ตาม แต่กรณีที่เป็นการเตรียมส่วนผสมที่ไม่มากนักเราอาจใช้การผสมในถังหรือบนแผ่นพื้นซีเมนซ์ก็ได้

(2.1) เครื่องผสม

เครื่องผสมจะมีใบกวนทำหน้าที่ผสมวัสดุที่ป่นย่อยแล้วเข้ากับวัสดุประสานให้มีความสม่ำเสมอ ขนาดของส่วนผสมขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะนำไปใช้งาน ก่อนดำเนินการผสม

วัสดุจะต้องเดินเครื่องก่อนประมาณ 1 นาที หลังจากนั้นจึงค่อยใช้วัสดุผสมตามที่ต้องการลงไป ห้ามใช้วัสดุผสมก่อนเดินเครื่อง เพราะจะทำให้เกิดโอเวอร์โหลด มอเตอร์อาจจะเสียภายในได้

ภาพที่ 2.26 เครื่องผสม
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 กันยายน พ.ศ.2557)

คุณลักษณะเฉพาะ
- มอเตอร์ 5 แรงม้า
- ความเร็วรอบ 1,460 รอบต่อนาที
- ไฟฟ้า 220/380 โวลต์ กระแส 9.0 / 5.2 แอมป์
- อัตราทด 6:1
- กำลังผลิต 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

(3) การอัดแท่ง (compaction)

ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นแท่งนี้จะเป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความแน่นอนของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยขนาดและรูปร่างนั้นจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้วิธีที่ง่ายที่สุดคือการใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมให้เป็นแท่งแม้ว่าแรงอัดด้วยวิธีนี้ไม่มากนัก จะเป็นวิธีการใช้ท่อหรือหลอดช่วยในการผลิตเป็นกระบวนการอัดแท่งโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “Earth Brick Press” ในการอัดก้อนทำให้ถ่านที่ได้มีเนื้อแน่นและแข็งแกร่ง นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นอีกหลายวิธีในการเพิ่มกำลังอัดของเครื่องอัด เช่น การใช้สกรู น้ำหนักกด และไฮดรอลิค เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องอัดเหล่านี้ก็ยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนักสำหรับการผลิตถ่านใช้เองภายในท้องถิ่น เนื่องจากมีราคาแพงและยุ่งยากในการใช้งาน

(3.1) เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง

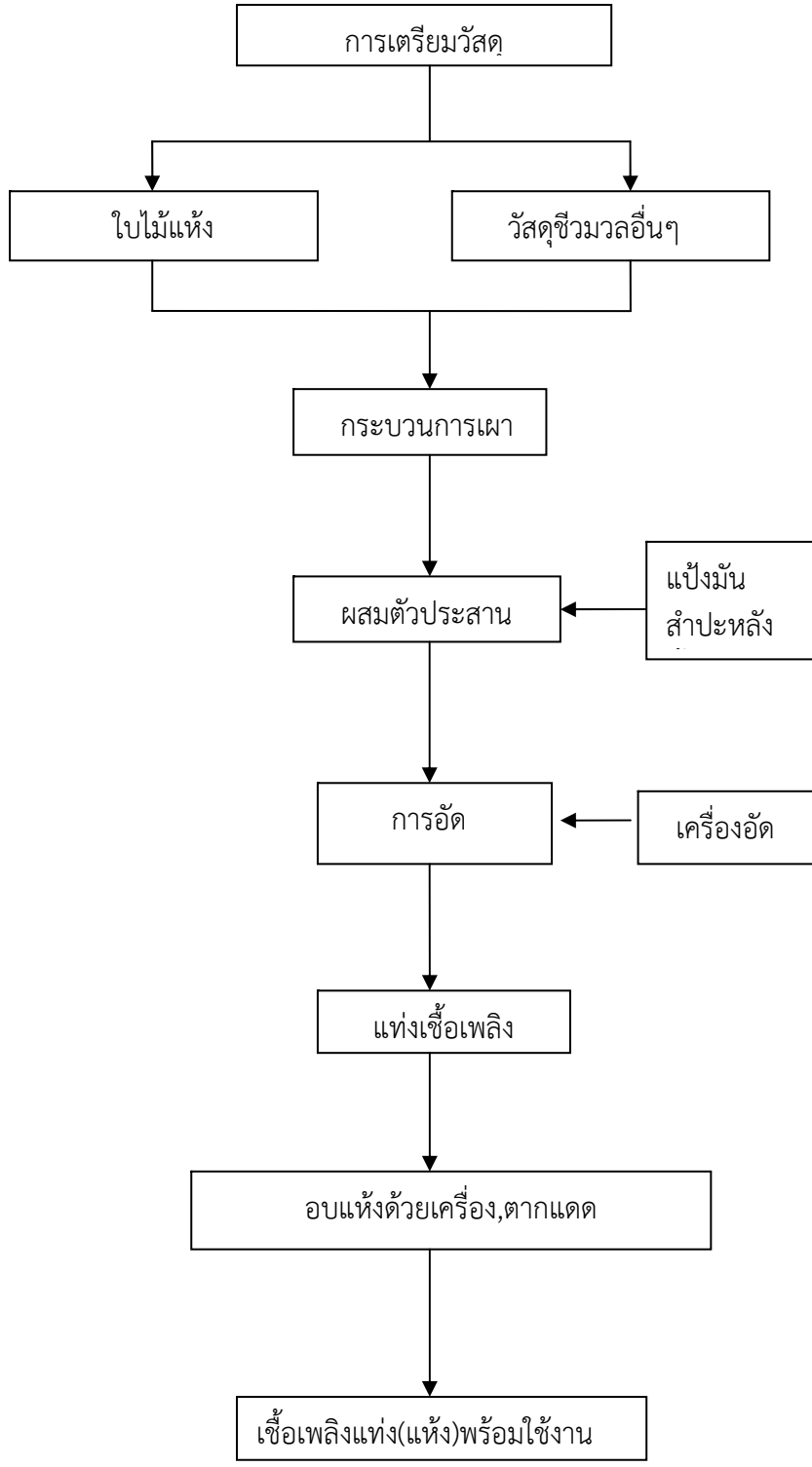
ภาพที่ 2.27 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 กันยายน พ.ศ.2557)

คุณลักษณะเฉพาะ

- มอเตอร์ 7.5 แรงม้า
- ความเร็วรอบ 5.3:1
- กำลังผลิต 300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

(4) การทำให้แห้ง (drying)

วิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับการทำให้แห้งก็คือการนำไปตากแดด แต่หากใช้เป็นห้องอบโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (solar dryer) ก็จะช่วยลดระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง นอกจากนี้เราอาจใช้ความร้อนจากเตาเผามาไล่ความชื้นภายในก้อนถ่านให้แห้ง ข้อระวังสำหรับวิธีนี้คือต้องรักษาอุณหภูมิในห้องอบไม่ให้สูงเกินกว่าอุณหภูมิที่ทำให้ถ่านลุกไหม้ (ignition temperature) สำหรับเวลาที่ใช้ในการอบไล่ความชื้นนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของส่วนผสมและชนิดของห้องอบที่ใช้



ภาพที่ 2.28 ขั้นตอนการทำอัดแท่งเชื้อเพลิง ที่มา : วสวัตต์ โตจีน, 2558

2.1.8 วิธีหาคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

วิธีการหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) ซึ่งจะใช้ในการนำมาประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยจะประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

(1) ความชื้น (Moisture Content)

ปริมาณความชื้นคือ ปริมาณความชื้นของเนื้อเชื้อเพลิงก่อนอบแห้ง ความชื้นมีความสำคัญคือ ถ้ามีค่ามากจะมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงและทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยการนำตัวอย่างที่จะทำการมาให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ ประมาณ 105-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักตัวอย่างที่ลด (% w.b. คือ ค่าความชื้นที่อุณภูมิกระเปาะเปียก)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% w.b)} = (AB)\ A \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนอบแห้ง

B = น้ำหนังของเชื้อเพลิงหลังอบแห้ง

(2) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ปริมาณเถ้าคือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซี่ยมออกไซด์ แมกนีเซี่ยมออกไซด์ เป็นต้นทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 500 °C เป็นเวลา 30 นาที และค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750 °C จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของถ้าที่เหลือพร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า สามารถคำนวณจากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังจากการเผาแล้ว

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ประมาณเถ้า (\%)} = C/B \times 100$$

เมื่อ B = น้ำหนักอบแห้งของเชื้อเพลิง

C = น้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิงหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 750

(3) การที่ระเหยได้ (Volatile Matters)

ปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มี คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที และคำนวลปริมาณสาร

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

น้ำหนักที่หายไป = (A-B / A×100)

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างทดลอง

B = น้ำหนักทดลองหลังเผา

ปริมาณสารระเหย = C-D

D = ปริมาณความชื้น (%)

(4) คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon)

คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงหลังเอาสารระเหยออกไป

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ปริมาณค่าคงตัว (%) = 100 - % ความชื้น - % ปริมาณเถ้า - % ปริมาณสารระเหย

(5) กำมะถันรวม (Totat Salfur)

วิธเคราะห์ตามวิธีในมาตรฐาน ASTM D3177 ทำโดยการหาในรูปซัลเฟต(SO_4) ซึ่งหลักในการหาปริมาณกำมะถันของวิธีนี้คือ วัดความขุ่นของ แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$ crystall) วิธีนี้ใช้หาซัลเฟต ในลักษระของ ซัลเฟต (SO_4) สำหรับตัวอย่างที่มีสาร และมีสารแขวนลอยมากต้องทำการกำจัดสารแขวนลอยออกบ้างโดยการกรองตัวอย่างส่วนใหญ่การวิเคราะห์จะมีลักษณะไม่ใส่ จึงต้องทำการวัดค่าเสียก่อนแล้วนำไปลบความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)จึงเป็นความขุ่นที่เกิดขึ้นจาก แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่แท้จริง

(6) ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง ทำการวิเคราะห์ตามาตรฐาน ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสาร เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในตัว อุปกรณ์ Bomb Calorimeter ที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่มากเกิน

(7) การหาปริมาณ ออกซิเจน ไฮโดรเจน

สำหรับ ค่าออกซิเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3178 และสำหรับการค้าไนโตรเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน (ASTM D3179)

จากคุณสมบัติของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนเสถียรเป็นองค์ประกอบอยู่มาก และจะมีปริมาณสารระเหยและเถ้าอยู่ต่ำ เชื้อเพลิงที่มีค้าความชื้นสูงจะมีผลให้ค่าความร้อนต่ำ เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ

การพิจารณาคุณภาพของเชื้อเพลิง หารพิจารณาการนำไปใช้แทนถ่านควรมีคุณสมบัติดงนี้

1. การแตกประทุขณะติดไฟ ถ่านที่มีการแตกประทุมากจะไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้
2. น้ำหนักถ่าน ถ่านที่มีน้ำหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน
3. ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีควัน หรือกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้
4. การป่นของถ่าน ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้ความสะดวกในการใช้งาน การขนส่ง และการจัดเก็บรักษา

2.1.9 พลังงานเชื้อเพลิงและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเขียว

2.1.9.1 เชื้อเพลิงแท่ง

เชื้อเพลิงอัดแท่ง คือ แนวทางหนึ่งที่สำคัญในการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางธรรมชาติหรือที่เรียกว่า ชีวมวล (Biomass) กลับมาทำประโยชน์โดยนำมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งทดแทนไม้ฟืนและถ่าน ชีวมวล สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้ เพราะในขั้นตอนของการเจริญเติบโต พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงได้เป็นแป้งและน้ำตาล กักเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ ของพืช ดังนั้นเมื่อนำพืชมาเป็นเชื้อเพลิง เราก็จะได้พลังงานออกมา เมื่อนำชีวมวลมาเผาไหม้ เกิดพลังงานความร้อน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ชีวมวลมีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย หากมีการใช้ประโยชน์ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงซึ่งจะไม่เสียต้นทุนค่าขนส่งมากนัก นับเป็นเชื้อเพลิงราคาถูก การนำชีวมวลมาใช้จึงช่วยลดการศูนย์เสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงและสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่นนอกจากนี้ การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติม การพัฒนาโครงการเกี่ยวกับชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งและ การมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย สำหรับแหล่งวัสดุเหลือใช้จำพวกชีวมวลคือ

(1) เศษพืชหรือวัสดุเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยว (residues) ซึ่งมีกระจัดกระจาย ทั่วไปในไร่นา สวน ป่า และโรงงาน เช่น แกลบ ขี้เลื่อย กากอ้อย เปลือกถั่ว เป็นต้น

(2) วัชพืช (weeds) คือพืชไม่พึงประสงค์ขึ้นอยู่ทั่วไปตามพื้นที่ไม่ใช้ประโยชน์หรือใช้ประโยชน์ไม่ได้ หนอง คลอง บึง และแม้แต่พื้นที่กสิกรรม วัชพืชส่วนใหญ่เป็นแหล่งชีวมวลที่ใหญ่ที่สุดแหล่งหนึ่ง วัชพืชดังกล่าว เช่น ไมยราบ หญ้าขจรจบ ผักตบชวา จอก เป็นต้น

(3) ขยะมูลฝอย มีทั่วไปตามสังคม ยิ่งสังคมใหญ่มีการบริโภค อุปโภคมากจะเกิดขยะเหลือทิ้งจำนวนมาก

วัสดุเหลือทิ้งจำพวกชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าได้ด้วยขบวนการอัดแท่ง (briquetting) โดยพบว่าประโยชน์ได้รับจากการนำวัสดุเหลือทิ้งมาทำเชื้อเพลิงแท่งคือ

1.เป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนของวัสดุต่อหน่วยปริมาตร

2.แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้สะดวกต่อการเก็บ การนำมาใช้งาน และการขนส่ง

3.เป็นวิธีการช่วยแก้ปัญหาในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง

4.เป็นเชื้อเพลิงทดแทน ทิ้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม

2.1.9.2. รูปแบบการอัดแท่งเชื้อเพลิง

การอัดก้อนวัสดุต่างๆ สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี ดังนี้

(1) การอัดโดยใช้ความร้อนเข้าช่วย (อัดร้อน หรือ อัดแห้ง)

สำหรับวัสดุเหลือใช้ที่นิยมใช้วิธีการนี้ เช่น กากอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกถั่วขุย มะพร้าว เป็นต้น ในส่วนเครื่องอัดที่นิยมใช้ (แบบสกรู) ประกอบด้วยสกรู ห้องเกลียว กระบอกได ระบบให้ความร้อน (Heater) และการระบายความร้อนการอัดวัตถุดิบที่อัดต้องมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 7-12 หากสูง-ต่ำกว่านี้ การอัดจะไม่ได้ผล (ในกรณีที่วัสดุมีขนาดใหญ่ ต้องทำการสับให้ละเอียดก่อน) เครื่องอัดต้องมีแรงอัดสูงประมาณ1100-1700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ใช้ความ

ร้อนภายนอกช่วยให้สารของวัสดุที่ทำการอัดละลาย เช่น สารลิกนินในขี้เลื่อยออกมา เพื่อเป็นตัวเชื่อมประสาน ความร้อนที่ใช้ประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส

(2) การอัดโดยไม่ใช้ความร้อน (อัดเย็น หรือ อัดเปียก)

เป็นวิธีการอัดที่สามารถใช้ได้ดีกับวัสดุที่ถูกหมัก และวัสดุที่เน่าเปื่อย เนื่องจากวัสดุเหล่านี้จะอ่อนนุ่มและมีการสร้างสารที่เป็นยางเหนียวสำหรับการยึดตัวได้ เช่น ผักตบชวา ที่หมักให้เปื่อยยุ่ย เครื่องอัด (แบบสกรู) ประกอบด้วย สกรู ห้องเกลียว และกระบอกได แตกต่างจากการอัดแบบใช้ความร้อนตรงที่ไม่มีระบบให้ความร้อนและระบายความร้อน การอัดโดยไม่ใช้ความร้อนจะใช้แรงอัดต่ำกว่าแบบอัดโดยใช้ความร้อนเข้ามาช่วยมาก โดยใช้แท่งเชื้อเพลิงภายหลังการอัดแล้วจะต้องนำไปตากเพื่อลดความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง เพราะความชื้นจะทำให้ประสิทธิภาพทางด้านความร้อนของเชื้อเพลิงลดต่ำลง

นอกจากนี้การอัดแบบไม่ใช้ความร้อนยังใช้ได้กับวัสดุเหลือใช้จำพวกชีวมวลอื่นๆ แต่ต้องมีการใช้ตัวประสาน (Binder) เนื่องจากวัสดุไม่มีคุณสมบัติในการสร้างสารตัวประสานขึ้นมาเพื่อใช้วัสดุหลังการอัดสามารถจับตัวกันเกาะเป็นก้อนได้แน่นขึ้น ตัวประสานที่มีการใช้ เช่น กากส่าเหล้า ดินเหนียว แป้งเปียก ยางมะตอย โมลาส ปูนขาว ฯลฯ วิธีการอัดแท่งเชื้อเพลิง

สำหรับตัวประสานที่เลือกใช้ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีความสารถในการประสาน วัสดุที่ต้องการได้ดี
2. สามารถหาได้ง่าย
3. ควรจะสามารถเผาไหม้ได้ดี และไม่ทำให้เกิดควัน
4. เมื่อถูกอากาศภายนอก จะต้องไม่ทำแท่งเชื้อเพลิงมีการแตกร่วน หรือ ตัวอ่อนตัวเกินไป
5. เสียค่าใช้จ่ายน้อย

ภาพที่ 2.29 การอัดแท่งเชื้อเพลิง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 27 กันยายน พ.ศ.2557)

ตารางที่ 2.1 ชีวมวลจำพวกของเหลือใช้จากการเกษตร

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybasis)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สาระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ซันเฟอร์ (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
1	ต้นฝ้าย	9.33	4.77	67.95	47.95	4,044.29	0.090			
2	ข้าวฟ่าง (หนัก)	4.31	8.63	68.83	16.23	4,051.48	0.210			
3	ข้าวฟ่าง (เบา)	3.84	5.55	67.23	23.38	4,247.97	0.260			
4	รากข้าวโพด	28.41	33.35	8.83	29.40	925.33	0.100			
5	เมล็ดข้าวโพด	28.63	1.22	57.21	13.21	4,221.63	0.185			
6	ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	13.32	6.20	64.58	15.90	4,313.90				
7	เปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	11.30	3.04	69.08	16.58	4,430.30				
8	ใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	8.37	8.12	64.76	18.75	4,324.18	0.247			
9	ซังข้าวโพด (ก่อนเผา)	4.39	1.03	80.17	14.41	4,187.00		42.34	6.14	0.89
10	ซังข้าวโพด (เผา 250 ° C เวลา3 ชม.)	1.96	1.25	78.47	18.32	4,374.00		44.83	5.75	1.09
11	ซังข้าวโพด (เผา 250 ° C เวลา3 ชม.)	2.47	1.56	76.97	19.00	4,511.00		43.77	5.52	1.08
12	ซังข้าวโพด (เผา 280 ° C เวลา4 ชม.) 4 ชม.)	2.01	2.90	48.65	45.44	5,306.00		60.73	4.72	1.63
13	ขุยมะพร้าว	36.67	2.92	41.78	18.63	4,325.06				
14	จั่นมะพร้าว	13.03	7.90	60.49	18.58	4,216.28				
15	ใบมะพร้าว	9.78	5.05	64.53	20.64	4,894.51				
16	ก้านทางมะพร้าว	11.21	4.03	66.13	18.63	4,290.41				
17	เปลือกมะพร้าว	12.53	3.55	57.07	26.85	4,433.51				
18	กะลามะพร้าว	11.79	0.85	64.03	23.33	4,860.48				
19	ทางใบปาล์ม+ก้านปาล์ม (สด)	48.34	3.64	37.59	10.43	4,529.40				
20	ทะลายปาล์มตัวผู้	13.80	9.06	57.69	19.42	4,512.20				
21	ก้านทะลายปาล์ม	7.06	3.22	7.058	19.14	4,593.90				
22	กากใยปาล์ม	10.03	5.36	64.11	20.50	4,856.10				
23	กะลาปาล์ม	13.00	1.30	64.55	21.05	5,072.50				
24	จาวตาล	14.33	16.22	62.10	7.35	4,164.65	0.110			
25	ทางอ่อนตรงกลางต้นตาล	13.96	3.50	62.60	19.94	4,329.31	0.070			
26	ทางอ่อนตรงปลายต้นตาล	10.34	2.99	66.92	19.75	4,202.31	0.072			
27	ทางอ่อนตรงโคต้นตาล	20.02	2.87	56.85	20.26	4,112.01	0.042			
28	ทางแก่ตรงกลางต้นตาล	8.64	1.49	72.41	17.26	4,471.47	0.090			
29	ทางแก่ตรงปลายต้นตาล	8.91	2.08	71.46	17.55	4,320.77	0.050			
30	ทางแก่ตรงโคต้นตาล	10.38	1.58	67.64	20.40	4,247.11	0.070			
31	เกสรตัวผู้ของตาล	10.61	2.35	61.07	25.97	4,216.81	0.110			
32	เกสรตัวเมียของตาล	8.47	2.81	64.27	24.45	4,374.97	0.140			
33	โคนกาบต้นตาล	11.43	2.41	64.07	22.09	4,350.30	0.040			
34	ฟางข้าว	2.86	11.24	65.64	20.26	3,503.51	0.180			
35	ละอองข้าว	7.96	36.48	46.17	9.39	2,572.67	0.420			
36	ฝุ่นข้าว	4.81	39.97	43.90	11.32	2,381.31	0.320			

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybasis)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สาระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ซันเฟอร์ (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
37	เปลือกทุเรียน	9.93	2.71	74.30	13.06	4,449.45				
38	กากทานตะวัน	11.50	3.67	64.34	20.49	4,034.02	0.110			
39	ขี้กบ	7.80	0.99	70.11	21.10	3,804.48	0.070			
40	ชานอ้อย	13.38	2.61	64.73	19.26	3,972.76	0.120			
41	ใบจามจุรี	7.32	15.65	62.35	14.68	5,078.74	0.120			
42	ใบบางร่วง	4.09	15.36	60.68	19.87	546.00	0.173			
43	แกลบ	7.27	14.07	60.87	17.79	4,009.40				
44	ยอดฝ้าย	14.85	4.68	62.42	18.05	4,607.20				
45	ลำต้นมันสำปะหลัง	31.54	6.22	47.73	14.51	4,670.00				
46	เหง้ามันสำปะหลัง	41.98	3.57	41.86	12.59	4,368.30				
47	มันสำปะหลังตากแห้ง	2.87	3.50	75.11	19.52	4000.43	0.086	41.48	11.61	0.2
48	เปลือก+เมล็ดลำไยตามแห้ง	7.66	3.45	69.03	19.86	4,350.85				
49	รำเพย	7.62	8.11	67.68	16.59	3,689.84	0.310			
50	กากโป๊ยเซียน	6.29	11.20	69.84	12.67	3,147.13				
51	เปลือกสำโรง	0.63	10.94	63.32	25.11	3,828.94				
52	เปลือกสบู่ดำ	0.89	15.99	63.74	18.38	3,301.94				
53	โสน	7.93	5.33	67.74	19.00	4,150.16				
54	ลั่นทมขาว	7.40	8.63	68.170	15.60	3,822.59				
55	สบู่เลือด	8.15	12.52	59.61	19.71	3,504.04				
56	ยางอินเดีย	1.53	5.68	70.71	22.08	3,731.89				

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , 2535

ตารางที่ 2.2 ชีวมวลจำพวกวัชพืช

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybasis)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สาระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ซันเฟอร์ (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
1	หญ้าขจรจบ	5.91	8.04	66.97	19.08	393.68	0.210			
2	หญ้าคา	5.75	6.53	65.32	22.40	3,773.11	0.330			
3	หญ้ายาง	2.63	16.89	65.25	15.23	330.84	0.340			
4	หญ้าไร้ใบ	7.47	14.96	63.94	13.63	2,744.94	0.230			
5	โคกกระสุน	8.57	9.88	65.23	16.32	4,340.92	0.380			
6	ไมยราบ	8.03	6.30	66.02	19.65	4,071.53	0.210			
7	ไมยราบบด	67.90	2.45	23.93	5.72	3,624.00				
8	ไมยราบยักษ์(ตากแห้ง 15 ซม.)	9.25	4.15	64.38	22.22	4,556.10				
9	ผักตบชวา	6.47	10.08	67.75	15.70	3,792.13				

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน , 2535

2.2 ศึกษาข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์เศษใบไม้แห้ง

2.2.1 การผลัดใบและประเภทป่าผลัดใบ

ป่าไม้ คือสังคมของสิ่งมีชีวิตที่มีไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งจำแนกออกเป็น2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest) และป่าผลัดใบ (deciduous forest) โดยลักษณะของป่าผลัดใบจะมี รายละเอียดดังต่อไปนี้ ลักษณะของป่าผลัดใบ (deciduous forest) ป่าผลัดใบเป็นป่าที่พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่จะผลัดใบตามฤดูกาล (seasonal) โดยจะผลัดใบในช่วงฤดูแล้ง และผลิใบอ่อนใหม่ในช่วงต้นฤดูฝน ทั้งนี้ในช่วงฤดูฝนลักษณะเรือนยอดของป่าจึงดูเขียวชอุ่มไม่แตกต่างจาก เรือนยอดของป่าไม้ไม่ผลัดใบ แต่ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม–มีนาคม) พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่จะทิ้งใบให้ร่วงหล่นและ กองทับถมบนพื้นป่า จึงง่ายต่อการเกิดไฟป่าในป่าประเภทนี้ การกระจายของป่าผลัดใบพบว่าสามารถพบ กระจายได้ทั่วทุกภาคยกเว้นภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้ (จันทบุรี-ตราด) ในพื้นที่ที่มีระดับความสูงไม่ เกิน 1,000 เมตร ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดป่าผลัดใบ ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดป่าผลัดใบคือ 1. ปัจจัยเกี่ยวกับภูมิอากาศ โดยพบว่าป่าผลัดใบจะขึ้นอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีการแบ่งแยกระหว่างฤดู ฝนและฤดูแล้งชัดเจน หรือพื้นที่ที่มีช่วงเวลาแห้งแล้งต่อเนื่องกันยาวนาน 3 - 4 เดือน ประกอบกับมีปริมาณ น้ำฝนเฉลี่ยรายปีอยู่ที่ 1,000–1,500 มม.จำนวนวันที่ฝนตกอยู่ที่ 75–100 วันต่อปีพื้นที่เหล่านี้จะมีค่า ความชื้นในบรรยากาศสูงเพียงช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของปีเท่านั้น 2. ไฟป่าหรือชีวะปัจจัย เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการควบคุมให้เกิดการคงอยู่ของป่าผลัดใบ เนื่องจากพันธุ์ไม้ในป่าผลัดใบส่วนใหญ่จะมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีไฟป่าให้มีความสามารถใน การทนไฟ แต่หากไม่มีไฟป่าหรือมีการป้องกันไฟป่าติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน สังคมพืชก็จะ เปลี่ยนแปลงไป โดยมีพันธุ์ไม้ที่ไม่ทนไฟรุกล้ำเข้ามาครอบครองพื้นที่แทน จนในที่สุดป่าผลัดใบแบบเดิมก็จะ หายไปโดยสิ้นเชิง ชนิดของป่าผลัดใบ ป่าผลัดใบสามารถจำแนกออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้ 1.ป่าเบญจพรรณหรือป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) 2. ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest หรือ dry dipterocarp forest) 3.ป่าเต็งรัง-ไม้สน (pine-deciduous dipterocarp forest)

(1) ป่าเบญจพรรณหรือป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) ป่าเบญจพรรณหรือป่าผสมผลัดใบเป็นป่าที่พบกระจายอยู่มากในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลางและพบ กระจัดกระจายเป็นหย่อมเล็กๆ ทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง แต่ไม่พบในภาคใต้ นักวิชาการบางท่านได้จำแนกป่าเบญจพรรณของประเทศไทยออกเป็น 3 สังคมย่อยได้แก่ ป่าเบญจพรรณที่มีไม้สัก ป่าเบญจพรรณที่ไม่มีไม้สัก และป่าเบญจพรรณในระดับต่ำ ซึ่งป่าเบญจพรรณระดับต่ำนี้จะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับ ป่าเบญจพรรณที่ไม่มีไม้สักแต่จะพบในพื้นที่ที่มีระดับต่ำกว่า (อุทิศ กุฏอินทร์, 2542) พันธุ์ไม้เด่นที่พบในป่าเบญจพรรณ ได้แก่ พฤกษ์ Albizia lebbeck, คางA. odoratissima, ปันแถ A. lucidior, ถ่อน A. procera (Leguminosae-Mimosoideae), มะค่าโมง Afzelia xylocarpa, ส้มเสี้ยว Bauhinia malabarica (Leguminosae-Caesalpinioideae), ทองกวาว Butea monosperma (Leguminosae-Papilionoideae), ราชพฤกษ์ Cassia fistula, เก็ดดา Dalbergia spp., ขะเจ๊าะ Millettia spp., ประดู่ป่า Pterocarpus macrocarpus (Leguminosae-Papilionoideae), แดง Xylia xylocarpa var. kerrii (Leguminosae-Mimosoideae), ปรู๋ Alangium salviifolium ssp. hexapetalum (Alangiaceae), ตะเคียนหนู Anogeissus acuminata var. lanceolata, สมอพิเภก Terminalia bellirica, ไผ่ป่า Bambusa

bambos, ไผ่หอม B. polymorpha, ไผบ่งดา B. tulda, ไผ่หลวง B. vulgaris var. vulgaris, ไผ่ข้าวหลาม Cephalostachyum pergracile, ไผ่หก Dendrocalamus hamiltonii, เป็น ต้น (ธวัชชัย สันติสุข, 2555)

(2) ป่าเต็งรัง ป่าแพะป่าแดงหรือป่าโคก(deciduous dipterocarp forest และ dry dipterocarp forest)ป่าเต็งรังป่าแพะป่าแดงหรือป่าโคกเป็นป่าที่พบมากที่สุดในภาคตะวันออก - เฉียงเหนือ โดยพบมาก ถึง 80% ของพื้นที่ป่าทั้งหมดของภาคนี้นอกจากนั้นยังพบในภาคเหนือ และภาคกลาง ที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,000 เมตร มีลักษณะดินตื้น ค่อนข้างแห้งแล้งเป็นดินทรายหรือดินป่าเต็งรังเป็นป่าโปร่งที่ประกอบด้วยต้นไม้ ผลัดใบขนาดกลางและขนาดเล็กขึ้นกระจายห่าง ๆ ไม่แน่นทึบ พื้นป่ามีหญ้าและไผ่แคระจำพวกไผ่เพ็ก ไผ่โจด Vietnamosasa spp. ขึ้นทั่วไป ป่าชนิดนี้จะมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี พันธุ์ไม้เด่นที่พบในป่าเต็งรัง ได้แก่ ไม้วงศ์ยางที่เป็นกลุ่มของไม้ผลัดใบประกอบด้วย 5 ชนิดหลัก คือ ยางกราด Dipterocarpus intricatus, เหียง D. obtusifolius, พลวง D. tuberculatus, เต็ง Shorea obtusa, และรัง S. siamensis (Dipterocarpaceae)ต้นไม้ประเภทอื่นๆได้แก่ คามอกหลวง Gardenia sootepensis, ตุ้มกว้าว Mitragyna rotundifolia, ยอป่า Morinda pubescens (Rubiaceae), คาง Albiziaodoratissima(Leguminosae-Mimosoideae), มะค่าแต้ Sindora siamensis var. maritima (Leguminosae-Caesalpinioideae), ไผ่โจด Vietnamosasa ciliata, ไผ่ เพ็ก หรือ หญ้าเพ็ก V. pusilla (Gramineae), ปรงป่า Cycas siamensis (Cycadaceae) เป็นต้น

(3) ป่าเต็งรัง- ไม้สน (pine-deciduous dipterocarp forest) ป่าเต็งรัง- ไม้สน เป็นป่าที่พบบนพื้นที่ภูเขาซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลในช่วง 700 - 1,350เมตร โดยมักจะพบสนสองใบ Pinus merkusii และสนสามใบ P. kesiya ขึ้นปะปนในชั้นเรือนยอดและมีขนาดสูงเด่น กว่าเรือนยอดชั้นบนของป่าเต็งรังทั่วไป นอกจากนี้ยังมีพรรณไม้ของป่าดิบเขาขึ้นแทรกอยู่ด้วย ป่าเต็งรัง-ไม้สน พบมากบนภูเขาในภาคเหนือซึ่งมีไฟป่ารบกวนอยู่เสมอ เช่น อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ ประมาณ 1,350เมตร ป่าเต็งรัง-ไม้สน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ และอุทยาน แห่งชาติหน้าหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตอนใต้) พบที่จังหวัดอุบลราชธานี ในภาคกลางที่จังหวัดสุพรรณบุรีและเพชรบุรี พันธุ์ไม้เด่นในป่าเต็งรัง-ไม้สน เช่น สนสองใบ Pinus merkusii, สนสามใบ P. kesiya (Pinaceae) นอกจากนี้มีพรรณไม้เด่นของป่าเต็ง-รัง ทั่วไป และพรรณไม้จากเขตภูเขาสูงปะปนอยู่ด้วย เช่น เหียง Dipterocarpus obtusifolius, พลวง D. tuberculatus, เต็ง Shorea obtusa, รัง S. siamensis (Dipterocarpaceae), สารภีดอย Anneslea fragrans, ทะโล้ Schima wallichii, ปลายสาน Eurya spp.,ไก๋ Ternstroemia gymnanthera (Theaceae), หน่วยนกงุม Beilschmiedia spp.,ทัง Litsea spp. (Lauraceae), เป้งดอย Phoenix loureiri var. loureiri (Palmae) เป็นต้น (ธวัชชัย สันติสุข, 2555)

2.2.1 การแปรรูปเศษใบไม้แห้ง

คือการนำเศษใบไม้แห้งที่หล่นกระจัดกระจายในพื้นที่ป่ากลับมาใช้ประโยชน์ให้มีคุณค่าแทนที่จะปล่อยให้เศษใบไม้แห้งเหล่านั้นให้ไร้ค่า ซึ่งใบไม้แห้งเหล่านั้นจะทับถมกลายเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีในช่วงหน้าร้อนทำเกิดปัญหาไฟป่าได้ ซึ่งการนำใบไม้แห้งมาแปรรูปเกิดประโยชน์นั้นมีอยู่หลายวิธีและเลยขั้นตน ซึ่งอาจแปรรูปเป็นสิ่งของเครื่องใช้ ที่พักอาศัย ทำปุ๋ยต่าง ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

(1) การนำใบไม้มาใช้โดยที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป

(2) การแปรรูปแต่ยังคงความเป็นใบไม้

(3) การแปรรูปซึ่งไม่เหลือรูปทรงใบไม้

(1) การนำใบไม้มาใช้โดยที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป

คือการนำใบไม้มาใช้ประโยชน์โดยที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการหรือขั้นการแปรรูป ยังคงรูปลักษณ์ของใบไม้อยู่คงเดิม โดยส่วนมากคือการนำใบไม้มาทำเป็นที่พักอาศัย ป้องกันฝน ลม และแสงแดด ซึ่งอาจจะทำเฉพาะหลังคา หรือทำเป็นที่อยู่อาศัยทั้งหลัง ส่วนมากจะพบตามชนบท ที่คนส่วนใหญ่ใช้เป็นที่อยู่อาศัยที่ชาวบ้านเรียกว่า กระท่อม หรือ กระต๊อบ นอกจากทำเป็นที่อยู่อาศัยใบไม้สามารถใช้ในการบรรจุอาหารคือ การนำใบตองจากต้นกล้วยมาหอบรรจุขนมหรืออาหาร

ภาพที่ 2.30 ที่พักอาศัยทำจากใบไม้
ที่มา : http://www.homedec.in.th/
(ออนไลน์ 26 มิถุนายน พ.ศ.2558)

ภาพที่ 2.31 การใช้ใบไม้บรรจุขนม
ที่มา : http://board.postjung.com/759576.html
(ออนไลน์ 26 มิถุนายน พ.ศ.2558)

(2) การแปรรูปแต่ยังคงความเป็นใบไม้

คือการนำใบไม้มาใช้ประโยชน์โดยผ่านกระบวนการแปรรูปแต่ยังคงรูปลักษณ์ของใบไม้อยู่ โดยส่วนมากกระบวนการนี้จะใช้ในงานประเภทงานสาน คือการนำใบจำพวก ใบลาน ใบตาล ใบจาก เป็นต้น มาตัดแบ่งเป็นเส้นเพื่อใช้ในการสานเป็นของใช้เช่น กระเป๋า อาจมีการย้อมสีเพื่อความสวยงามอีกด้วย นอกจากงานสานแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ในการศิลปะเช่น เฟรมภาพวาดที่ทำจากใบไม้ และของตกแต่งบ้านเช่น โครมไฟ กรอบรูป ที่ทำจากเศษใบไม้

ภาพที่ 2.32 งานสานทำจากใบไม้
ที่มา : http://lan-na.lnwshop.com/article
(ออนไลน์ 26 มิถุนายน พ.ศ.2558)

ภาพที่ 2.33 การทำเฟรมภาพวาดจากเศษใบไม้
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 12 ตุลาคม พ.ศ.2557)

(3) การแปรรูปซึ่งไม่เหลือรูปทรงใบไม้

คือการนำใบไม้แปรรูปก่อนการมาใช้ประโยชน์ ซึ่งกระบวนการแปรรูปนั้นจะไม่เหลือเคล้าโครงเดิมของใบไม้เหลืออยู่ เช่น กระบวนการอัดเศษใบไม้ในการทำเฟอร์นิเจอร์ และกระบวนการอัดถ่านแท่งในการใช้ทำถ่าน

ภาพที่ 2.34 การอัดเศษใบไม้ในการทำเฟอร์นิเจอร์
ที่มา : http://www.thairath.co.th/content/254114
(ออนไลน์ 26 มิถุนายน พ.ศ.2558)

2.2.3 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพที่ 2.35 ถ่านอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 12 ตุลาคม พ.ศ.2557)

ถ่านอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง คือ การนำเศษใบไม้แห้งมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อทดแทนการใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง ทำให้ลดการตัดไม้ทำลายป่าได้ อีกทั้งเชื้อเพลิงอัด

แท่งจากเศษใบไม้แห่งยังให้ค่าความร้อนได้ไม่ต่างกับถ่านจากไม้ อีกทั้งยังสามารถส่งเสริมการมีส่วนภายในชุมชุนได้อีกด้วย

2.2.4 ขั้นตอนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้งมีขั้นตอนในการทำดังนี้

(1) เตรียมเศษใบไม้แห้งเพื่อใช้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพที่ 2.36 การเตรียมเก็บใบไม้แห้งในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

(2) เมื่อเก็บใบไม้แห้งมาแล้วจึงนำมาเผาในวงบ่อเป็นเวลา 10-15นาที หรือรอจนกว่าไฟจะเผาใบไม้จนหมดสังเกตุจากควันสีขาวจะหมด จากนั้นใช้ฝาปิดวงบ่อเพื่อดับไฟติดอยู่เพื่อนำเอาเศษใบไม้ที่ดับแล้วมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

ภาพที่ 2.37 การเผาเศษใบไม้แห้งเพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

ภาพที่ 2.38 เผาเศษใบไม้แห้งจนเป็นเถ้าถ่าน
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

(3) เมื่อเผ่าเศษใบไม้แห้งเสร็จจนกลายเป็นถ่านแล้ว จึงนำมาผสมกลับตัวผสานคือ แป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำในอัตราส่วน ผงถ่านใบไม้ 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร

ภาพที่ 2.39 ส่วนผสมในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

(4) ผสมถ่านจากเศษใบไม้แห้งกับแป้งมันสำปะหลังคนให้เข้ากัน

ภาพที่ 2.40 ผสมถ่านจากเศษใบไม้แห้งกับแป้งมันสำปะหลัง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

(5) เมื่อคนจนถ่านจากเศษใบไม้กับแป้งมันสำปะหลังเข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจากนั้นจึงใช้เครื่องอัดแท่ง ลักษณะเป็นกระบองสูบกดลงไปในผงถ่านที่ผสมตัวผสานแล้วกดให้แน่น

ภาพที่ 2.41 การใช้เครื่องมือในการอัดแท่งเชื้อเพลิง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

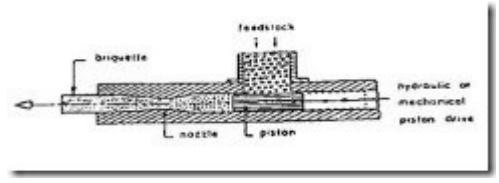
(6) เมื่ออัดจนแน่นแล้ว จึงดันที่กระบอกสูบก็จะออกมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพที่ 2.42 อัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดกระบอกสูบ
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

2.3 ศึกษาข้อมูลเครื่องอัดเชื้อเพลิง

เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงสามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

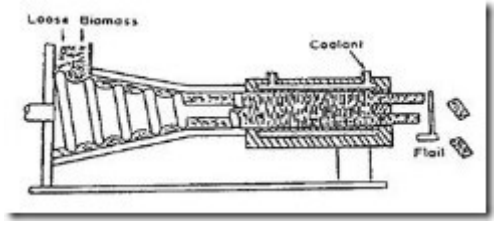
2.3.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston press) ประกอบด้วยลูกลูบชัก (Reciprocating piston) เพื่อดันวัตถุดิบที่มาจากช่อง ป้อนเข้าไปในกระบอกอัดรูปเรียว (Tapered die) หลักการทางานคือ ลูกสูบอัดวัสดุเข้าไปในปลายท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวรีดรูปกรวย (Conical chock) หรือรูปเรียว จะทำหน้าที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผลจากการต้านนี้รวมทั้งการขัดสีวัสดุกับผนังท่อ ทำให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 150-300 องศาเซลเซียส และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกอัดแท่งออกมาเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-100 มิลลิเมตร เครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40-1000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไปคือ การขัดสีของกระบอกอัดและการแตกของลูกสูบ (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)



ภาพที่ 2.43 เครื่องอัดแบบลูกสูบ
ที่มา : (ทองทิพย์ พูลเกษม, 2542)

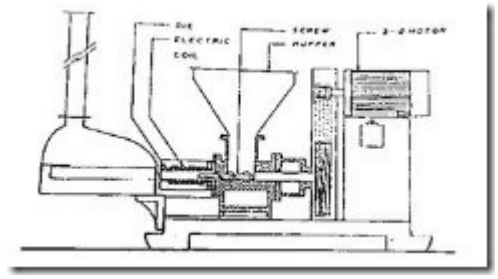
2.3.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw press)ในเครื่องอัดแบบเกลียว วัตถุดิบที่ใช้อัดจากช่องป้อน (Feed hopper) ถูกส่งผ่านและอัดด้วยเกลียว แบ่งเครื่องอัดแบบนี้ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical screw press) มีหลักการทางานคือเกรียวรูปกรวยจะดันให้วัสดุเคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อพ้นเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด 25 มิลลิเมตร การไหลผ่านของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงเสียดทานที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 100-200 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ลินินหลอมละลายทำหน้าที่เป็นตัวประสาน หลังจากระบายความร้อนจะได้แท่งเชื้อเพลิงอัด กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้อยู่ในช่าง 500-1000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตรากำลังของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนอัดอยู่ระหว่าง 35-75 กิโลวัตต์ วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดและมีความชื้นร้อยละ 8-10 (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)



ภาพที่ 2.44 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย
ที่มา : (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)

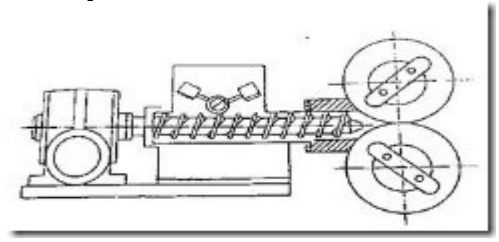
2. เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw press with a heated die) มักลักการทางาน คือวัสดุถูกดันโดยเกลียวที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือรูปกรวยเล็กน้อย ผ่านเข้าไปในท่อ (Barrel) หรือกระบอกอัดที่มีอุณหภูมิจากขดลวดความร้อนระหว่าง 200-350 องศาเซลเซียส ความร้อนนี้ทำให้วัสดุที่สัมผัสกับท่อเกิดการเผาไหม้และได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกยึดตัวกันดี ลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกหกเหลี่ยมขนาดประมาณ 50 มิลลิเมตร โดยเฉพาะการออกแบบของหัวเกลียวทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีรูกลวงตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องให้ก๊าซหรือควันที่เกิดในระหว่างการอัดถ่ายเทออกมา กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแบบนี้อยู่ในช่วง 50-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง วัสดุที่ใช้มีลักษณะเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้นในช่วงร้อยละ 8-12 ปัญหาใหญ่ของเครื่องอัดแบบนี้คือ การขัดสีของเกลียวและกระบอกอัด (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)



ภาพที่ 2.45 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด
ที่มา : (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)

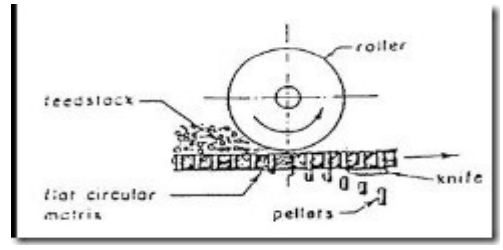
3. เครื่องอัดแบบเกลียวคู่(Twin-screw press)เครื่องอัดแบบนี้มีเกลียวอัด 2 อันต่อกับเพลาที่สวมเข้ากับชิ้นส่วนของเกลียว (Screw parts) ที่เปลี่ยนความเร็วในการหมุนได้ เนื่องจากแรงอัดและแรงเสียดสูง ทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึง 250 องศาเซลเซียส จึงต้องมีส่วนหล่อเย็นที่กระบอกอัด สำหรับวัตถุดิบที่ใช้อัดควรมีขนาด 30-80 มิลลิเมตร และวัตถุดิบที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 25 ขึ้นไป จึงจะสามารถทำการอัดได้ โดยไม่ต้องทำให้แห้งเสียก่อน กำลังการผลิตของเครื่องนี้อยู่ในช่วง 2800-3600 กิโลกรัมต่อชั่วโมงขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้

2.3.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll press) เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งนี้ มีการทางานโดยจะเริ่มทำงานอัดวัตถุดิบที่ตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่หมุนทิศทางตรงกันข้าม ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่นเข้าไปในตัวรองรับแท่นอัด (Pilloe-shaped briquetted) การอัดแท่งแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่น และแท่งอัดที่ได้มีความทนทานน้อยกว่าแท่งอัดที่ได้จากการอัดแบบอื่น เนื่องจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้ยากต่อการสร้างสภาวะของอุณหภูมิแรงอัดในการหลอมละลายลินิน ได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการอัดแท่งด้วยวิธีนี้จะได้ผลสำเร็จดีจำเป็นต้องใช้ตัวประสานเข้าช่วย ที่ทำให้วัสดุเกาะติดกันดี (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)

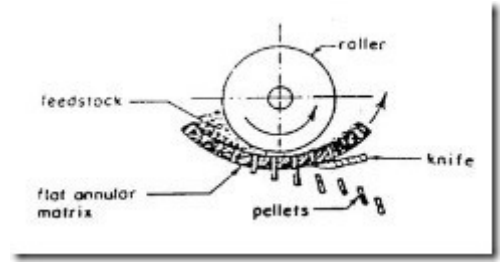


ภาพที่ 2.46 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง
ที่มา : (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)

2.3.4 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็ก ๆ (Pellitizing press) เครื่องอัดแบบนี้ประกอบด้วยแม่พิมพ์ (Matrix) และลูกกลิ้ง (Roller) ซึ่งแรงอัดระหว่างแม่พิมพ์กับลูกกลิ้งทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสีและทำการอัดวัตถุดิบผ่านแม่พิมพ์ที่เจาะเป็นรูซึ่งมี 2 แบบคือ เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม (Disk matrix press) และเครื่องอัดแม่พิมพ์วงแหวน (Ring matrix press) แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมาแล้วจะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดให้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้แล้วจะใช้การอัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) แทนการอัดเม็ด (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)



ภาพที่ 2.47 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม
ที่มา : (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)



ภาพที่ 2.48 เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน
ที่มา : (ทองทิพย์ พูลเกษม ,2542)

2.3.2 เครื่องจักรกลและการออกแบบ

การสร้างเครื่องจักรกล สิ่งแรกที่ขาดไม่ได้ก็คือ การออกแบบเครื่องจักรกล ถึงแม้จะมีชิ้นส่วนต่างๆ อยู่ แต่หากไม่ประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นเข้าด้วยกันแล้ว ก็ยังไม่ถือว่าเป็นเครื่องจักรกล ในการสร้างเครื่องจักรกลผู้สร้างต้องผ่านกระบวนการออกแบบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องนึกถึงรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องจักรกลที่จะสร้างขึ้น เช่น ต้องกำหนดหน้าที่พื้นฐาน ต้องพิจารณากลไกการทำงานและโครงสร้างที่จำเป็นนอกจากนี้ยังต้องกำหนดรูปทรงรายละเอียดพื้นฐาน ขนาด วัสดุ และสิ่งอื่นๆอีกมากมาย ผลที่ได้จากการออกแบบ ก็คือ แบบวาดที่พร้อมสำหรับการสร้างต่อไป ในการสร้างเครื่องจักรกลนั้น ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจักรกลจะต้องถูกกำหนดออกมาก่อน ซึ่งตามความเป็นจริง ในขั้นตอนนี้เครื่องจักรกลยังไม่ได้ถูกสร้าง สิ่งที่อยู่ในหัวของผู้ออกแบบทั้งหมดจะต้องนำมาแสดงเป็นเครื่องจักรกลสำเร็จบนแบบวาดเสียก่อน นอกจากนี้ผู้ออกแบบต้องทำการตรวจสอบด้วยว่าเครื่องจักรกลที่ได้ออกแบบมานั้นสามารถทำงานได้หรือไม่ มีปัญหาด้านความปลอดภัยหรือไม่ มีความเป็นไปได้ในการสร้างหรือไม่ หากมีข้อบกพร่องประการใดจะต้องทำการแก้ไข กระบวนการของการออกแบบเริ่มตั้งแต่สิ่งที่อยู่ในหัวของผู้ออกแบบถูกนำมามาสร้างเป็นเครื่องจักรกลในแบบวาด มีการแก้ไข และในท้ายสุด ข้อมูลที่สมบูรณ์ที่ได้จากการออกแบจะถูกนำไปสร้างเป็นเครื่องจักรกลจริงต่อไป หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง กระบวนการออกแบบเครื่องจักรกล คือกระบวนการต่างๆเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักรกล ตามที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น ถึงแม้ว่าเครื่องจักรกลนั้นจะมีมากมายหลายประเภท ขึ้นอยู่กับกลไกและชิ้นส่วนที่ประกอบเป็นโครงสร้างเพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ของเครื่องจักรกลนั้นๆ แต่อย่าไรก็ตาม หากมองเครื่องจักรกลจากมุมของการออกแบบจะเห็นว่าเครื่องจักรกลเหล่านี้ล้วนมีจุดมุ่งหมายร่วมในการออกแบบเพื่อจะบรรลุหน้าทั้งต้องการโดย

ใช้เกณฑ์ของการออกแบบเครื่องจักรกลเป็นปัจจัยหลัก เครื่องจักรกลสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1. เครื่องจักรกลชนิดที่ความแข็งแรงและความแข็งแกร่งของโครงสร้างเป็นสิ่งสำคัญ

โครงรถยนต์ ปั้นจั่น เครื่องอัด และเครื่องจักรกลอื่นๆ ที่โครงร่างหลักต้องรับน้ำหนักเป็นสำคัญ และต้องไม่เกิดการหักงอ เปลี่ยนรูปทรง หรือสั่นอย่างรุนแรงเกินไป ความแข็งแรงและความแข็งแกร่งของโครงสร้างเป็นปัญหาที่สำคัญในการออกแบบเครื่องจักรกลชนิดนี้ การและกำหนดขนาดสลักเกลียวที่ใช้ในการยึดชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน รวมถึงการกำหนดขนาดบริเวณที่จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษ

2. เครื่องจักรกลที่มีการส่งต่อกำลังผ่านแกนหมุน

เครื่องจักรกลชนิดนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ทำการส่งต่อกำลังผ่านแกนหมุนจากมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ เช่น เพลา แบริ่ง คัปปลิง เฟือง และอื่นๆ ในการออกแบบจะต้องพิจารณาถึงขนาดของแรงบิดที่ส่งผ่าน โมเมนต์ความเฉื่อย ความเร็วรอบ และคุณสมบัติพื้นฐานอื่นๆ นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา การเลือกแบริ่ง เวลาที่ใช้ในการเร่งและการหน่วงการเคลื่อนที่ความถี่เฉพาะของเครื่องจักรกล และการสั่นอันเนื่องมาจากความไม่สมดุลของวัตถุที่หมุนเป็นสำคัญ

3. เครื่องจักรกลชนิดที่ควบคุมและขับเคลื่อนตามเส้นทาง

เครื่องจักรกลชนิดนี้จะทำตามคำสั่งที่กำหนดไว้ โดยอาจจะเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงหรือแบบหมุน ขึ้นอยู่กับกลไกการทำงานของเครื่องจักรกลชนิดนั้นๆ การส่งต่อกำลังและการเคลื่อนที่นั้นสามารถทำได้โดยผ่านเกลียวส่งกำลัง ลูกเบี้ยว ข้อเหวี่ยง ข้อต่อ และอื่นๆ ในเครื่องจักรกลชนิดนี้จะมีอุปกรณ์ตรวจวัดที่ควบคุมแบบลำดับขั้นหรือวงจรควบคุมแบบป้อนกลับ อุปกรณ์เป้าหมายของการควบคุมคือ ระบบที่ประกอบมาจากมอเตอร์หรือคลัตช์ เป็นต้น การเลือกลักษณะการทำงานของเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ตรวจวัด รวมถึงการออกแบบวิธีการควบคุมเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบเครื่องจักรกลชนิดนี้

4. เครื่องจักรกลชนิดที่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการรั่วซึม

ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับของไหล เช่น น้ำมัน อากาศ ก๊าซ รวมถึงสุญญากาศที่ต้องการสภาวะปิดของระบบจากสิ่งแวดล้อมภายนอกจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการรั่วซึม เช่น เครื่องจักรกลที่ประกอบขึ้นมาจากชิ้นส่วนกระบอกสูบของระบบไฮดรอลิก กระบอกสูบนิแมติก กระบอกสูบเครื่องยนต์สันดาปภายใน ปั๊มและวาล์ว เป็นต้น วัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการป้องกันการรั่วซึม คือ โอริงและประเก็น การออกแบบวงจรของไหลของเครื่องจักรกลชนิดนี้ต้องออกแบบให้ระบบสามารถทนต่อความดันของของไหลที่ใช้ทำงาน โดยของไหลที่อยู่ภายในต้องไม่รั่วซึมออกมา

ในการออกแบบเครื่องกลนอกจากควรรู้พื้นฐานทางกลศาสตร์ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวัสดุ ความรู้พื้นฐานของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล รวมถึงความรู้พื้นฐานในการเขียนแบบจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ผู้ออกแบบเครื่องกลที่ดีต้องทราบถึงวิธีดังนี้

1. แรงบันดาลใจ

การสร้างเครื่องจักรกลใหม่ๆ เกิดขึ้นมาจากแรงบันดาลใจ อาจมาจากความอยากลองของนักออกแบบเอง หรือมาจากการร้องขอโดยผู้อื่น ความจำเป็นเป็นบ่อเกิดของการประดิษฐ์

ในการที่จะทำโครงการใหญ่ๆ ให้สำเร็จได้นั้น การพัฒนาเทคโนโลยีสนับสนุนต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็น เช่น โครงการอพอลโล ที่มีจุดมุ่งหมายที่จะส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์นั้นจะสำเร็จได้ต้องมีการ

ออกแบบยานอวกาศที่สามารถเดินทางไปดวงจันทร์ได้ ต้องมีการสร้างชุดอวกาศ ต้องมีการพัฒนาเครื่องจักรกลที่สามารถแก้ปัญหาในขณะที่ยานเดินทางกลับมายังโลก นอกจากการพัฒนาเครื่องจักรกลแล้ว ยังต้องมีการพัฒนาวัสดุและระบบที่ประกอบเป็นยานอวกาศควบคู่ไปด้วย

การนำทฤษฎีพื้นฐานมาใช้หลังจากที่ค้นพบทฤษฎีพื้นฐานแล้ว

สิ่งที่ตามมาก็คือ การนำทฤษฎีพื้นฐานเหล่านั้นไปใช้เพื่อสร้างสิ่งใหม่ๆ เช่น หลังจากการค้นพบเลเซอร์ที่เกิดขึ้นมาจากแสงที่มีเฟสตรงกันแล้ว เลเซอร์ก็ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อการสื่อสารและเครื่องจักรกลชนิดอื่นๆ อีกมากมาย การนำทฤษฎีพื้นฐานมาใช้เช่นนี้ทำให้เครื่องจักรกลที่มีคุณสมบัติและความสามารถใหม่ๆถูกประดิษฐ์ขึ้นมา

การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรกลที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น

การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรกลที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นเป็นกรณีที่มีมากที่สุด การปรับปรุงให้ดีขึ้น เช่น ทำห้ำลังหรือความเร็วสูงขึ้น ทำให้ขนาดใหญ่หรือเล็กลง หรือการเพิ่มความสารถต่างๆ ให้กับเครื่องจักรกลการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรกลที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นเช่นนี้อาจมีความจำเป็นที่ต้องใช้ทฤษฎีพื้นฐานใหม่ๆ เพื่อช่วยในการออกแบบ เช่น หากต้องการเพิ่มความเร็ว สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนการควบคุมทางกลมาเป็นการควบคุมทางไฟฟ้าแทน หรือถ้าหากต้องการลดขนาดของเครื่องจักร ก็อาจทำได้โดยการพิจารณากลไกอื่นหรือโครงสร้างแบบอื่นมาทดแทน เป็นต้น

โครงการต่างๆ เกิดขึ้นมาได้จาดแรงบันดาลใจตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น หรืออาจกล่าวได้ว่าโครงการใหม่ๆ หรือเครื่องจักรกลชนิดใหม่ๆ เกิดจาการพิจารณาแก้ปัญหาว่าในขณะนั้นมีความต้องการอะไร มีทฤษฎีพื้นฐานอะไรสนับสนุนบ้าง สามารถนำมาใช้ได้หรือไม่ เครื่องจักรกลที่มีอยู่แล้วมีข้อจำกัดหรือปัญหาอะไรบ้าง

2. วัตถุประสงค์

ก่อนการสร้างเครื่องจักรกลใดๆ วัตถุประสงค์ในการสร้างต้องมาก่อนและเด่นชัด กล่าวคือต้องกำหนดหน้าที่โดยรวมที่ต้องการของเครื่องจักรกลว่าคืออะไร เช่น เครื่องจักรกลที่เคลื่อนที่ในขณะที่คนนั่งอยู่บนเครื่อง อุปกรณ์ที่เปิดประตูเองโดยอัตโนมัติ เครื่องจักรกลที่ใช้ยกวัตถุและสัมภาระ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดแรงบิด หรือเครื่องจักรกลที่มีหน้าที่อื่นๆ เป็นต้น ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

3. รายละเอียดของเครื่องจักรกล

ขั้นตอนต่อไปนี้คือ การกำหนดรายละเอียดเชิงปริมาณของเครื่องจักรกลให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน ตัวอย่างรายละเอียดของเครื่องจักรกลที่มีหน้าที่เคลื่อนย้ายวัตถุสัมภาระให้เป็นเส้นตรงประกอบด้วยสัมภาระ 100 กก. ช่วงการเคลื่อนที่ 500 มม. น้ำหนักของเครื่องจักรกลเองต่ำกว่า 50 กก. รวมถึงสิ่งที่แสดงถึงคุณสมบัติเชิงปริมาณอื่นๆ กล่าวคือ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตั้งข้อกำหนดพื้นฐานของปัญหาในเชิงปริมาณ แล้วทำการแก้ไขปัญหาข้อกำหนดพื้นฐานเหล่านั้น รวมถึงการตรวจสอบว่าสิ่งที่ได้ออกแบบไว้นั้นบรรลุข้อกำหนดพื้นฐานหรือไม่ อย่างไร การกำหนดรายละเอียดของเครื่องจักรกลนั้นจะต้องใช้ความรู้ในหลายสาขา รวมถึงสัญชาตญาณและประสบการณ์ที่ได้จากการสั่งสมมาเป็นระยะเวลานาน หากทำการกำหนดรายละเอียดที่เคร่งครัดจนเกินไปก็จะทำให้ไม่สามารถหาชิ้นงานหรือวิธรีการสร้างได้ หรืออาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงโดยไม่จำเป็นเนื่องจากขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาเครื่องจักรกลที่ไม่มีมาก่อนในโลก การคาดเดาหรือประมาณการถึงรายละเอียดทั้งหมดจึงเป็นสิ่งที่ยาก แต่นักออกแบบก็ต้องดำเนินการพัฒนาเครื่องจักรกลที่มีรายละเอียดตามข้อที่กำหนดที่ต้องการ ดังนั้นการกำหนดรายละเอียดที่เป็นไปได้ของเครื่องจักรกล

4. หน้าที่และส่วนประกอบของโครงสร้าง

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ถึงหน้าที่และส่วนประกอบโครงสร้างที่เครื่องจักรกลจำเป็นต้องมี เช่น หากคิดจะสร้างเครื่องจักรกลให้เคลื่อนย้ายวัตถุในทิศทางเดียว สิ่งที่จำเป็นคืออะไร โครงร้างที่สามารถเคลื่อนที่แบบเส้นตรงมีความจำเป็นหรือไม่ แหล่งกำเนิดกำลังของแหล่งเคลื่อนที่มีความจำเป็นหรือไม่ จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนความเร็วหรือไม่ เป็นต้น นอกจากนี้หน้าที่พื้นฐานอื่นๆ เช่น หน้าที่รับแรงปฏิกิริยาที่ใช้ในการทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั้นอยู่ที่ตำแหน่งใด ต้องวางไว้บนพื้นฐานหรือไม่ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์หน้าที่เช่นนี้จะทำให้ทราบถึงส่วนประกอบที่จำเป็นของโครงสร้าง และหน้าที่ของส่วนประกอบโครงสร้างแต่ละส่วนของเครื่องจักรกลที่จะพัฒนาว่ามีอะไรบ้าง

มาถึงขั้นตอนนี้ นักออกแบบจะต้องวาดภาพสเกตช์เครื่องจักรกลจากแบบวาดการออกแบบจนถึงขั้นตอนสุดท้าย การออกแบบจะถูกดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่ประกอบขึ้นเป็นเครื่องจักรกลรวมถึงหน้าที่ที่จำเป็นของแต่ละชิ้นส่วนนั้นจะแสดงออกมาเป็นรูปทรงในขณะที่ทำการวาดแบบวาด

หน้าที่พื้นฐานที่สำคัญ 3 ส่วนของเครื่องจักรกลประกอบด้วย หน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ หน้าที่รับและส่งต่อแรง หน้าที่เชื่อมและประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

5. กลไกการทำงาน

ขั้นตอนนี้เป็นการพิจารณาว่าการที่จะบรรลุหน้าที่ที่จำเป็นนั้นจะต้องมีกลไกการทำงานเป็นอย่างไร กลไกการทำงานของเครื่องจักรกลทั้งหมดจะแสดงในแบบวาดกลไก เช่น แบบวาดกลไก จะแสดงให้เห็นถึงกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ลูกสูบเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวโดยแรงดันของน้ำมัน นอกจากนี้แผนภูมิแรงยังมีประโยชน์ในการแสดงให้เห็นถึงการส่งต่อและการกระทำของแรงภายในเครื่องจักรกล แผนภูมิแรงของกระบอกสูบไฮดรอลิก

กลไกการทำงานและโครงสร้างอาจมีหลายแบบที่บรรลุหน้าที่ตามต้องการได้ เช่น จากแหล่งกำเนิด กำลังการเคลื่อนที่แบบหมุน หากต้องการเคลื่อนที่เป็นแบบเส้นตรงแล้ว สามารถเลือกใช้กลไกเกลียวส่งกำลังและลิเนียร์ไกด์กลไกแล็กและพิเนียน กลไกลูกสูบและข้อเหวี่ยง หรือกลไกขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิก เป็นต้น กลไกที่เหมาะสมที่สุดกับวัตถุประสงค์จะถูกเลือกออกมาจากตัวเลือกเหล่านี้

6. โครงสร้าง

การทำแบบวาดกลไกให้สมบูรณ์โดยการเพิ่มกลไกต่างๆ จะทำให้ได้มาซึ่งโครงสร้างโดยรวม ในการวาดแบบวาดกลไกนั้นจะต้องวิเคราะห์ส่วนประกอบต่างๆ เพื่อตรวจดูว่าได้บรรลุข้อกำหนดบังคับหรือไม่นอกจากนี้ยังต้องทำการสร้างส่วนที่ใช้เชื่อมต่อส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยพิจารณาย้อนกลับไปถึงข้อกำหนดบังคับต่างๆ ในท้ายที่สุดก็จะได้รูปร่างโดยรวมของเครื่องจักรกล

ในการที่จะได้ความสามารถใหม่มานั้น กลไกและโครงสร้างที่คิดขึ้นใหม่จะต้องถูกพิจารณาโดยละเอียดขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่สร้างสรรค์ที่สุดในการออกแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างและกลไกใหม่ๆนักออกแบบจะต้องศึกษาและอ้างอิงถึงกลไกและโครงสร้างต่างๆที่มีอยู่แล้ว หรืออาจจำเป็นต้องคิดทฤษฎีใหม่ๆ มาประกอบในการตัดสินใจ หน้าที่ที่กำลังหาอยู่อาจจะได้มาจากกลไกและโครงสร้างที่ถูกนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่นๆ ก็เป็นได้ โดยการมองจากมุมมองใหม่ๆ หรือมองจากวัตถุประสงค์ใหม่ ซึ่งอาจจะทำให้ค้นพบสิ่งใหม่ๆก็เป็นได้

กลไกและโครงสร้างพื้นฐานจะแสดงด้วยเส้นลายที่เรียกว่า ภาพสเกตซ์ (รูปภาพแบบ) ภาพสเกตซ์จะเป็นสิ่งแรกที่แสดงให้เห็นเป็นรูปทรงของความคิดในการออกแบบของนักออกแบบ

7. สุดท้ายเป็นขั้นตอนการกำหนดรูปทรงและขนาดของเครื่องจักรกล ในขั้นตอนนี้จะมีข้อกำหนดบังคับต่างๆ มากมายเกี่ยวข้องด้วย ผู้ออกแบบจะต้องออกแบบเครื่องจักรกลโดยทำตามไม่ฝ่าฝืนข้อกำหนดบังคับต่างๆ เช่น ความแข็งแรง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของเครื่องจักรกล เครื่องจักรกลต้องมีความสามารถในการรับและส่งต่อแรงที่จำเป็น เครื่องจักรกลทั้งหมดจะต้องแข็งแกร่งเพียงพอ ชิ้นส่วนต่างๆจะต้องแข็งแรง ถึงแม้ว่าหากมองจากภายนอกดูเหมือนเครื่องจักรกลปกติ แต่หากลองใช้ดูแล้วพบว่าแกนเพลาหักโครงโก่งงอ หรือเกิดความเสียหายอื่นๆ ก็ถือว่าเป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ไม่ได้ ข้อกำหนดบังคับอื่นๆ ที่ต้องทำตาม เช่น ขนาดที่กำหนด น้ำสูงสุดที่เป็นไปได้ ความง่ายในการสร้าง ปัญหาด้านความปลอดภัย เป็นต้น ในการกำหนดรูปทรงและขนาดจะต้องพิจารณาสิ่งต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้ร่วมในการออกแบบด้วย ความจริงแล้วข้อกำหนดทางด้านงบประมาณ ค่าใช้จ่าย ก็ถือว่าเป็นข้อกำหนดที่สำคัญ เช่น ราคาหน่วยต่อวัสดุและชิ้นส่วนที่ใช้ หรือเวลาที่ใช้ในการสร้างถึงแม้ว่าข้อกำหนดบังคับของการสร้างและงบประมาณค่าใช้จ่ายจะเป็นปัจจัยหนึ่งในการพิจารณา แต่เนื่องจากข้อกำหนดเหล่านี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ผลิต ดังนั้นการออกแบบต่างๆ ในหนังสือเล่มนี้จะมาจากสมมติฐานการออกแบบเครื่องจักรกลต้นแบบโดยไม่ได้คำนึงถึงข้อกำหนดทางด้านงบประมาณ ค่าใช้จ่ายแต่จะกล่าวเฉพาะความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการออกแบบเครื่องจักรกลนั้น

8. รูปทรง

กลไกและโครงสร้างที่บรรลุถึงหน้าที่ที่จำเป็นของเครื่องจักรกลโดยทั่วไปจะแสดงออกมาในรูปทรงของเครื่องจักรกล เช่น รูปทรงของโครงสร้างรับแรงปฏิกิริยาควรมีลักษณะเช่นไรฐานรองรับควรมีกลไกอย่างไร เป็นต้น ในการออกแบบเครื่องจักรกลทั่วไปนั้น ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนของการกำหนดรูปทรงและขนาด รูปทรงจะได้มาจากการพิจารณาข้อกำหนดบังคับควบคู่ไปกับการออกแบบ ต้องมีการคำนวณถึงแรงที่เกิดขึ้นในระบบเพื่อทราบถึงความแข็งแรงที่ต้องการ ต้องกำหนดถึงวิธีการสร้างเพื่อให้ได้รูปทรงที่กำหนด ในการที่จะบรรลุข้อกำหนดบังคับต่างๆ ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดรูปทรงขนาดและวัสดุที่ใช้ หากไม่สามารถทำตามข้อกำหนดบังคับข้อใดข้อหนึ่ง ผลเสียก็อาจจะตามมา เช่น ไม่สามารถสร้างชิ้นส่วนได้ หรือสร้างชิ้นส่วนได้แต่ไม่สามารถประกอบเข้าด้วยกันได้ หรืออาจจะสามารถสร้างเครื่องจักรกลได้ แต่ใช้งานยาก หรืออาจจะก่อให้เกิดอันตรายในการใช้งานได้ เป็นต้น

9. ขนาดละวัสดุที่ใช้

การกำหนดขนาดจะทำควบคู่ไปกับการกำหนดรูปทรง ขนาดขิงชิ้นส่วนที่สำคัญได้ถูกกำหนดไว้ตั้งแต่แรกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เครื่องจักรกลบรรลุหน้าที่ที่สำคัญ ขนาดและรายละเอียดของเครื่องจักรกลส่วนอื่นๆ จะถูกกำหนดให้เข้ากับสิ่งที่ถูกกำหนดหรือเลือกมาก่อนหน้านี้แล้ว นอกจากนี้ขนาดต่างๆจะต้องกำหนดให้เข้ากันได้กับขนาดของชิ้นส่วนที่จัดซื้อจัดหามา เช่น หากกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวแล้ว ขนาดของส่วนอื่นๆ เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูบนชิ้นงานจะถูกกำหนดและส่งต่อขนาดไปยังชิ้นส่วนต่างๆ จนถึงขั้นตอนของการประกอบชิ้นส่วนเล่านี้เข้าด้วยกัน และท้ายที่สุด ผู้ออกแบบจะสามารถกำหนดขนาดทั้งหมดได้ ชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกเลือกโดยขนาดที่กำหนดไว้ การขึ้นรูปแปรรูปจะต้องทำให้เข้ากันได้กับขนาดเหล่านี้ เครื่องจักรกลจะไม่สามารถสร้างได้ถ้าไม่กำหนดขนาดที่แน่นอน

การที่จะได้ความแข็งแรงที่จำเป็นของเครื่องจักรกลนั้น ผู้ออกแบบจะต้องเลือกวัสดุ เลือกวิธีการขึ้นรูปโดยใช้ความร้อน เลือกวิธีการฟินิชชิงผิวหน้า การเลือกวัสดุยังต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดทางด้านน้ำหนัก ความคงทนและตัวประกอบอื่นๆอีกด้วย

การพิจารณาสิ่งต่างๆ เหล่านี้ สุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ซึ่งแสดงในรูปแบบวาดที่เรียกว่า แบบวาดการออกแบบ แบบวาดการออกแบบจะอธิบายถึงรูปทรงส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรกล และกำหนดถึงขนาดและวัสดุที่ใช้ เอกสารที่มาพร้อมกับแบบวาดการออกแบบที่อธิบายความคิดต่างๆ ตั้งแต่ต้นจนถึงผลลัพธ์สุดท้าย คือ เอกสารการออกแบบ เอกสารการออกแบบนี้จะอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการ การคำนวณต่างๆในการออกแบบ รวมถึงกำหนดชิ้นส่วนที่จะจัดซื้อหามาในขั้นตอนการออกแบบ และอื่นๆ เอกสารการออกแบบจะรวบรวมรายละเอียดต่างๆ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการออกแบบ

มาถึงขั้นตอนนี้งานของการออกแบบในการกำหนดรายละเอียดทั้งหมดของเครื่องจักรกลที่จะสร้างขึ้นก็ได้เสร็จสิ้นแล้ว

10. การสร้างแบบวาดการผลิต

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการสร้างแบบวาดชิ้นส่วนและแบบวาดการประกอบที่ใช้ในการสร้างเครื่องจักรกลโดยอ้างอิงและใช้ข้อมูลที่กำหนดไว้ในแบบวาดการออกแบบ การสร้างชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจะสร้างตามแบบวาดชิ้นส่วน ส่วนการประกอบก็จะประกอบตามแบบวาดการประกอบ

ขั้นตอนของการออกแบบเป็นขั้นตอนในการพัฒนาความคิด โดยวิเคราะห์หน้าที่ที่จำเป็นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยเริ่มจากความคิดเกี่ยวกับกลไกจนถึงการกำหนดรูปทรงขนาดและวัสดุที่ใช้ เพื่อให้บรรลุข้อกำหนดบังคับทั้งหมด

2.3.3 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบ มีผู้ที่นิยมความหมายนี้ไว้หลายความหมาย อาทิ

1. การออกแบบคือการจัดระเบียบหรือวางผังอย่างตั้งใจสำหรับที่ว่าง เรื่องราวหรือกิจกรรมตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด

2. การออกแบบคือการเสนอแนะเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น

3. การออกแบบคือการสร้างความคิดขึ้นสำหรับชิ้นงานหรือระบบหรือการแสดงออกของความคิดให้มีรูปทรงเป็นตัวตน

นวลน้อย บุญวงษ์ (2539 : 2) กล่าวว่า คำจำกัดความที่นำมาส่วนหนึ่งนี้ เป็นการให้ความหมายของ Design หรือ การออกแบบของผู้รู้ในด้านต่าง ๆ และสามารถสรุปความหมายได้ดังนี้

1. งานออกแบบหมายถึงเฉพาะสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเท่านั้น

2. การออกแบบ เป็นความพยายามสร้างให้เกิดความเปลี่ยนแปลง โดยการจัดระเบียบด้วยความมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหา และเพื่อสนองประโยชน์ทั้งของตนเองและของสังคม

3. กระบวนการออกแบบซึ่งยังอยู่ในรูปของแนวคิด แบบร่างตลอดจนต้นแบบ และจากกระบวนการผลิตซึ่งอยู่ในรูปของผลผลิตที่เป็นวัตถุสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ ข้อมูลเกี่ยวกับการตลาด แล้วนำมาออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ให้อยู่ในความนิยมของตลาดในราคาพอสมควร

วิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นวิชาที่ถือปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ และการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เพื่อผลิตเป็นจำนวนมาก ให้ได้รูปร่างที่ถูกต้องแน่นอนก่อนที่จะลงทุนจำนวนมาก

2.3.3.1 การจำแนกตามลักษณะที่ปรากฏ แบ่งงานออกเป็น 2 ประเภท

(1) งานออกแบบ 2 มิติ (Two-Dimensional Design) ได้แก่ งานออกแบบที่ให้ความ สำคัญเฉพาะกับลวดลายและสีสันบนพื้นผิวซึ่งรับรู้ได้ด้วยประสาทตา เป็นงานที่เน้นความงามจากการมองเห็นและการสื่อสารความหมายในเนื้อหาตามการรับรู้จากภาพนั้น งานออกแบบประเภทนี้แม้จะมีการสื่อได้จำกัดเฉพาะลวดลายบนพื้นผิวแต่ในขณะเดียวกันก็ต้องทำหน้าที่แก้ปัญหาให้ได้ครบถ้วนตามจุดมุ่งหมายของการออกแบบ

(2) งานออกแบบ 3 มิติ (Three-Dimensional Design) ได้แก่งานออกแบบผลิตภัณฑ์ นานาชนิดที่มีความหมายในด้านขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กเช่นเครื่องประดับ ไปจนถึงขนาดใหญ่ เช่น ยานพาหนะ งานออกแบบประเภทนี้จึงเป็นงานที่มีเนื้อหารายละเอียดเพิ่มมากขึ้นนอกจากสนองการรับรู้ ทางประสาทตาแล้วยังมีเพิ่มประสาทสัมผัสซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะรูปทรงและพื้นผิวอีกด้วย ตัวอย่าง งานออกแบบเสื้อผ้า เครื่องปั้นดินเผา เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเรือน เป็นต้น

2.3.3.2 ประเภทผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

(1) ผลิตภัณฑ์อุปโภค หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผู้อุปโภคบริโภคหาซื้อมาเพื่อใช้สอยอำนวยความสะดวกแก่ตนเองหรือครอบครัว โดยอาจจะมีการใช้สอยตามสถานที่หรือส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

(1.1) ใช้สอยภายในบ้านหรือครัวเรือน

(1.2) ใช้สอยในร่ายกาย

(1.3) ใช้สอยในพาหนะ

(1.4) เครื่องกีฬา

(1.5) ของเล่นสำหรับเด็ก

(1.6) เครื่องดนตรี

(2) ผลิตภัณฑ์บริการ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ทางด้านการค้าหรือ การบริการสำนักงานสถานที่ทำงาน คือผู้อุปโภคบริโภคส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นคนจัดซื้อมา แต่จะมีการจัดซื้ออยู่แล้วเพื่อส่วนร่วมเช่น เครื่องพิมพ์ดีด เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น

(3) ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกล หมายถึง ผลิตภัณฑ์เครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้การผลิตเช่น จักรเย็บผ้า จักรยาน มอเตอร์ไซด์ ฯลฯ

(4) ผลิตภัณฑ์ขนส่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่เป็นพาหนะ เช่น รถยนต์ รถไฟ เรือ เครื่องบิน ฯลฯ

2.3.3.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

(1) ผลิตภัณฑ์เลียนแบบ หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด โดยผลิตภัณฑ์ที่นำออกมาใหม่นี้มีความคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายอยู่ในตลาด

(2) ผลิตภัณฑ์ใหม่ หมายถึง การพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่วางอยู่ในตลาดแล้วให้มีคุณภาพดีขึ้น เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้

(3) นวัตกรรมใหม่ หมายถึง การประดิษฐ์คิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมา แล้วนำออกสู่ตลาดครั้งแรก

2.3.3.5 กระบวนการใช้งานมโนทัศน์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

(1) กระบวนการใช้งานมโนทัศน์เพื่อการคิดอย่างสร้างสรรค์

การใช้มโนทัศน์เพื่อการคิดอย่างสร้างสรรค์นั้นถือว่ามีความจำเป็นกับนักศึกษาและผู้สนใจทางด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างมากเนื่องจากจะเป็นการคิดแก้ปัญหาเบื้องต้นด้วยจินตนาการที่มีขอบเขต นั่นคือ “มโนทัศน์’’ ในการแก้ปัญหาด้วยข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ในตนเองเสียก่อน จากนั้นจึงมีการคิดอย่างเป็นระบบในการกำหนดองค์ประกอบของข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม จึงทำการศึกษาข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนดอย่างถี่ถ้วนจากนั้นผู้ศึกษาจะทำการประมวลผลเบื้องต้นพร้อมข้อมูลที่ได้รับ ด้วยวิธีการต่างๆตามที่ผู้ศึกษาต้องการนำมาประยุกต์ใช้งานในทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ ดังสามารแสดงเป็นผังการปฏิบัติการสร้างมโนทัศน์เพื่อการคิดอย่างสร้างสรรค์ บ่างออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

(1.1) ประสบปัญหาที่พบ และมีแนวทางที่ต้องการจะแก้ไขหรือตอบสนองเป็นขั้นตอนแรกของผู้ศึกษาที่ได้พบกับปัญหาที่ตองการจะแก้ไข ตามความต้องการซึ่งในที่นี้คือการแก้ไขปัญหาทางด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ผูศึกษาพบปัญหาและเกิดแนวความคิดที่ต้องการจะแก้ไขตามจุดประสงค์ของตนเองที่กำหนดขึ้น ถือว่าเป็นเป้าหมายที่ผู้ศึกษาอาจจะมีภาพการแก้ไขปัญหาที่สำเร็จแล้วอยู่ในมโนทัศน์แรกที่ประสบปัญหา แต่ภาพการแก้ไขปัญหาที่เกิดในสมองช่วงนี้อาจมีแนวโน้มที่ไม่ปีชระสบผลสำเร็จในการแก้ไขปัญหาที่ต้องการ เนื่องจากเป็นแนวคิดที่ใช้แก้ไขปัญหาจากองค์ความรู้เดิมของผู้ศึกษาเท่านั้นและยังขาดการคิดอย่างเป็นระบบ ดังนั้นให้ถือว่า “มโนทัศน์’’ ที่เกิดช่วงนี้เป็นเพียงแง่คิดหรือประเด็นที่ต้องตอบในสมองเท่านั้น เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการจุดประกายทางความคิดอย่างสร้างสรรค์ ในระยะนี้ผู้ที่ศึกษาควรที่จะกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อตอบปัญหาที่ต้องการแก้ไข เช่น ปัญหาที่พบ “พัฒนาของเล่นสำหรับเด็กวัย 3-5 ขวบ เพื่อสนองพฤติกรรมการเล่นในชั้นเรียนของเด็กช่วงปฐมวัยที่เน้นการกระตุ้นพัฒนาการเด็กในด้านร่างกาย’’ ว่าจะใช้ของเล่นสำหรับเด็กประเภทไหนมากระตุ้นพัฒนาการเด็กในช่วงวัยนี้ และช่วงที่จะเพิ่มพัฒนาการร่างกายด้านกล้ามเนื่ออะไรบ้าง

(1.2) ประมวลและสร้างมโนทัศน์ระยะแรก “เริ่มทางการคิดอย่างสร้างสรรค์’’ (ระดับที่ 1)

เมื่อได้รับปัญหาและเป้าประสงค์ที่ต้องการจากปัญหาที่พบแล้วในเบื้องต้น ผู้ศึกษาจะทำการกำหนดปัญหา และสมองของผู้ศึกษาจะประมวลผลในทันทีทันใด เพื่อที่จะสรรหาวิธีแก้ไขหรือตอบปัญหาจากความรู้ที่ตนเองมีเบื้องต้น ผลที่จะออกมาเป็น “มโนทัศน์ระยะแรก” ซึ่งยังมีคุณลักษณะที่ขาดความสมบูรณ์ในหลายๆด้าน ซึ่งมักเป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าและมีเพียงความต้องการของตนเองเป็นที่ตั้ง ให้ความต้องการของผู้ศึกษาเป็นแกนกลาในการพิจารณาข้อมูลเพื่อสร้างภาพของมโนทัศน์ที่แก้ไขปัญหา การประมวลมโนทัศน์แรกมักจะไม่ได้อิงผู้ใช้หรือผู้บริโภคเป็นสำคัญ แต่การประมวลผลการสร้างมโนทัศน์ระยะแรกมักเป็นภาพผลิตภัณฑ์ในจิตนาการ ที่มีความคิดสร้างสรรค์แฝงอยู่มากมายการสร้างมโนทัศน์ในระยะอื่นๆเนื่องจากเป็นระยะที่ปราศจากกรอบแนวคิดจากองค์ความรู้ครอบงำ ผลการคิดจึงมีอิสระและเน้นการคิดสร้างสรรค์และความสวยงามเป็นหลักใหญ่มีจิตนาการทางความคิดสูง

(1.3) กำหนดองค์ประกอของข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม (แผนผังของความคิด) ใช้เป็นขั้นตอนที่เติมเต็มทางความคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการแระมวลแนวทางการศึกศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในลักษณะของการกำหนดหัวข้อ เพื่อใช้หัวข้อในการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

พื้นฐานในการสร้างแนวทางการแก้ไขปัญหาจากความต้องการของผู้ศึกษา ซึ่งขั้นตอนนี้ผู้ศึกษาจะต้องทำการกำหนดหัวข้อที่ต้องการเพื่อรวบรวมข้อมูลในการนำผลข้อมูลที่ได้มาผ่านการคิดและวิเคราะห์โดยการกำหนดประเด็นเพื่อรวบรมข้อมูล เช่นปัญหาที่พบ “พัฒนาของเล่นสำหรับเด็กวัย 3-5 ขวบ เพื่อตอบสนองพฤติกรรมการเล่นในชั้นเรียนของเด็กช่วงปฐมวัยที่เน้นการกระตุ้นพัฒนาการในด้านร่างกาย” จะต้องกำหนดประเด็นศึกษา

ผู้ศึกษาจะพบว่าตนเองมีความรู้ที่บรรจุอยู่ในสมองของตนเองไม่ครบถ้วนตามประเด็นองค์ความรู้ที่ทำการกำหนดออกมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งหัวข้อประเด็นเหล่านี้จะมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องเปรียบได้กับ “ถนนของความคิด” ซึ่งมีความเชื่อมโยงทางความคิดเหล่านี้เหมือนถนนที่มีความต่อเนื่องกันหลายสาย ในถนนความคิดแต่ละสายก็จะแทนองค์ความรู้ด้านต่างๆ เมื่อถนนของความคิดมีการรวมตัวกันเป็นเส้นถนนทางความคิดที่กว้างและใหญ่จะทำให้ความคิดของผู้ศึกษามีความรอบรู้ที่เกี่ยวเนื่องกับสิ่งที่ต้องการรออกแบบหรือพัฒนามากยิ่งขึ้น

(1.4) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลตามองค์ประกอบที่กำหนด

เป็นขั้นตอนที่ผูศึกษาจะต้องทำการรวบรวมข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับประเด็นหัวข้อองค์ความรู้ทั้งหมดที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งความรู้เหล่านี้ต้องมากำหนดทิศทางของการศึกษาและรวบรวม โดยข้อมูลรายประเด็นจะกระจายตัวอยู่ใน 2 ประเภทข้อมูล คือ

ก. ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ข้อมูลประเภทนี้จะเป็นข้อมูลซึ่งแอบแฝงอยู่ในตัวกลุ่มบุคคลที่เป็นประชากรในการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยังไม่มีผู้ศึกษารวบรวมเอาไว้ ผู้ศึกษาจะต้องทำการรวบรวมด้วยตนเองจากกลุ่มเป้าหมายเพื่อนำ ข้อมูลที่ได้มาใช้งาน ด้วยการใช้เครื่องมือการศึกษาต่างๆเช่น แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น ข้อมูลลักษณะนี้ถือว่ามีอิทธิพลต่อการศึกษารายกรณีมากเนื่องจากข้อมูลปฐมภูมิจะสมารถแสดงตัวตนของกลุ่มตัวอย่างได้ชัดเจนและแสดงคุณลักษณะเฉพาะกลุ่มออกมา ถือว่ามีความเหมาะสมในการนำข้อมูลมาใช้ประมวลเพื่อสร้างมโนทัศน์สำหรับการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

ข. ข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลที่อยู่ในรูปสำเร็จแล้ว ซึ่งเป็นข้อมูลประเภทที่มีผู้ศึกษาและรวบรวมไว้เรียบร้อยแล้ว มีหลักการ ข้อมูลสรุปไว้โดยอยู่ในลักษณะของ หนังสือ วารสาร เอกสารเผยแพร่ ฯลฯ ข้อมูลทุติยภูมินี้จะมีลักษณะของข้อมูลที่เป็นผลสำเร็จผู้ศึกษาสามารถที่ตะดึงเอาส่วนสำคัญหลักของความรู้ที่มีในเอกสารมาใช้งานได้ทันที

จากข้อมูลทั้งสองประเภทที่กล่าวมาผู้ศึกษาต้องทำการแยกแยะประเภทขององค์ประกอบว่าแต่ละองค์ประกอบเป็นข้อมูลชนิดใด เพื่อกำหนดชนิดข้อมูลรายองค์ประกอบอย่างเหมาะสมในการเลือกได้รวบรวบข้อมูลที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

(1.5) ประมวลและสร้างมโนทัศน์ระยะที่สอง “คิดอย่างเป็นกระบวนการ” (ระดับที่2) สำหรับขั้นตอนการประมวลข้อมูลที่ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลรายองค์ประกอบครบถ้วนแล้วนำมาผ่านการคิดเชื่อมโยงข้อมูลอย่างเป็นระบบ ผ่านการ “คิดพิจารณา” หรือสิ่งที่สามารถบ่งบอกการแก้ไขปัญหาเหล่านั้นพร้อมทั้งทำการจัดหมวดหมู่ทางความคิดที่มีความชัดเจน ด้วยการวินิจฉัย จำแนก แยกแยะ ข้อมูลต่างๆ ออกเป็นรายองค์ประกอบ เพื่อสร้างเป็น “มโนทัศน์ระยะที่สอง” ซึ่งมโนทัศน์ในระยะที่สองนี้ถือว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดในการแก้ไขปัญหา เนื่องจากผ่านการรวบรวมข้อมูลและจัดหมวดหมู่ทางความคิดเพื่อวินิจฉัยมาแล้ว ผู้ศึกษาสามารถมองเห็นภาพร่างทางความคิดในจินตนาการที่มีความชัดเจนหรือที่เรียกว่ามโนทัศน์ระยะที่สอง โดย

สมองของผูศึกษาเมื่อรับรู้ข้อมูลมาครบถ้วนแล้วสมองจะประมวลสร้างภาพร่างทางความคิดออกมาในรูปแบบที่ตนเองสามารถเข้าใจได้ในที่นี้ผู้ศึกษาจะสามารถถ่ายทอดและสื่อสารออกมาผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น กาวาดเป็นภาพ การถ่ายทอดเป็นตัวอักษร เป็นต้น

ปัญหาที่พบ “พัฒนาของเล่นสำหรับเด็ก วัย 3-5 ขวบ เพื่อตอบสนองพฤติกรรมการเล่นในชั้นเรียนของเด็กช่วงปฐมวัยที่เน้นการกระตุ้นพัฒนาการในด้านร่างกาย”เป็นขั้นตอนที่นะดมความคิดจากการรวบรวมข้อมูลในระยะแรกเพื่อกำหนดรูปร่างและรูปทรงให้มีความสอดคล้องกับองค์ประอบของนักข้อมูลที่รวบรวมได้ การผสมผสานข้อมูลสำเร็จที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการระดมความคิดอย่างสร้างสรรค์ในการนำเสนอเป็นรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการกลั่นกรองทางความคิดเพื่อการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้แนวคิดพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กจากการพิจารณาแนวคิด 1)ข้อมูลพื้นฐานขนาดสัดส่วนจิตวิทยาสำหรับเด็ก 2)ข้อมูลข้อจำกัดทางด้านวัสดุและกรับวนการผลิต 3)ความชื่นชอบและการกระตุ้นพัฒนาการำหรับเด็ก 4)ความปลอดภัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนารูปแบบ 5)ผู้มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจเลือกซื้อหรือกลุ่มผู้บริโภคในการกำหนดทิศทางของตลาด เป็นต้น

(1.6) เชื่อมโยง“นามธรรม” ไปสู่ “รูปธรรม”การนำข้อสรุปแกความคิดหลักที่เปรียบเทียบด้วยกระบวนการเปรียบเทียบและสร้างมโนทัศน์ หรือการสร้าง “คิดอย่างเป็นกระบวนการ ระดับที่2” ซึ่งผู้ศึกษาจะได้ข้อสรุปแนวทางกรออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้ศึกษาจะต้องทำการนำ “ ข้อสรุปแนวทางการออกแบบและพัฒนา” ที่ยังเป็นนามธรรมที่จับต้องไม่ได้ มาทำการเชื่อมโยง “นามธรรม” ไปสู่ “ รูปธรรม” โดยใช้ความคิดเชิงมโนทัศน์สร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดในสมอง ที่ประมวลข้อสรุปเป็นรูปทรงผลิตภัณฑ์ในความคิด จากนั้นทำการถ่ายทอดออกมาเพื่อสื่อสีไปยังบุคคลอื่นๆ ให้สามารถรับรู้แล้วเข้าใจแนวคิดที่เป็นรูปธรรม ด้วยทักษะการเขียนและวาด เช่น การเขียนทัศนียภาพ การเขียนแบบเพื่อการผลิต การเขียนภาพ Isometric เป็นต้น สำหรับการเชื่อมโยงนามธรรมไปสู่รูปธรรมนี้จะต้องผนวกกับทักษะการถ่ายทอดเป็นภาพ 3 มิติแล้วยังต้องอาศัยการถ่ายทอด “ความสวยงาม” ออกมารวมในชิ้นงานในการสื่อสารออกมาทางมโนทัศน์เบื้องต้นของผู้ศึกษา ซึ่งความสวยงามนี้สามารถสื่อออกมาไดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับทักษะและความสามารถในการถ่ายทอดของผู้ศึกษา การสื่อสารทางด้านความสวยงามตามมโนทัศน์เพื่อการคิดอย่างสร้างสรรค์ผ่านการสร้างมโนทัศน์เพื่อการแก้ไขปัญหา ด้วยความสามารถในการประมวลเหตุผลและการหาข้อสรุปซึ่งเน้นการพิจารณาด้วยการจัดระเบียบทางความคิดเช่นเดียวกับ “ตรรกวิทยา” หรือ “Logical order” มาใช้ในการประมวลเพื่อสร้างมโนทัศน์ต้นแบบซึ่งเหมือนข้อเสนอทางความคิดของผู้ศึกษาเป็นการนำเสนอสิ่งที่ผู้ศึกษาเรียนรู้และรับรู้มาใหม่ด้วยการเชื่อมโยงมโนทัศน์ใหม่และเก่าก่อนทำการถ่ายทอดออกสื่อบุคคลอื่นที่ต้องการ

(1.7) ประเมินการคิดเชิงมโนทัศน์ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ใช้ประเมินผลการคิดเชิงมโนทัศน์ด้วยการใช้การวิเคราะห์อย่างมีหลักเหตุผลที่อ้างอิงด้วยกระบวนการ ด้วยหลักการ “ทฤษฎีการออกแบบผลิตภัณฑ์” ซึ่งกระบวนการประเมินผลการคิดเชิงมโนทัศน์เป็นกระบานการที่เน้นการประเมินในลักษณะของ “การย้อนรอย”การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อประเมินผลว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใหม่นั้นสามารถตอบแนวคิดตามความต้องการของหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้มากน้อยเพียงใด ด้วยการประยุกต์ใช้ “หลักการวิศวกรรมย้อนรอย” มาทำการวิเคราะห์ย้อนรอยกับไปยังแนวคิดแรกเริ่มในการพัฒนา เป็นการประเมินทวนซ้ำเพื่อตรวจสอบให้มีความแน่ใจว่ามโนทัศน์สุดท้ายแห่งการพัฒนานั้นมีความถูกต้องก่อนจะมีการสรุปผลเพื่อนำสอนและสร้างมโนทัศน์ที่

สมบูรณ์ทางความคิด สำหรับหลักการประเมินมโนทัศน์ด้วยการย้อนรอยทางความคิดนี้เป็นลักษณะการประเมินด้วยการอิงกับหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นกรอบแนวคิดในการประเมินค่าความคิดเห็นที่มีความสอดคล้องกันกับค่าในระดับใดโดยมากจะแบ่งที่ระดับ

(1) ค่า 3 คะแนน = มีความสอดคล้องมาก
(2) ค่า 2 คะแนน =มีความสอดคล้องปานกลาง
(3) ค่า 1 คะแนน = มีความสอดคล้องน้อย
(4) ค่า 0 คะแนน = ไม่มีความสอดคล้อง

นักออกแบบโดยมากมักที่จะยึดติดกับกฎเกณฑ์หรือความรู้ที่ฝังอยู่ในความคิดไว้โดยปราศจากความคิดว่าสิ่งนั้นถูกหรือผิด มักจะมีความเชื่อส่วนบุคคลมักที่จะส่งผลกับการตีความในการเชื่อมโยงความคิดหรือความรู้ใหม่ที่จะเกิดเป็นเหตุให้เกิดความผิดพลาดของกระบวนการสร้างมโนทัศน์เพื่อความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นผู้ศึกษาจะต้องทำความเข้าใจในมโนทัศน์ตนเองเสียก่อนว่าเป็นอุปสรรคต่อการรับรู้สิ่งใหม่หรือไม่ เนื่องด้วยการรับรู้หรือเรียนรู้เรื่องราวต่างๆต้องอาศัยการรับรู้ด้วยความเข้าใจ อีกทั้งยังต้องสามารถแปลงการรับรู้สิ่งใหม่ให้เป็น “แก่นของความรู้สิ่งนั้น” เพื่อนำไปใช้งานในการตีความหรือประยุกต์ใช้งานในตอนการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.3.4 สภาพทั่วไปของอุตสาหกรรมชนบท

สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมชุมชน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมเป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีภารกิจเกี่ยวกับการดูแลช่วยเหลือราษฎรหรือผู้ประกอบอาชีพอุตสาหกรรมในครอบครัวและหัตถกรรมไทยหรืออุตสาหกรรมในครัวเรือนให้มีงานทำในท้องถิ่น ให้มีรายได้กระจายในท้องถิ่น และลดภาวการณ์ว่างงานหรืออพยพแรงงานเข้าสู่ตัวเมือง โดยการดำเนินงานเป็นไปตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9-10 ยึดหลักการพัฒนาและบริหารประเทศ เอสร้างการพัฒนาที่สมดุลมีคุณภาพที่ยั่งยืนภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ และสถานการณ์ เพื่อพัฒนาจุดมุ่งหมายในการพัฒนาชนบท ทำให้ชุมชนเกิดการคิดแก้ปัญหาด้วยการพึ่งตัวเอง มีหลักการบริหารยึดการรู้จักการช่วยเหลือตนเอง รวมถึงการสนับสนุนให้ชุมชนเกิดการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นมาดำเนินการลงทุนในกิจกรรมที่เกิดดอกออกผล ซึ่งวิธีดังกล่าวเรียกว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท และตมนโยบายของรัฐบาล สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมชุมชน และศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่รับผิดชอบในเขตพื้นที่ต่างจังหวัด จึงทำให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาการว่างงานในชุมชนด้วยการสนับสนุนสร้างสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) หรือ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) และจากการดำเนินที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2539 จนถึงปัจจุบัน พบว่า การประกอบอาชีพอุตสาหกรรมชุมชน หรือธุรกิจชุมชนจะดำเนินงานเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัวที่ไม่มีลูกจ้าง ไม่มีสายงานการบังคับบัญชา บุคลากรมีเพียงสมาชิกและกรรมการบริการจัดการ ดังนั้น การบริหารจัดการจะสำเร็จได้ หากผู้นำธุรกิจและสมาชิกมีสัจจะ มีคุณธรรม มีความสามารถ และมีความเสียสละเท่านั้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมชุมชน, 2554) สอดคล้องกับ พาชัยยุทธ ราหุจะ (2549 : 1) ได้กล่าวถึง ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาที่ชี้ถึงแนวทางการดำรงชีวิตของประชาชนในทุกระดับครอบครัวระดับชุมชนถึงภาครัฐทั้งในการพัฒนาและบริหารประเทศให้ดำเนินการต่อไป บนเส้นทางการเรียนรู้ที่พึ่งพาตนเอง ที่จะก่อให้เกิดความเข้มแข็งภายในชุมชน

ปี พ.ศ. 2554 สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมชุมชน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมได้รับนโยบายจากภาครัฐให้มุ่งเน้นการพัฒนาที่จะสร้างสรรค์ธุรกิจชุมชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์วัฒนธรรมภูมิปัญญาท้องถิ่นก่อให้เกิดชุมชนสีเขียว จึงได้กำหนดแผนงานการพัฒนาธุรกิจชุมชนให้ราษฎรและ

ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมชุมชนมีองค์ความรู้ เกี่ยวกับหลังการดำเนินธุรกิจที่มีคุณภาพการผลิต การบริหารการจัดการทางการตลาด และประสานการลงทุนในท้องถิ่นจากหน่วยงานภาคเอกชน หรือหน่วยงานเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง ร่วมทำงานแบบบูรณาการในการมีสวนร่วมพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท เสริมสร้างเศรษฐกิจชุมชน ให้ก้าวสู่ความเจริญที่ยั่งยืน สอดคล้องกับ ถนอมยศ ไผ่เจริญ (2554) ได้กล่าวถึง การพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท ในภารกิจของสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมชุมชน ถือเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ หากไม่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมท้องถิ่น ไม่มีการม่งเมริมพัฒนาให้ราษฎรหรือผู้ประกอบการอุตสาหกรรมชุมน รู้จักการหาเลี้ยงชีพ การสร้าเศรษฐกิจภูมิภาคแล้ว ในที่สุดประเทศชาติอาจไม่พัฒนา ดังนั้นหัวใจหลักของการบริหารการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท คือการพัฒนาระบบบริหารให้เอื้อต่อการเทคโนโลยีใหม่ๆมาประยุกต์ในการทำสินค้าได้หลายหลายมากขึ้น ทำให้ผู้ผลิตมีรายได้มากขึ้นหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คืออำนวยการให้ประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมสูงขึ้นสามารถสร้างผลผลิตได้มากขึ้น และกระบวนการหนึ่งคือ การบริหารจัดการให้มีการใช้เครื่องไม้เครื่องมือที่ง่ายหาได้ในท้องถิ่นราคาไม่แพงสามารถทำการผลิตแทนคน หรือใช้การผลิตใหม่ๆ ที่คิดค้นโดยผู้คนในประเทศ หรือในท้องถิ่นสร้างการผลิตอุตสาหกรรมให้มีการผลิตเร็วขึ้น หรือผลิตสินค้าแปลกใหม่ที่ผู้ผลิตรายอื่นไม่สามารถผลิตได้หรือยังคิดไม่ถึงทำให้ยังไม่มีการผลิตที่จะมาแข่งขัน อย่างไรก็ตามการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท อาจเกิดปัญหาได้เนื่องจากชุมชนละเลยธุรกิจภาคการเกษตรกรรมหรือให้ความสำคัญน้อยลง โดยเฉพาะการเน้นการส่งเสริมเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อผลิตอุตสาหกรรมบางประเภทเป็นการเฉพาะด้าน ซึ่งต้องห้ทรัพยากรและเงินลงทุนมากมายก็จะเกินกำลังลงทุนของผู้ลงทุน อันเป็นหน้าที่ของนักบริหารต้องใช้ดุลพินิจและการตัดสินใจอย่างรอบครอบในปัญหาดังกล่าว เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อทุกฝ่ายและที่สำคัญอย่างยิ่งคือประเทศชาติ ควรได้รับประโยชน์สูงสุดจากการตัดสินใจด้วย

การศึกษาสภาพทั่วไปของการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบทตั้งแต่อดีตที่ผ่านมาจนถึงยุคปัจจุบัน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (255) ได้นำเสนอว่า การพัฒนาความสามารถของออุตสาหกรรมชนบทเพื่อเพิ่มขีดความสามารถประกอบด้วย

1. การจัดการองค์ความรู้ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเป็นแนวคิดการจัดการสมัยใหม่ที่มองคนในอง๕การเป็นสินทรัพย์อันมีค่าเนื่องจากกระแสยุคโลกาภิวัตน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วองค์กรต้องมีการปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงทำให้คนในองค์กรต้องเป็น Knowledge Worker คือ ต้องทำงานได้เอกอย่างรอบด้าน สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีความมุ่งมั่นต่อองค์กร และทำงานอย่างมีเป้าหมาย องค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงขององค์กรนี้จะต้องเป็นคนที่มีสมรรถนะสูงเพื่อที่จะสามารถอยู่รอดได้ในภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วนั่นคือ องค์กรต้องมีความสามารถสร้างความเปรียบแปรงในการแข่งขัน

2. การบริหารการผลิตในปัจจุบันการแข่งขันของธุรกิจอุตสาหกรรมชนบททวีเพิ่มมากขึ้นขอบเขตการแข่งขันขยายตัวจากการแข่งขันรับท้องถิ่น ไปสู้ระดับประเทศ ไปสู่ระดับนานาชาติ การติดต่อสื่อสารที่โยงใยโลกให้ใกล้กันทำให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสินค้าและบริการที่หลากหลายและมีทางเลือกมากยิ่งขึ้น ดังนั้นคุณภาพการผลิตสินค้าจึงต้องพยายามปรับปรุงเพิ่มคุณภาพพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ดึงดูดลูกค้ามากยิ่งขึ้น โดยการผลิตที่จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบจากต่างประเทศซึ่งมีราคาถูกกว่าวัตถุดิบภายในประเทศอาจมีการย้ายฐานผลิตเพื่อไปยังแหล่งวัตถุดิบที่ถูกกว่าเพื่อลดต้นทุนการผลิต หรือเพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของการกีดกันทางการค้า การสร้างกลยุทธ์การรวมตัวทางธุรกิจในปัจจุบันการดำเนินธุรกิจมีลักษณะเป็นเครือข่าย (Network) ที่เชื่อมโยงกัน

ตั้งแต่งผู้ขายผู้ผลิตผู้จัดจำหน่ายผู้ค้าส่งผู้ค่าปลีกจนถึงลูกค้าที่เป็นผู้ใช้การรวมตัวภายในอุตสาหกรรมเดียวกัน

3. การบริหารการตลาดอุตสาหกรรมชนบท ในปัจจุบันตอบสนองเพียงความต้องการภายในประเทศหรือตลาดท้องถิ่นเท่านั้น ยังขาดความรู้ความเข้าใจในด้านการตลาดอันจะนำไปสู่การขยายธุรกิจส่งออไปสู่ตลาดอื่นที่กว้างขึ้นอีกทั้งยังขาดความรู้และความเข้าใจในด้านกลยุทธ์ทางการตลาดที่เหมาะสมในการแข่งขันกับคู่แข่งรายอื่นๆ และจากที่อุตสาหกรรมมีการแข่งขันกันมาก แนวความคิดต่างๆด้านการบริหารและการพัฒนาองค์กร จึงเริ่มมีบทบาทต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม เช่น การดัดแปลงสินค้าให้มีเอกลักษณ์ที่แตกต่างออกไปจากคู่แข่ง โดยการสร้างความแปลกความแตกต่างในตลาดจากคู่แข่งเพื่อให้มูลค่าที่เหนือกว่าอย่างชัดเจน สิ่งสำคัญที่จะช่วยทำให้อุตสาหกรรมชนบทคือการสร้างช่องทางตลาดในการผลิตที่สูงขึ้นสามารถแข่งขันกับผู้อื่นได้

4. การทรัพยากรมนุษย์ในอุตสาหกรรมนับเป็นปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบสำคัญหรือถือว่าเป็นปัจจัยที่เป็นส่วนประกอบสำคัญหรือถือว่าเป็นหัวใจของความสำเร็จขององค์กร เพราะเป็นผู้ออกแบบประดิษฐ์คิดค้นดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือเทคโนโลยีต่าง ๆ ปัจจัยหลักที่จะทำให้องค์กรธุรกิจอุสาหกรรมชุมชนสามารถแข่งขันได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางต้นทุนมนุษย์หรือทำให้เกิดการวางแผนในการนำพาธุรกิจไปสู่เป้าหมายได้

5. การพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรม คือการนำเทคนิคการจัดการสมัยใหม่เข้ามาตลอดจน เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้เงินลงทุนสูงโดยใช้แรงงานจำนวนเท่าเดิม และข้อจำกัด ในการพัฒนา เทคโนโลยีของประเทศไทย 2 ประการใหญ่ๆ คือ ข้อจำกัดทางด้านนโยบายเศรษฐกิจและข้อจำกัดทางด้านโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปัจจุบันเป็นยุคของการใช้เทคโนโลยี ที่ปรับให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม มีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมากมายอีกทั้งยังมีความยุ่งยาก และสลับซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกัน การตลาดของผลิตภัณฑ์ มีการแข่งขันสูงขึ้น ทำให้ต้องเน้นประสิทธิภาพของการผลิตระบบเทคโนโลยี จึงกลายเป็นเครื่องมือที่จะปรับปรุงความสามารถขององค์กรในการทำงานให้ดีขึ้น และช่วยอำนวยความสะดวก ให้แก่ผู้ประกอบการอุตสาหกรรม ดังนั้นถ้าผู้ประกอบการ สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ภายใต้สภาวะการแข่งขันในโลกปัจจุบันได้แล้วก็จะสามารถทำให้ผู้ประกอบการ สามารถพัฒนาองค์กรเพื่อนำไปสู่การแข่งขันทางอุตสาหกรรมได้ต่อไป

6.การบริหารการเงิน เป็นความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสภาพสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในยุคปัจจุบัน รวมทั้งระบบโลกาภิวัตน์ได้ก่อให้เกิดช่องว่างทางการค้าอย่างมากมาย และอุตสาหกรรมชนบทในประเทศไทยจำนวนมาก ไม่มีการจัดการด้านการเงินและการบัญชีในองค์กรอย่างเป็นระบบ ไม่มีการกำหนดนโยบายหรือการวางแผนการใช้เงินอย่างถูกวิธี ดังนั้นการบริหารการเงินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความอยู่รอดเพราะจะช่วยให้การดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมชุมชนเกิดสภาพคล่อง ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมชุมชุนมีวิสัยทัศน์จะต้องพยายามที่จะกำหนดนโยบาย การจัดการด้านการเงินการลงทุนในแผนธุรกิจ ขององค์กรอย่างเข้มงวด และต้องมีการใช้ทรัพยากรส่วนนี้อย่างมีประสิทธิภาพมาที่สุดรวมถึงการใช้แนวทางต่าง ๆ ด้านการเงินและการบัญชี มาช่วยในการบริหารจัดการ

จากข้อมูลดังกล่าว สรุปได้ว่า การศึกษาถึงสภาพทั่วไปของอุตสาหกรรมชนบทเพื่อใช้เป็นแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท ให้ประสบความสำเร็จตามเจตนารมณ์นั้น จะเป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการและการดำเนินการในรูปแบบขององค์กรประชาชนเพื่อให้ ประชาชนในหมู่บ้านช่วยเหลือตนเองและสนับสนุนให้หมู่บ้านเกิดการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นมาดำเนินการลงทุน

ในกิจการที่เกิดดอกออกผล สอดคล้องตามแนวความคิดของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม เสนอว่า การพัฒนาความสามารถของอุตสาหกรรมชนบท เพื่อเพิ่มความสามารถประกอบด้วย 6 ด้านได้แก่ การจัดการองค์ความรู้ของผู้ประกอบการ การบริหารการผลิต การบริหารการตลาด การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ การพัฒนาเทคโนโลยีและการบริหารการเงิน ซึ่งจะช่วยให้อุตสาหกรรมชนบทไทยมีความยั่งยืนได้ต่อไปในอนาคต

2.3.5 แนวคิดเกี่ยวกับอุตสาหกรรมชนบทและการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท

แนวคิดของอุตสาหกรรมชนบทในอดีต จะเป็นการนำวัสดุที่เหลือใช้หรือวัตถุดิบในชนบทที่ถูกทิ้งโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เพื่อเก็บไว้ใช้ภายในครอบครัว และแลกเปลี่ยนกันในชุมชน จนต่อมาภาครัฐได้ให้การส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบทที่สามารถต่อสู่กับภาวการณ์แข่งขันทางเศรษฐกิจ การแข่งขันทางการตลาดสู่ตลาดต่างประเทศ ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ว่า อุตสาหกรรมชนบท หมายถึงอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่อิงศักยภาพของชนบท เช่น วัตถุดิบ แรงงาน ประกอบกิจการ ฯลฯ อันเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของคนในชุมชนในกระบวนการพัฒนา ก่อให้เกิดการเรียนรู้โดยการส่งเสริมความเข้มแข็งของสถาบันครอบครัว และชุมชนในการพัฒนาเศรษฐกิจ (โครงการพัฒนาชนบท) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุการดา ภมรศิลปะธรรม (2543) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอุตสาหกรรมที่อยู่นอกเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ให้ความหมายว่าอุตสาหกรรมชนบทหมายถึง อุตสาหกรรมที่อยู่นอกเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล ที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติและท้องถิ่น ใช้ความชำนาญ ความคิดสร้างสรรค์และเงินทุนเพื่อผลิตสินค้า โดยใช้เทคโนโลยีอย่างง่าย การสนับสนุนการตลาด สาธารณูปโภค การขจัดปัญหาอุปสรรคและกลยุทธ์เพื่อการส่งเสริมอุตสาหกรรมที่มีอยู่เดิม ซึ่งแบ่งอุตสาหกรรมชนบทออกเป็น 3 ประเภทคือ

(1) อุตสาหกรรมครัวเรือนและหัตกรรม

(2) อุตสาหกรรมการเกษตร

(3) อุตสาหกรรมขนาดย่อมและงานวิจัยของจำแนก แรกพินิจ (2550) ได้กล่าวถึงวิสาหกิจชุมชน ว่าถ้าเป็นชุนที่มีการวางระบบข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถจำแนกทรัพยากรและผลผลิต ภูมิปัญญาในชุมชน สำรวจรายจ่ายของชุมชนได้ในระดับหนึ่ง ชุมชนจะเรียนรู้จากข้อมูลเหล่านี้ได้ว่า ควรจะมีวิสาหกิจชุมชนหรือธุรกิจอุตสาหกรรมลักษณะใด ระดับไหนที่ช่วยป้องกันเงินไหลออกจากชุมชน เช่น ระดับครอบครัว ชุมชน และเครือข่าย

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า อุตสาหกรรมชุมชนเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ทรัพยากรในท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบแรงงานและองค์ความรู้ ความชำนาญของราษฎรในท้องถิ่น ในการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนให้มีความสามารถในการแข่งขัน และสร้างความเข้มแข็งของชุมชน

การพัฒนาอุตสาหกรรมชนบทให้สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างยั่งยืน โดยการสนับสนุนส่งเสริมขีดความสามารถของชุมชนในด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อวางแผนดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการใช้ภูมิปัญญาและทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการพัฒนาศักยภาพของชุมชน ผู้นำชุมชนควรให้ชุมชนร่วมคิดร่วมทำ มุ่งเน้นความสามารถในการบริหารจัดการมากว่าให้เงินไปดำเนินการ (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2544) สอดคล้องกับ วิฑูรย์ สิมะโชคดี (2554) ได้กล่าวถึงการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท ที่จะสามารถประสบความสำเร็จได้นั้น ชาวชุมชนท้องถิ่น ต้องมีจิตอาสาในการสร้างสรรค์ผลงาน ที่จะสืบสานวัฒนธรรมในท้องถิ่นด้วยการเสริมสร้างให้ชุมชนคิดเป็น ทำเป็น รู้รอบด้านที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมให้ยืดมั่นในการประกอบกิจการ

ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยกระดับเป็นอุตสาหกรรมสีเขียว และโฆสิต ปั้นเปี่ยมรัษฎ์ (2554) กล่าวว่า ในอดีตที่ผ่านมา การพัฒนาอุตสาหกรรมชนบทเป็นการประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมที่ดำเนินการอยู่เพียงแค่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล หรือเมืองใหญ่ในแต่ละภูมิภาค ทำให้ราษฎรในชนบทอพยพเข้ามาทำงานในเมืองหลวง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสังคมตามมาอีกมากมาย อาทิเช่น การจราจรติดขัด ชุมชนแออัด มีมลพิษ ปัญหาอาชญากรรม รวมถึงความเหลื่อมล้ำของรายได้ในเมืองกับชนบท หลังจากเหตุการณ์วิกฤตเศรษฐกิจปี พ.ศ.2540 รัฐบาลมีนโยบายให้พัฒนาท้องถิ่นชนบทให้เป็นแหล่งจ้างงาน เพื่อลดการอพยพของราษฎรเข้าสู่เมืองหลวง จะเห็นได้จากการสนับสนุนโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) โครงการสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมชนบท (อสช.) ได้กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2540-2544) ต่อเนื่องมาจนถึงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 มุ่งเน้นการพัฒนาชนบท โดยกำหนดไว้เป็นยุทธศาสตร์การสร้างความเข้มแข็งของชุมชนและสังคมให้เป็นรากฐานที่มั่นคงของประเทศ ให้ความสำคัญในการสร้างความมั่นคงของเศรษฐกิจชุมชน (สำนักคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2549) วิทยากร เชียงกูล (2550) ศึกษาไว้ว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมชนบทด้วยการยึดถือชุมชนเป็นศูนย์กลาง การตัดสินใจและกิจกรรมทางเศรษฐกิจการเมืองวัฒนธรรมใดที่ทำให้ได้ในท้องถิ่น ต้องทำในระดับท้องถิ่นโดยมีส่วนร่วมของประชาชนโดยตรง ซึ่งสิทธิชุมชนท้องถิ่นจะได้รับการดูแลอย่างเหมาะสม การเป็นเจ้าของ ผู้ควบคุมทรัพยากรและทรัพย์สินที่ใช้ในการผลิตทางเศรษฐกิจ การออกกฎหมายในระดับท้องถิ่น การพึ่งตนเองได้ในการใช้แรงงานและทรัพยากรท้องถิ่น เพื่อลดการพึ่งพิงคนภายนอกและคนในชุมชนท้องถิ่นต้องควบคุมการผลิตได้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งเน้นการผลิตและบริโภคในระดับท้องถิ่น

2.3.6 จิตวิทยาสี และจิตวิทยาผู้บริโภค

2.3.6.1 จิตวิทยาของสี

สีมีอิทธิพลต่อมนุษย์มาก สีเป็นเหตุให้เกิดอารมณ์เปลี่ยนแปลงได้หลายอารมณ์ การใช้สีคล้อยตามไปกับหน้าที่และประโยชน์ใช้สอยของสถานที่นั้นๆ ทาให้สีมีประสิทธิภาพมากขึ้นในบางเวลา สีช่วยแก้ความรู้สึกบกพร่องต่างๆ ได้ด้วย

(1) ความรู้สึกของสีที่ให้ปฏิกิริยาต่อความรู้สึกของมนุษย์โดยตรง

สีเทา	ให้ความรู้สึก	เคร่งขรึมสุภาพเป็นผู้ดีเรียบร้อย
สีดำ	ให้ความรู้สึก	ลึกลับ มืด ทุกข์โศก บาป
สีขาว	ให้ความรู้สึก	สะอาด บริสุทธิ์ ปราศจากมลพิษ
สีแสด	ให้ความรู้สึก	ตื่นเต้น เร้าใจ สนุก อันตราย
สีเหลือง	ให้ความรู้สึก	เปรี้ยว ร่าเริง ดีใจ อำนาจ
สีแดง	ให้ความรู้สึก	มั่งคั่งสมบูรณ์ความสวยความสุข
สีน้าเงิน	ให้ความรู้สึก	สุภาพ ถ่อมตน หนักแน่น
สีม่วง	ให้ความรู้สึก	ความรัก ความเศร้า
สีเขียว	ให้ความรู้สึก	ร่าเริง สดชื่น กระชุ่มกระชวย

(2) จิตวิทยาการใช้สี สีเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นสิ่งกระตุ้นความสนใจของมนุษย์ และยังเป็นสิ่งที่ทางด้านของนักวิทยาศาสตร์ได้พยายามค้นคว้าวิจัยจนได้พบว่า สีที่เกิดจากคลื่นแสงซึ่งมีความยาวและความสั่นสะเทือนแตกต่างกันจึงทาให้มีสีและความเข้มไม่เหมือนกันสีต่างๆ ส่งผลต่อมนุษย์ทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจอวัยวะถ่ายทอดการมองเห็นสีจะส่งความรู้สึกต่อลงไป

สมองและจิตใต้สานึกของมนุษย์ ทาให้เกิดความรู้สึกเกี่ยวกับสี ความรู้สึกที่เกิดจากสีอาจแตกต่างกันในแต่ละบุคคลและอาจเกี่ยวเนื่องกับสัญลักษณ์ที่มีอยู่ในคุณสมบัติของแต่ละสีรวมทั้งธรรมชาติของบุคคล และทางด้านประสบการณ์ในเรื่องสีที่ได้รับโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ สีในด้านจิตวิทยาถือว่า เป็นสิ่งเร้าทาให้เกิดความรู้สึกตอบสนอง ขบวนการของสิ่งเร้าจะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์และพฤติกรรมของมนุษย์ ในทางทฤษฎีสีแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 2 กลุ่ม คือ สีร้อน (Warm color tone) เป็นสีที่ดึงความรู้สึก มีความสะดุดตาเมื่อมองเห็น เป็นสีที่ให้ความรู้สึกร่าเริงสดชื่น ส่วนสีเย็น (Cool color tone) เป็นสีที่ไม่ดึงดูดความรู้สึก แต่ให้ความรู้สึกสบายตาเมื่อมองเห็นและรู้สึกสงบเยือกเย็น สามารถมองได้นานโดยไม่ระคายเคือง

(3) อิทธิพลของสีที่มีต่อความรู้สึกของมนุษย์โดยทั่วไป

สีที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์แบ่งเป็นสกลุใหญ่ๆ โดยทั่วไปได้ดังนี้

(3.1) สีแดง จัดอยู่ในกลุ่มสีร้อนเป็นสีที่มีอำนาจและดึงดูดสายตามากที่สุดจะให้ความรู้สึกจริงจัง ตื่นเต้น เร้าใจและร้อนแรง รุนแรง กล้าหาญ สีแดงที่ดูกระด้างแสดงความสูงส่ง ภูมิฐานมั่นคงและมีอำนาจ ในทางด้านอุตสาหกรรมในโรงงานใช้เป็นสีที่แสดงความหมายเกี่ยวข้องกับอันตราย การห้าม การระมัดระวัง การใช้สีแดงในการผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อยอาจทาให้ผลิตภัณฑ์ดูเด่นขึ้นมาได้ สีแดงอ่อนให้ความรู้สึกร่าเริง

(3.2) สีเหลือง จัดอยู่ในกลุ่มสีร้อนหรือสีเย็นก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเข้มและความแรง เป็นสีที่มีความจ้ามากให้ความรู้สึกสดชื่น ร่าเริง มีชีวิตชีวา สีเหลืองอ่อนมีลักษณะเด่นสะอาดสีเหลืองทองดูกระปรี้กระเปร่า ถ้าเติมสีแดงเข้าไปเล็กน้อยจะเป็นสีที่น่าดูและพึงพอใจ และเป็นสีที่มองเห็นได้อย่างชัดเจนทั้งกลางแจ้งและในที่มืด เป็นแม่สี ที่ให้ความสะดุดตาง่ายต่อการจดจา

(3.3) สีน้าเงินจะอยู่ในกลุ่มสีเย็นแสดงความรู้สึกสงบเยือกเย็นและทาให้เกิดสมาธิ แสดงความเป็นผู้ใหญ่ สง่า สีน้าเงินเข้มทาให้เกิดความรู้สึกถึงความไม่สิ้นสุด สีน้าเงินอ่อนให้ความรู้สึกว่างเปล่าหรือความฝันสีน้าเงินอมเขียว สามารถให้ความรู้สึกตื่นเต้นและเมื่อใช้ร่วมกับสี ขาวจะทาให้รู้สึกสดชื่นและสะอาด

(3.4) สีม่วง จัดอยู่ในกลุ่มสีร้อนหรือสีเย็นก็ได้ ขึ้นอยู่กับความแรงของตัวสีเองที่ให้ความรู้สึก ลึกลับ เยือกเย็นเศร้าสร้อย สีม่วงอ่อนให้ความรู้สึกตื่นเต้นและมีอำนาจในทางลึกลับทาให้เกิดความรู้สึกง่วง ความทรงจา

(3.5) สีส้ม จัดอยู่ในกลุ่มสีร้อนเป็นสีที่สดใสจะมองเห็นได้ไกลให้ความรู้สึกที่ดึงดูด ระมัดระวัง ถ้านามาใช้กับผลิตภัณฑ์จะทาให้ดูสะอาด เบาขึ้น

(3.6) สีชมพู จัดอยู่ในกลุ่มสีร้อน เป็นสีอ่อนหวานดูนุ่มนวล และให้ความรู้สึกร่าเริง บริสุทธิ์ ไร้เดียงสา เกียรติยศ เป็นสัญลักษณ์ของผู้หญิงและความรัก ไม่มีอุปสรรค์

(3.7) สีฟ้า จัดอยู่ในกลุ่มสีเย็น จะให้ความรู้สึกสว่างสดใสและมีอิสระไม่มีขอบเขตเป็นสัญลักษณ์ของทองฟ้า อากาศ สีน้าทะเลแสดงความชุ่มชื่น ความเย็น

(3.8) สีน้าตาล จัดอยู่ในกลุ่มสีร้อนให้ความรู้สึกเป็นกลาง แสดงถึงความอบอุ่นทาให้เกิดความรู้สึกแห้งแล้ง เศร้าสลด

(3.9) สีขาว แสดงความบริสุทธิ์ สะอาด สงบ ดูว่างเปล่าไม่สิ้นสุด จะแสดงถึงไม่มีทางออก ทางแทรกเข้าไปได้ เมื่อใช้ร่วมกับสีน้าเงินทาให้ดูสดชื่น สะอาด

(3.10) สีเทา เป็นสีกลางๆ แสดงความภูมิฐาน ผู้ดี ดูเคร่งขรึม ลังเล ไม่มีกาลัง ให้ความรู้สึกสงบเย็น ความซีดของสีเทาสะท้อนถึงความกลัว ความเก่าแก่และเริ่มนาไปสู่ความ

ตาย ความเบื่อหน่ายอืดอัด โดยความรู้สึกของคนทั่วไป สีเทาเข้มเป็นสีของความเก่าแก่สกปรก สีเทาทาให้เกิดความกลมกลืนกับสีอื่นๆ ดูแล้วสบายตา เป็นสีระหว่างสีขาวสีดาใช้ลดความจ้าของสีขาวและความลึกลับของสีดา

(3.11) สีดา เป็นสีที่แสดงความมืดและแน่นทึบ ให้ความรู้สึกหดหู่ ลึกลับ หนักแน่น มั่นคง แข็งแรง สีดาเป็นสัญลักษณ์ของความตาย ความสิ้นหวัง ถ้าใช้สีดากับขาวในพื้นที่รวมกับสีอื่นๆ จะทาให้เกิดความกระปรี้กระเปร่า มีชีวิตชีวา ถ้าใช้กับผลิตภัณฑ์จะทาให้ดูแข็งแรงและทันสมัย โฉบเฉี่ยว น่าสนใจ

4 ผลของการใช้สีต่อผลิตภัณฑ์

(1) ความหนาแน่นของเนื้อสี

(1.1) สีอ่อน ทาให้ผลิตภัณฑ์ให้ใหญ่ขึ้นและอยู่ใกล้

(1.2) สีเข้ม ทาให้ผลิตภัณฑ์ดูเล็กลงและอยู่ไกล

(1.3) สีร้อน ทาให้ดูใกล้

(1.4) สีเย็น ทาให้ดูไกล

(2) น้าหนัก

(2.1) สีอ่อนและสีร้อน ทาให้ผลิตภัณฑ์ดูเบาขึ้น

(2.2) สีเข้มและเย็น ทาให้ผลิตภัณฑ์หนัก

(3) ความแข็งแรง

(3.1) สีร้อนที่มีความจ้ามาก จะทาให้ดูแข็งแรงมาก

(3.2) สีเย็น จะทาให้ดูแข็งแรงน้อย

(4) อุณหภูมิ

(4.1) สีร้อน ทาให้รู้สึกร้อน สดชื่น อบอุ่น

(4.2) สีเย็น ทาให้รู้สึกเย็น สงบ นอกจากนี้สีอ่อนจะดูดความร้อนน้อยกว่าสีเข้ม

(5) สีขาวเป็นสีที่สะอาดที่สุด

(5.1) สีขาว เป็นสีที่สะอาดที่สุด

(5.2) สีอ่อนเช่น สีเหลืองอ่อน สีแดงอ่อน เป็นต้น แสดงความสะอาดและถูกสุขลักษณะนุ่มนวล

5 เทคนิคการใช้สี หลักในการใช้กว้างๆ อยู่ 2 ประการ คือ การใช้สีกลมกลืนกันและการใช้สีตัดกัน

(1) การใช้สีกลมกลืนกัน การใช้สีให้กลมกลืน เป็นการใช้สีหรือน้าหนักของสีให้ ใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกันเช่นการใช้สีแบบเอกรงค์ เป็นการใช้สีสีเดียวที่มีน้าหนักอ่อนแก่หลาย ลาดับการใช้สีข้างเคียงเป็น การใช้สีที่เคียงกัน 2 - 3 สี ในวงสี เช่น สีแดง สีส้มแดง และสีม่วงแดง การใช้สีใกล้เคียงเป็นการใช้สีที่อยู่เรียงกันในวงสีไม่เกิน 5 สี ตลอดจนการใช้สีวรรณะร้อนและวรรณะเย็น (Warm tone colors and cool tone colors) ดังได้กล่าวมาแล้ว

(2) การใช้สีตัดกัน สีตัดกันคือสีที่อยู่ตรงข้ามกันในวงจรสี การใช้สีให้ตัดกันมีความจาเป็นมากในงานออกแบบ เพราะช่วยให้เกิดความน่าสนใจในทันทีที่พบเห็น สีตัดกันอย่างแท้จริงการใช้สีตัดกัน ควรคานึงถึงความเป็นเอกภาพด้วย วิธีการใช้มีหลายวิธี เช่น ใช้สีให้มีปริมาณต่างกัน เช่น ใช้สีแดง 20 เปอร์เซ็นต์ สีเขียว 80 เปอร์เซ็นต์ หรือใช้เนื้อสีผสมในกันและกันหรือใช้สี

หนึ่งสีใด ผสมกับสีคู่ที่ตัดกันด้วยปริมาณเล็กน้อย รวมทั้งการนาสีที่ตัดกันมาทาให้เป็นลวดลายเล็กๆ สลับกันในผลงานชิ้นหนึ่ง อาจจะใช้สีให้กลมกลืนกันหรือตัดกันเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งหรืออาจจะใช้พร้อมกันทั้ง 2 อย่าง ทั้งนี้แล้วแต่ความต้องการและความคิดสร้างสรรค์ของเราไม่มีหลักการหรือรูปแบบที่ตายตัว

2.3.6.2 จิตวิทยาผู้บริโภค

การเลือกซื้อของผู้บริโภคได้รับอิทธิพลจากกระบวนการทางจิตวิทยา 4 ประการ ได้แก่ การจูงใจ การรับรู้ การเรียนรู้ และความเชื่อและทัศนคติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) การจูงใจ (Motivation) ในทางจิตวิทยาเชื่อกันว่าการเกิดพฤติกรรมของมนุษย์ต้องมีสิ่งจูงใจเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความต้องการและเกิดพฤติกรรมต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการนั้น ดังนั้นการตลาดจึงพยายามที่จูงใจผู้บริโภค โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้บริโภคเกิดความต้องการในผลิตภัณฑ์ของตน โดยอาศัยสิ่งจูงใจทางการตลาด แต่การที่นักการตลาดจะจัดสิ่งกระตุ้นอย่างไรนั้นจาเป็นต้องศึกษาถึงความต้องการของมนุษย์ให้เข้าใจก่อน นักจิตวิทยาได้เสนอทฤษฎีการจูงใจของมนุษย์ไว้มากมาย แต่ทฤษฎีที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ได้แก่ ทฤษฎีการจูงใจของมาสโลว์ และทฤษฎี

การจูงใจของฟรอยด์ ทฤษฎีการจูงใจของมาสโลว์ (Maslow’s Theory of Motivation) มาสโลว์กล่าวว่าบุคคลจะมีลาดับขั้นของความต้องการ (Hierarchy of Needs) ที่สามารถเรียงลาดับความสำคัญจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้คือความต้องการของร่างกาย ความต้องการความปลอดภัย (Safety Needs) ความต้องการทางสังคมหรือความต้องการการยอมรับและความรัก (Social Needs) ความต้องการการนับถือ (Esteen Needs) และความต้องการประสบความสำเร็จสูงสุดในชีวิต (Self-Actualization Needs) ความต้องการของคนเราอาจจะเกิดขึ้นได้พร้อมๆ กันหลายขั้นตอน แต่ละบุคคลจะพยายามตอบสนองความต้องการที่สำคัญที่สุดหรือมากที่สุดก่อน เมื่อบุคคลได้สิ่งที่มาบาบัดความต้องการแล้วความจาเป็นในสิ่งนั้นก็จะหมดไป

ดังนั้นนักการตลาดจะต้องพยายามศึกษาถึงความต้องการในแต่ละขั้นตอนของมนุษย์แล้วนามาพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์ของบริษัทสามารถตอบสนองความต้องการอะไรได้บ้าง แล้วจึงได้ใช้เครื่องมือทางการตลาดเพื่อจูงใจผู้บริโภคให้เกิดความต้องการในผลิตภัณฑ์ของบริษัท เช่น สาหรับบุคคลที่ต้องการความปลอดภัยในการเดินทางโดยรถยนต์ รถยนต์ยี่ห้อ ซี. ได้ใช้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (สิ่งกระตุ้นทางการตลาด) ให้เพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่โดยใช้เทคโนโลยีจากอากาศยาน พร้อมกับการโฆษณา (สิ่งกระตุ้นทางการตลาด) ให้ผู้บริโภคได้รับทราบโดยหวังว่าผู้บริโภคจะเกิดความต้องการและซื้อรถยี่ห้อนี้

ทฤษฎีการจูงใจของฟรอยด์ (Freud’s Theory of Motivation)ฟรอยด์ค้นพบว่าพฤติกรรมของมนุษย์จะถูกควบคุมโดยความคิดพื้นฐาน 3 ระดับ ที่เรียกว่า อิด (Id) อีโก้หรืออัตตา (Ego) และซูเปอร์อิโก้หรือธิอัตตา (Superego) แล้วแต่ว่าบุคคลนั้น ๆ จะมีความคิดพื้นฐานในส่วนใดที่มีอิทธิพลมากที่สุด และโดยปกติบุคคลจะไม่ทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของตนเอง การที่นางสาวสุดสวยเปลี่ยนรถยนต์คันใหม่ที่มีรูปทรงปราดเปรียว และราคาแพง โดยให้เหตุผลว่าเพราะต้องการความปลอดภัยในการขับขี่ แต่ลึกลงไปเธออาจต้องการแสดงให้เห็นถึงฐานะความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของเธอด้วย และในส่วนลึกที่สุดนางสาวสุดสาวอาจซื้อรถคันนี้เพราะให้ความรู้สึกว่าตัวเองยังเป็นวัยรุ่น (อายุน้อยลง) และสามารถดึงดูดความสนใจของเพศตรงข้ามได้ดีดังนั้นนักการตลาดจึงอาจจัดทาการวิจัยเพื่อ วิเคราะห์ถึงสาเหตุหรือสิ่งจูงใจที่แท้จริงในการซื้อของผู้บริโภค โดยทาการเก็บข้อมูล

ในส่วนความรู้สึกลึกๆ ของผู้บริโภคกลุ่มเล็กๆ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า “Projective techniques” เพื่อที่จะดึงเอาอีโก้และซูเปอร์อิโก้ออกไป และให้กลุ่มตัวอย่างตอบความต้องการที่แท้จริง

(2) การรับรู้ (Perception) การรับรู้เป็นกระบวนการที่บุคคลเลือกจัดประเภท ตีความ และรับรู้ข้อมูลหรือสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ที่ได้พบเห็นหรือได้รับเมื่อผู้บริโภคได้รับสิ่งกระตุ้นจากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ไม่ว่าจะเป็นการได้เห็น ได้ยิน ได้กลิ่น การสัมผัส หรือได้ลิ้มรสก็ตาม ผู้บริโภคแต่ละคนจะเกิดการรับรู้และตีความข้อมูลด้วยความรู้สึกส่วนตัวของคนที่มีต่อลักษณะทางกายภาพของสิ่งเร้าความสัมพันธ์ของสิ่งเร้ากับสิ่งแวดล้อม และเงื่อนไขของแต่ละบุคคล (ประสบการณ์ในอดีต ตามปกติผู้บริโภคมักจะเลือกรับรู้เฉพาะสิ่งกระตุ้นที่ตรงกับความเชื่อหรือทัศนคติและเป็นสิ่งที่สอดคล้องกับความต้องการหรือการรับรู้ต่อตนเอง (Self Perception) ตนเท่านั้น และการรับรู้ของบุคคลจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคลนักการตลาดจะต้องระลึกว่าบุคคลจะเลือกรับรู้เฉพาะสิ่งที่สอดคล้องกับความต้องการและตรงกับการรับรู้ต่อตนเอง (Self Perception) ซึ่งการรับรู้ต่อตนเอง หมายถึงการที่ผู้บริโภครับรู้ต่อตนเองว่าเป็นอย่างไร

(3) การเรียนรู้ (Learning) การเรียนรู้เป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือประพฤติซ้ำในพฤติกรรมของผู้ บริโภค และมีผลเป็นอย่างมากต่อทัศนคติและความเชื่อของบุคคลนั้น ผู้บริโภคอาจเกิดการเรียนรู้จากพฤติกรรมการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นต่าง ๆ ด้วยตนเอง

ความเชื่อ (Beliefs)ความเชื่อเป็นความคิดของผู้บริโภคที่ยึดถือต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์ในอดีต ซึ่งความเชื่อเรื่องนี้อาจไม่มีเหตุผลก็ได้ เช่น การที่คนเชื่อว่า หากจะออกจากบ้านแล้วมีจิ้งจกร้องทักจะพบโชคร้ายจึงไม่ควรออกจากบ้านในวันนั้น หรือเป็นความเชื่อที่เกิดจากประสบการณ์ในการใช้สินค้าของตนโดยตรง เช่น เคยเชื่อมั่นว่าใช้มะกรูดสระผมแล้วดี และมีแชมพูยี่ห้อหนึ่งโฆษณาว่าผสมมะกรูดก็เลยลองซื้อมาใช้ (เพราะตรงกับความเชื่อเดิม) และปรากฏว่าใช้แล้วผมนุ่มและดกดาขึ้น ผู้บริโภครายนี้ก็จะเกิดความเชื่อถือในแชมพูยี่ห้อนี้ และอาจจะเชื่อไปถึงผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มาจากผู้ผลิตรายเดียวกันนี้ด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความเชื่อถือของผู้บริโภคจะมีผลเป็นอย่างมากต่อพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค ดังนั้นนักการตลาดจะต้องติดตามอยู่เสมอหากพบว่าผู้บริโภคมีความเชื่อถือในด้านลบต่อบริษัท หรือผลิตภัณฑ์ของบริษัท จะต้องดาเนินการแก้ไขความเชื่อที่ผิดพลาดนั้น

(4) ทัศนคติ (Attitude) ทัศนคติเป็นการประเมินที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในด้านบวกและลบ เกิดทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ในด้านความพอใจ หรือความไม่พอใจ เช่น เมื่อได้ทดลองสารสังเคราะห์ที่ให้ความหวานเหมือนน้าตาลแต่ให้แคลอรี่ต่ำกว่าน้าตาลยี่ห้อหนึ่ง แล้วชอบรสชาติแต่รู้สึกว่าราคาแพงเกินไปจึงไม่ซื้อมาใช้ จะเห็นได้ว่าทัศนคติจะมีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค นอกจากนี้ผู้บริโภคจะมีทัศนคติต่อสิ่งต่าง ๆ เสมอ เช่น ทัศนคติต่อศาสนา การเมือง เสื้อผ้า ดนตรี อาหาร และอื่น ๆ ซึ่งทัศนคติต่อสิ่งต่าง ๆ จะมีความเกี่ยวข้องกันเสมอ นักการตลาดจะต้องพยายามเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในทัศนคติของบุคคลแล้วมากกว่าจะพยายามเปลี่ยนทัศนคติของบุคคล เช่น การเสนอผลิตภัณฑ์ที่ไม่ขัดต่อกฎของวัฒนธรรมและสังคม นักการตลาดจาเป็นที่จะต้องศึกษาหลักเกณฑ์การตัดสินใจซื้ออันเป็นผลมาจากปัจจัยทางวัฒนธรรม สังคม ลักษณะส่วนบุคคล และลักษณะทางจิตวิทยา ปัจจัยเหล่านั้นมีอิทธิพลต่อนักการตลาด เนื่องจากมีประโยชน์ต่อการพิจารณาความสนใจของผู้ซื้อที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เพื่อนาไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ตัดสินใจด้านราคา จัดช่องทางการจัดจาหน่ายและส่งเสริมการตลาด ทาให้ผู้บริโภคเกิดทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์และบริษัท

2.3.7 ศึกษาข้อมูลพฤติกรรมของมนุษย์กับการออกแบบ

ในที่นี้จะเป็นการนาหลักการทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องกับขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการออกแบบและพัฒนา สาหรับการเขียนภาพเพื่อการนาเสนอผลงานทางการออกแบบโดยหลักใหญ่สาหรับการวิเคราะห์จะเน้นที่การสื่อสารให้ผู้รับสารนั้นสามารถเข้าใจกระบวนการคิดของนักออกแบบที่คิดอย่างเป็นกระบวนการโดยผ่านการนาเสนอในลักษณะของรูปภาพที่ง่ายต่อการเข้าใจเนื้อหาที่ผู้ออกแบบและพัฒนาต้องการที่จะนาเสนอแนวคิดการพัฒนา

มานุษยวิทยา (Anthropometry) คือ การศึกษาที่ว่าด้วยเรื่องของขนาดสัดส่วนมนุษย์ในมิติต่างๆที่มีความเกี่ยวพันกับร่างกายโดยรวม

สรีรศาสตร์ (Physiology) คือ การศึกษาที่ว่าด้วยเรื่องขีดความสามารถและข้อจากัดในการทางานของร่างกายมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ

ในการออกแบบโดยทั่วไปนั้นจะเป็นการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆรวมทั้งสภาพแวดล้อมเพื่อที่จะจะสนองความต้องการของมนุษย์และเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการทางานของมนุษย์เป็นการออกแบบที่อ้างอิงกระบวนการวิเคราะห์จากร่างกายของมนุษย์ในด้านขนาดของสัดส่วนเพื่อการออกแบบ (Ergonomic Design) สารับความหมายสั้นๆของคาว่าErgonomic Design นั้นมีคาจากัดความว่า “Fitting the Job to the Worker” หรือจากคาจากัดความสามารถสรุปประเด็นคือ “Human Engineering Factors” ซึ่งจะเป็นการดัดแปลงลักษณะของขนาดรูปร่างรูปทรงร่างกายมนุษย์ที่คาดว่าจะมีผลกระทบเมื่อใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะออกแบบพัฒนา มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการออกแบบ สามารถแยกรายคาตามภาษากรีก

จากความหมายของทั้งสองคาที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า “Ergonomic” หมายถึงการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเกี่ยวพันกันระหว่างคนและสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานหรือใช้งานผลิตภัณฑ์ ซึ่งในการศึกษานั้นจะอ้างอิงจากศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกันจานวน 2 ศาสตร์ความรู้ คือ การประยุกต์สภาพชีววิทยาของมนุษย์ (Human Biological Sciences) ร่วมกับวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Sciences) เพื่อที่จะให้เกิดการปรับเข้ากันได้อย่างมีความลงตัวอย่างเหมาะสมระหว่างบุคคลกับชิ้นงานผลิตภัณฑ์หรืองานที่ปฏิบัติ ทั้งนี้เพ่อให้เกิดผลในระยะสุดท้ายคือระดับของประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของมนุษย์และความสะดวกสบายของมนุษย์ได้อย่างเหมาะสมกับสรีระและพฤติกรรม

การออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีนั้นจะต้องมีข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับมนุษย์และสภาพความเป็นอยู่ของมนุษย์โดยมีความเกี่ยวข้องกับสภาพพื้นฐานทางร่างกายมนุษย์และสภาพสังคมสาหรับการนาไปสู่ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาอย่างมีหลักเกณฑ์

การนาลายเส้นเพื่อการออกแบบเข้ามาประยุกต์ใช้กับกระบวนการวิเคราะห์ทางด้านสรีระและขนาดสัดส่วนรวมถึงพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์นั้นจะช่วยให้นักออกแบบสามารถที่จะเข้าใจระยะวิกฤตของสรีระขนาดสัดส่วนต่างๆของมนุษย์ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบพัฒนาได้อย่างลึกซึ่งและชัดเจนในการพัฒนารูปแบบเพื่อให้ตอบนองกับร่างกายและพฤติกรรมของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยแยกปัจจัยดังนี้

ก. ช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจระยะวิกฤตและความเหมาะสมของสัดส่วนผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจนเพื่อกำหนดขนาดและรูปทรงที่รองรับสรีระส่วนนั้นๆที่กระทบต่อผลิตภัณฑ์

ข. ช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจพฤติกรรมท่าทางการใช้งานชิ้นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบพัฒนาอย่างเป็นกระบวนการและมีขั้นตอนอย่างเหมาะสมสอดคล้องกับพฤติกรรมโดยรวม

ค. ช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจถึงข้อจากัดในการออกแบบที่คาดว่าจะมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์ เช่น ระยะการบิดของข้อมือจะบิดได้ที่ระยะไม่เกิน 45 องศา เพื่อที่จะใช้กาหนดระยะการเหวี่ยงของข้อมือเพื่อประยุกต์ใช้กับลักษณะการจับชิ้นผลิตภัณฑ์ หรือการรับน้าหนักของข้อนิ้วมือและข้อมือซึ่งรับน้าหนักได้ไม่เกิน 20 กิโลกรัม ซึ่งหากเกินนี้จะทาให้เกิดการบาดเจ็บของเส้นเอ็นและข้อต่อต่างๆเพื่อประยุกต์ใช้กับลักษณะการหิ้วหรือถือสิ่งของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ฯลฯ

ง. ช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจถึงการพิจารณารูปทรงชิ้นผลิตภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับร่างกายภายนอกของมนุษย์ผู้ใช้งาน (กายภาพ)

จากกระบวนการที่พิจารณาทั้งหมดสามารถที่จะทาการสรุปรูปแบบเพื่อให้ผู้ออกแบบพัฒนาคำนึงถึงปัจจัยที่จะใช้เพื่อการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพมนุษย์ เพื่อเป็นตัวอย่างสาหรับการศึกษาและค้นคว้าให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นสามารถที่จะตอบสนองต่อร่างกายและพฤติกรรมของมนุษย์ได้มากที่สุด โดยสรุปเป็นตัวอย่างรายด้านอย่างคร่าวๆเป็นต้นแบบให้นักออกแบบพัฒนาเข้าใจกระบวนการวิเคราะห์เบื้องต้น ดังนี้

1. การวิเคราะห์ด้วยขนาดสัดส่วนตามมิติร่างกายมนุษย์
2. การวิเคราะห์ด้วยพฤติกรรมท่าทางมนุษย์
3. การวิเคราะห์ด้วยระยะวิกฤตต่างๆของมนุษย์
4. การวิเคราะห์ด้วยกายภาพร่างกายมนุษย์
5. การวิเคราะห์ด้วยระยะสบายและสุขภาพของมนุษย์

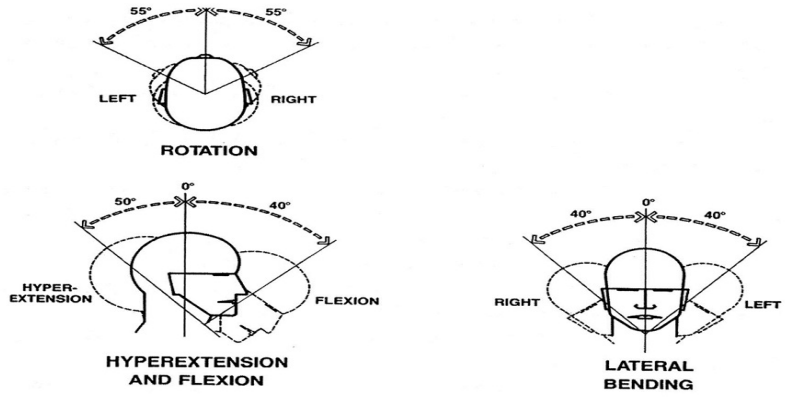
กระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นจะเป็นกระบวนการวิเคราะห์ที่ถือได้ว่าเป็นหัวใจหลักสาหรับ “การวิเคราะห์ฟังก์ชั่นการใช้งานกับมิติของมนุษย์” เนื่องด้วยเนื้อหาการวิเคราะห์จะมีความครอบคลุมการศึกษาสิ่งที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อมนุษย์ในด้านต่างๆอย่างชัดเจน

2.3.7.1 ข้อมูลของขนาดสัดส่วนของมนุษย์ในมิติต่างๆ

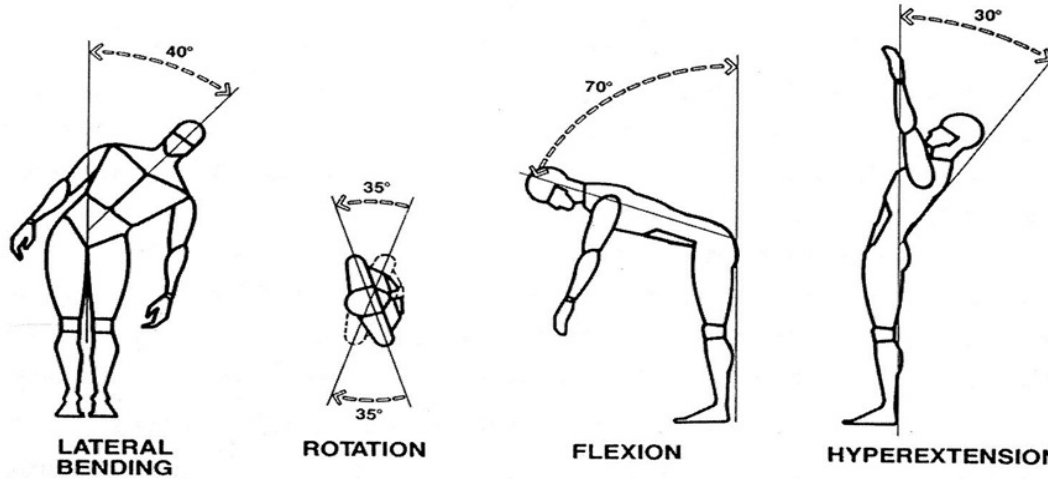
การศึกษาขนาดสัดส่วนของมนุษย์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยข้อมูลหลายส่วนเช่น ขนาดสัดส่วนของความสูงยืน (Standing Height = SH) ขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ในมิติต่างๆ (Critical Body Dimension) เช่น ความสูงนั่ง และความสูงจากนั่งถึงศอก เป็นต้น บางครั้งนักออกแบบต้องการข้อมูลสัดส่วนเฉพาะส่วนของร่างกายมนุษย์ (Anthropometry of special regions of the body) เช่น ขนาดสัดส่วนบริเวณศีรษะและใบหน้า หรือขนาดสัดส่วนของแผ่นหลัง มือ และเท้า เป็นต้น ดังนั้นนักออกแบบจำเป็นที่จะต้องเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะทำการศึกษาขนาดสัดส่วนของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์

เนื่องจากเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ได้มาจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของขนาดสัดส่วนมนุษย์จากงานวิจัยของประเทศไทย และตำราจากต่างประเทศในหลายปีที่ผ่านมา ดังนั้นข้อมูลทั้งหมดไม่ใช้ข้อมูลที่ล่าสุด แต่ผู้เขียนได้นำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งเพื่อประกอบการอธิบายเนื้อหาในบทนี้เท่านั้น นอกจากนั้นข้อมูลบางส่วนได้รวบรวมจากกลุ่มประชากรชาวต่างประเทศ ดังนั้นนักออกแบบจึงควรศึกษาข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ เพิ่มเติม ตลอดจนพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลดังกล่าวตามความเหมาะสม

2.3.7.2 การเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Axial skeleton) เป็นการเคลื่อนไหวที่เกิดบริเวณกระดูกสันหลัง (vertebral column) สามารถเคลื่อนไหวได้รายแบบคือ การงอ การงอที่เกินตำแหน่งปกติ การเหยียด การเหยียดที่เกินตำแหน่งปกติ การเอียงลำตัวไปด้วยข้าง และการบิดลำตัวไปทางซ้ายหรือทางขวา

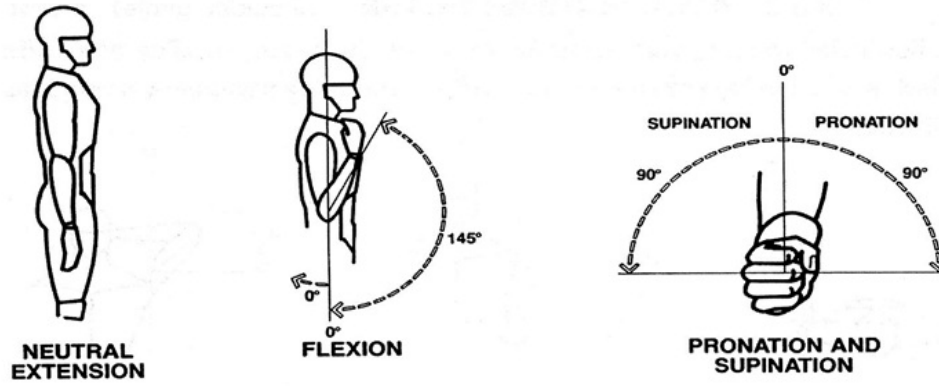


ภาพที่ 2.49 การเคลื่อนไหวของศีรษะ
ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 27)



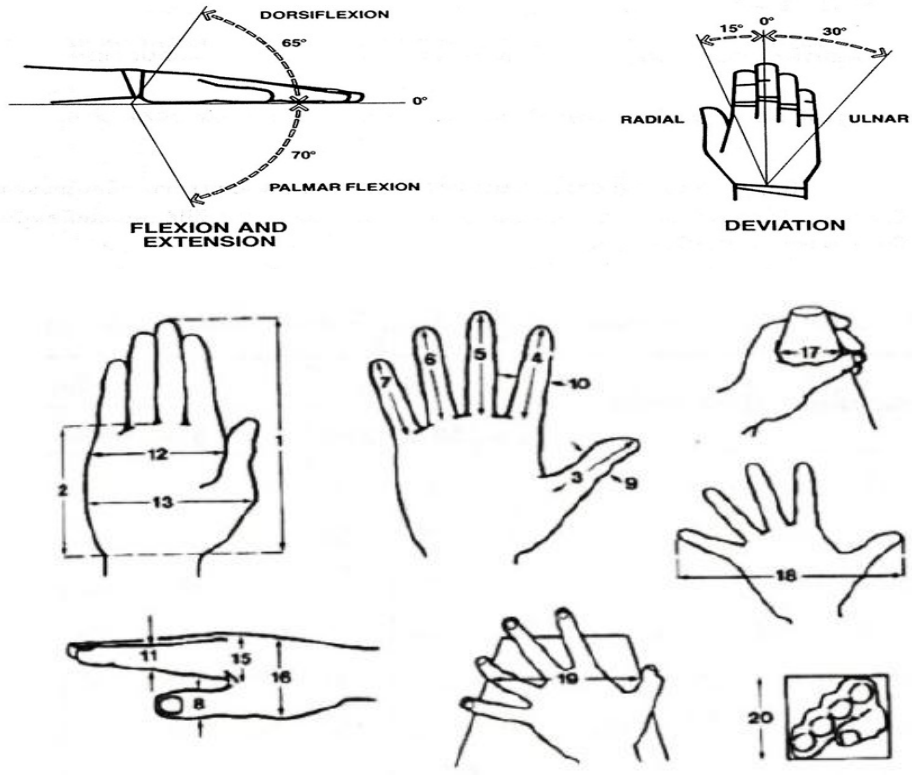
ภาพที่ 2.50 การเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Axial skeleton)
ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 27)

2.3.7.3 การเคลื่อนไหวของหัวไหล่ (Shoulder girdle) สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระรอบๆ แกนการเคลื่อนไหวทั้ง 3 แกน เช่น การงอ การเหยียด การกางหรือการบิดเข้าด้านใน การบิดออกข้างนอก การยกไหล่ขึ้น การยกไหล่ลง การหมุนควง การหมุนและการเอียงไหลขึ้น

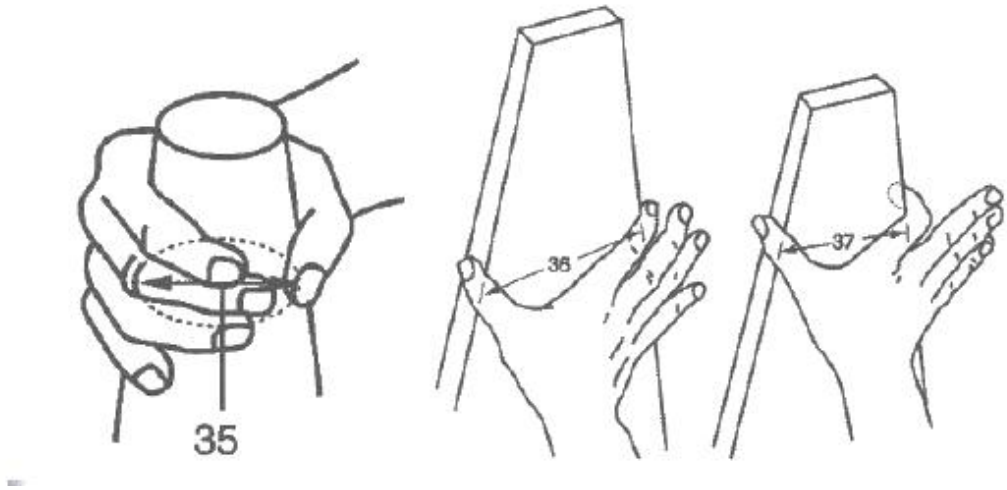


ภาพที่ 2.51 การเคลื่อนไหวของหัวไหล่ (Shoulder girdle)
ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 27)

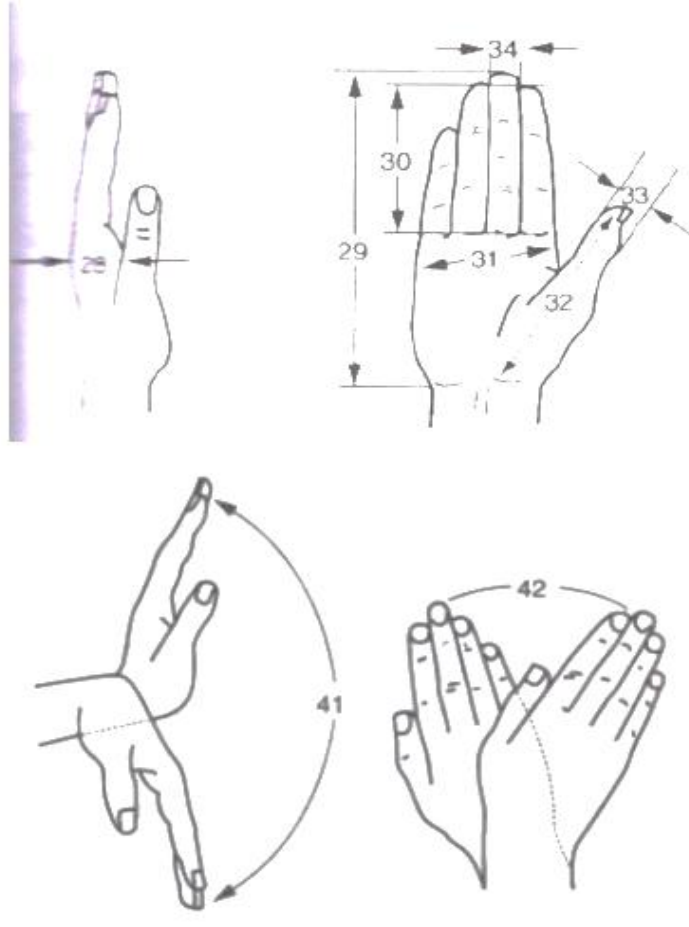
2.3.7.4 การเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ การเคลื่อนไหวที่ข้อมือ (Wrist joint) มีการงอ การเหยียด การกางออกและการหุบเข้า และที่นิ้วหัวแม่มือ (Carpometacarpal joint) มีการเคลื่อนไหวแบบกางออก การหุบเข้า การงอ การเหยียด การหุบเข้าเกินกว่าปกติ และการงอตรงกันข้าม



ภาพที่ 2.52 ภาพตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือและนิ้วมือในมิติต่างๆ
ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 27)



ภาพที่ 2.53 ภาพตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือในการจับวัตถุต่างๆ
ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 27)



ภาพที่ 2.54 ภาพตำแหน่งการวัดขนาดสัดส่วนของมือด้านหน้าและด้านข้าง
ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 27)

ตารางที่ 2.3 ค่าตัวเลขขนาดสัดส่วนของมือและนิ้วมือในมิติต่างๆ (หน่วยมิลลิเมตร)

ลำดับที่	ขนาดสัดส่วนและนิ้วมือ	ผู้ชาย				ผู้หญิง			
		5%	50%	95%	SD	5%	50%	95%	SD
1	ความยาวของมือ	173	189	205	10	159	174	189	9
2	ความยาวของฝ่ามือ	98	107	116	6	89	97	105	5
3	ความยาวของนิ้วโป้ง	44	51	58	4	40	47	53	4
4	ความยาวของนิ้วชี้	64	72	79	5	60	67	74	4
5	ความยาวของนิ้วกลาง	76	83	90	5	69	77	84	5
6	ความยาวของนิ้วนาง	65	72	80	4	59	66	73	4
7	ความยาวของนิ้วก้อย	48	55	63	4	43	50	57	4
8	ความกว้างของนิ้วโป้ง	20	23	26	2	17	19	21	2
9	ความกว้างของนิ้วกลาง	6	9	12.5	2	15	18	20	2
10	ความกว้างของนิ้วนาง	-13	-11	-8.4	1	16	18	20	1
11	ความหนาของนิ้วชี้	17	19	21	1	14	16	18	1
12	ความกว้างของฝ่ามือถึงข้อมือ	78	87	95	5	69	76	83	4
13	นิ้วโป้ง	97	105	114	5	84	92	99	5
14	ความกว้างของฝ่ามือที่แคบที่สุด	71	81	91	6	63	71	79	5
15	ความหนาของนิ้วมือ	27	33	38	3	24	28	33	3
16	ความหนาของมือ	44	51	58	4	40	45	50	3
17	เส้นรอบวงภายในมือขณะจับวัตถุ ความยาวสุดปลายนิ้วขณะกางนิ้วมือ	45	52	59	4	43	48	53	3
18	มือ	178	206	234	17	165	190	215	15
19	ระยะของนิ้วที่จับยึดได้ด้วยนิ้วโป้ง และนิ้วก้อย	122	145	162	12	109	127	145	11
20	ขนาดของนิ้วมือที่สามารถสอดผ่านพื้นที่สี่เหลี่ยม	56	66	76	6	50	58	67	5

ที่มา : ศิริพร ปีเตอร์. (2550 : 28)

2.3.7.5 หลักการใช้ขนาดสัดส่วนมนุษย์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีระบบการทำงานซึ่งควบคุมโดยมนุษย์หรือมีมนุษย์เข้าไปปฏิสัมพันธ์ร่วมด้วย นักออกแบบจะต้องทำการศึกษาขนาดสัดส่วนของมนุษย์ประกอบการออกแบบด้วย ซึ่งข้อมูลขนาดสัดส่วนของมนุษย์ได้ถูกศึกษาและรวบรวมขึ้นจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น ตาราเกี่ยวกับขนาดสัดส่วนของมนุษย์ หรือสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้น

นักออกแบบควรศึกษาข้อมูลและพิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสม โดยมีหลักการในการใช้ขนาดสัดส่วนของมนุษย์เพื่อการออกแบบ ดังนี้

(1) นักออกแบบจะต้องคัดสรรและเลือกใช้ขนาดสัดส่วนที่ปรากฏในเอกสารตามความเหมาะสม และพิจารณาเพิ่มขนาดสัดส่วนโดยรวมความหนาของรองเท้าประมาณ 2.5 – 10 เซนติเมตร หรือความหนาของเครื่องแต่งกาย เสื้อผ้าประมาณ 2.5 เซนติเมตร เข้าไปด้วย

(2) ผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีการใช้ร่วมกันทุกเพศและทุกวัย ไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยของขนาดสัดส่วนมนุษย์ได้ เพราะจะทำให้คนน้อยกว่าครึ่งที่สามารถใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.: 12) ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดขนาดสัดส่วนภายในรถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งมีผู้ใช้งานอายุตั้งแต่ 18 ขึ้นไป ดังนั้นการกำหนดขนาดสัดส่วนของการออกแบบผลิตภัณฑ์จึงต้องกำหนดค่าตัวเลขสูงสุดในการออกแบบจึงจะสามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม

(3) การออกแบบผลิตภัณฑ์บางประเภทสามารถใช้ค่าเฉลี่ยได้ เช่น การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานที่นักออกแบบจะกำหนด

(4) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีขนาดสัดส่วนกระชับกับขนาดสัดส่วนของมนุษย์ เช่น การออกแบบนาฬิกา ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงควรมีการปรับขนาดยาวตามขนาดของข้อมือของผู้ใช้ หรือออกแบบให้มีหลายขนาดซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม

กล่าวโดยสรุป การใช้ข้อมูลขนาดสัดส่วนของมนุษย์เพื่อการออกแบบ ควรพิจารณาร่วมกับประเภทของผลิตภัณฑ์และความต้องการในการใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่นำเสนอมาในบทที่ 2 เป็นเพียงส่วนหนึ่งซึ่งนักออกแบบสามารถนำไปพิจารณาประกอบการออกแบบได้ ถ้าต้องการขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย นักออกแบบควรทำการทดสอบการใช้งานก่อนสรุปเลือกขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์

2.4 ศึกษาข้อมูลศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ภาพที่ 2.55 ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีเดิมชื่อว่าศูนย์ปฏิบัติการและสาธิตด้านการควบคุมไฟป่า จัดตั้งขึ้นตามคำสั่งกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชที่ 587/2546 ลงวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ.2546 เป็นหน่วยงานสังกัดส่วนวิชาการด้านไฟป่าสำนักป้องกัน และควบคุมไฟป่า (ปัจจุบันคือส่วนควบคุมป่าที่ สำนักป้องกันและปราบปรามและควบคุมไฟป่า) โดยมีนาย ศิระจักร ชื่นสังข์ นักวิชาการป่าไม้ 7 ว ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยกกการศูนย์ปฏิบัติการและสาธิตการควบคุมไฟป่าคนแรก

วัตถุประสงค์ในการจัดตั้งศูนย์สาธิตการควบไฟป่า

1. เป็นศูนย์กลางถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีด้านการควบคุมไฟป่าอย่างครบวงจร
2. เป็นศูนย์กลางสาธิตรูปแบบการควบคุมไฟป่าอย่างครบวงจร
3. ศึกษาทดลอง วิจัย ค้นคว้า เพื่อแสวงหารูปแบบในการควบคุมไฟป่าจากทั่วประเทศ
4. ศึกษาวิเคราะห์สภาพปัญหาไฟป่าทั่วประเทศ เพื่อแสวงหารูปแบบในการควบคุมไฟป่าที่เหมาะสมในแต่ละภูมิภาค
5. ศึกษารูปแบบ และเทคนิคการควบคุมไฟป่าตามลักษณะภูมิปัญญาท้องถิ่น และการมีส่วนร่วมของชุมชน ในแต่ละภูมิภาค
6. ประสานงาน สนับสนุน หรือร่วมปฏิบัติงานกับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือที่ได้รับมอบหมาย

ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งอยู่บริเวณริมทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3199 สายกาญจนบุรี - ศรีสวัสดิ์ กิโลเมตรที่ 32 - 33 บริเวณ หมู่ที่ 1 ตำบลช่องสะเดา อำเภอเมืองจังหวัดกาญจนบุรี บริเวณพิกัด ทางภูมิศาสตร์ที่47 P 0524812 UTM 1578159 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประมาณ 500 - 1,100 เมตร ลักษณะภูมิอากาศมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง อากาศร้อนอบอ้าวในฤดูร้อน ส่วนฤดูหนาวไม่หนาวจัดยกเว้นบริเวณเทือกเขา อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด ประมาณ 16 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดต่อปี ประมาณ 40 องศาเซลเซียส –(ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย) ทั้งปี ประมาณ 900 มิลลิเมตร

ภาพที่ 2.56 บริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

จังหวัดกาญจนบุรี เป็นจังหวัดที่มีป่าไม้อุดมสมบูรณ์มาก ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง และป่าไม้ไผ่และไม้รวกจำนวนมาก สภาพเชื้อเพลิง ในฤดูแล้ง ป่าในจังหวัดกาญจนบุรี จะผลัดใบ ซึ่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จะเป็นใบไม้ กิ่งไม้ หญ้าแห้ง และใบไผ่กระจัดกระจายทั่วพื้นที่

ภาพที่ 2.57 ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้าแห้ง และใบไผ่บริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

ทรัพยากรสัตว์ป่าที่พบอาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ อาทิเช่นโขลงช้างป่า นกชนิดต่างๆ ชะนี สมเสร็จ กระทิง วัวแดง เสือ กระรอก ไก่ป่า เก้ง กวาง เป็นต้น เส้นทางคมนาคม - มีถนนหลวงสายหลักสายกาญจนบุรี - ศรีสวัสดิ์ ซึ่งเป็นถนนลาดยาง ใช้เป็นเส้นทางตรวจหาไฟได้ - ถนนเส้นทางลาดตระเวนใช้ถนนสายกาญจนบุรี - ศรีสวัสดิ์ และถนนทางเข้าหมู่บ้านส่วนใหญ่เป็นถนนลูกรัง - เส้นทางลำเลียงพนักงานเข้าดับไฟ ใช้ถนนสายกาญจนบุรี - ศรีสวัสดิ์ ถนนเข้าหมู่บ้านและทางน้ำโดยใช้เรือลำเลียงพนักงานดับไฟ ตามแม่น้ำแควใหญ่ ข้ามฝั่งไปดับไฟ สภาพแหล่งน้ำ - แม่น้ำแควใหญ่ สามารถใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการดับไฟบริเวณตำบลช่องสะเดา ตำบลท่ากระดาน - เขื่อนศรีนครินทร์ สามารถใช้เฮลิคอปเตอร์ตักน้ำดับไฟได้ และใช้เป็นแหล่งน้ำดับไฟบริเวณตำบลท่ากระดานได้ - เขื่อนท่าทุ่งนา สามารถใช้เฮลิคอปเตอร์ตักน้ำดับไฟได้ และใช้เป็นแหล่งน้ำดับไฟบริเวณตำบลช่องสะเดาได้ พื้นที่รับผิดชอบ ตามแผนงาน และถือเป็นพื้นที่เข้มข้นที่ต้องควบคุมไฟป่า ปฏิบัติงานเน้นหนักทั้งการประชาสัมพันธ์และการดับไฟป่า 187,500 ไร่ อยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ และอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ลักษณะไฟป่าที่เกิดในพื้นที่เป็นไฟผิวดิน

ภาพที่ 2.58 ป้ายประชาสัมพันธ์ให้ความรู้กับชุมชน
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

หน้าที่รับผิดชอบของศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี นอกจากการทำหน้าที่ในการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์และสนับสนุนการควบคุมไฟป่าและอีกหน้าที่ของศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าคือการทำหน้าที่ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้กับชุมชนใกล้เคียงให้ทราบถึงสาเหตุและโทษของการเกิดไฟป่าทราบถึงความรุนแรงและหาแนวทางในการป้องกันเพื่อที่ไม่ให้เกิดไฟป่า โดยสาเหตุของการเกิดไฟป่าสามารถเกิดได้ 2 ทาง

1. ทางธรรมชาติ ทั้งการเกิดฟ้าฝ่า การเสียดสีกันของต้นไม้ การรวมแสงอาทิตย์ผ่านหยดน้ำค้าง ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น

2. ฝีมือของมนุษย์ การบุกรุกพื้นที่ป่าในการล่าสัตว์โดยการเผาป่าเพื่อจับสัตว์ การเผ่าป่าเพื่อหาของป่า เช่น เห็ด ผักหวาน หน่อไม้ป่าเป็นต้น และอีกสาเหตุคือการเผาที่เพื่อเตรียมพื้นที่ในการทำการเกษตร

ปัจจัยในการทำให้เกิดป่า

ไฟป่าจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบที่จำเป็น 3 ประการ คือเชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน มารวมตัวกันในสัดส่วนที่เหมาะสมที่จะเกิดการสันดาป (Combustion) และทำให้การสันดาปสามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามสำหรับไฟป่าแล้วองค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้มีลักษณะเฉพาะดังนี้

1. เชื้อเพลิง เชื้อเพลิงในการเกิดไฟป่า ได้แก่ อินทรียสารทุกชนิดที่ติดไฟได้ ได้แก่ ใบไม้ ต้นไม้ ไม้พุ่ม กิ่งไม้ ก้านไม้ ตอไม้ กอไผ่ ลูกไม้เล็กๆ หญ้า วัชพืช รวมไปถึงดินอินทรีย์ (Peat Soil) และชั้นถ่านหินที่อยู่ใต้ผิวดิน (Coal Seam)

2. ออกซิเจน ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศโดยทั่วไป ในป่าจึงมีออกซิเจนกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ปริมาณและสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศในป่า ณ จุดหนึ่งๆ อาจผันแปรได้บ้างตามการผันแปรของความเร็วและทิศทางลม

3. ความร้อน

องค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้ เรียกว่า สามเหลี่ยมไฟ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไป ไฟป่าจะไม่เกิดขึ้น หรือไฟป่าที่เกิดขึ้นแล้วและกำลังลุกลามอยู่ก็จะดับลง ความรู้เรื่องสามเหลี่ยมไฟในข้อนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องนำมาใช้ในการวางแผนปฏิบัติงานควบคุมไฟป่าทั้งวงจร ดังนั้นแนวทางในการป้องกันไฟป่าคือการแยก 3 เหลี่ยมของไฟออกจากกัน ส่วนที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีต้องการแยกคือ เชื้อเพลิง คือเศษใบไม้แห้ง ที่ในช่วงฤดูแล้งนั้นพื้นที่ป่าจะเต็มไปด้วยเศษของใบไม้แห้ง แนวทางในการแยกเศษใบไม้แห้งคือการนำใบไม้มาใช้ประโยชน์

1. การทำแนวกันไฟ

คือการแยกเศษใบไม้ออกจากกันในบริเวณพื้นที่เสี่ยง หรือป้องกันไม่ให้ถ้าเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ จะไม่ลามไปในพื้นที่บริเวณกว้าง หรือไปในป่าสงวนได้ วิธีทำคือการแยกเศษใบไม้ออกจากกันคล้ายๆเป็นแนวทางเดินเพื่อป้องกันไม่ให้ไฟป่าลามถึงกันได้

ภาพที่ 2.59 การทำคันกันไฟ
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2558)

2. การทำปุ๋ยหมักโดยใช้เชื้อเพลิงจากเศษใบไม้

การใช้ใบไม้ในการผสมเชื้อในการเพาะเห็ด ซึ่งสามารถในการประกอบอาหารได้

ภาพที่ 2.60 การใช้ใบไม้แห้งในการทำปุ๋ยเพาะเห็ด
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

3. เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้

การนำเศษใบไม้แห้งมาเผาและผสมด้วยตัวผสานคือ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ผสมเข้ากันตามอัตราส่วนเสร็จแล้วจึงใช้เครื่องอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงออกมา

ภาพที่ 2.61 เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

นอกจากเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แล้วศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี ได้คิดค้นในการผลิตวัสดุและเครื่องมือในการแปรรูปเศษเชื้อเพลิงต่างๆ โดยให้ความสำคัญในวัสดุที่ใช้ในการผลิตโดยอาศัยกรอบแนวความคิด ของ เสกสรรค์ ศิริวัฒนสกุล หัวหน้าศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า

1. นำของที่มีอยู่เดิมมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. ประหยัดงบประมาณ มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาที่รัฐต้องการซื้อ
3. มีความเป็นไปได้จริงในการปฏิบัติ เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำ มีเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน
4. สามารถแก้ไข หรือช่วยบรรเทาปัญหา ในการปฏิบัติงานควบคุมไฟป่าของหน่วยงานภาคสนาม
4. ช่วยให้ราษฎรในพื้นที่สามารถใช้และดำรงชีวิตได้โดยมีต้นทุนที่ต่ำ

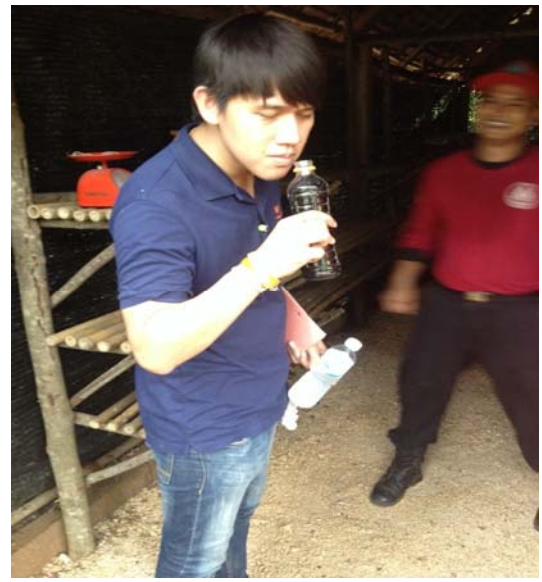
เจ้าหน้าที่จึงได้ใช้กรอบแนวความคิดนี้ในการคิดค้น เครื่องมือในการการแปรรูปเชื้อเพลิงมีอยู่เป็นจำนวนมาใช้ประโยชน์สูงสุด เพื่อลดเชื้อเพลิงและโอกาสในการเกิดไฟป่าให้ลดลงและยังเน้นให้ความรู้แก่ชุมชนที่สนใจอีกด้วย โดยเครื่องมือต่างๆที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าคิดค้นขึ้นมีดังนี้

1. เตาน้ำส้มควันไม้

เพื่อทำน้ำผึ้งควันไม้ใช้ป้องกันศัตรูพืช มาทำลายผลผลิตทางการเกษตร เตาน้ำส้มควันไม้เกิดจากการนำวัสดุที่หางายภายในท้องถิ่นมาทำ โดยใช้ถังน้ำมันมาดัดแปลง เจาะรูด้านข้างทั้ง 2 ฝั่ง เชื่อมต่อด้วยเหล็กเพื่อเป็นช่องเพื่อที่ควันจะออกทางช่องนี้ โดยที่บริเวณของเหล็กก็ทำรูแล้วใส่ที่รองน้ำเมื่อเกิดการเผาไหม้ควันจะออกทางช่องเหล็กนี้ ส่วนไอน้ำจากควันก็จะไหลลงมาภายใน

ภาชนะที่เตรียมไว้ ในส่วนของตัวถังก็ไว้บรรจุท่อไม้หรือพวกกิ่งไม้ ในส่วนด้านล่างของถังจะเป็นช่องอากาศเพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพของการเผาไหม้ยิ่งขึ้น

ภาพที่ 2.62 เตาน้ำส้มควันไม้
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)



ภาพที่ 2.63 น้ำส้มควันไม้
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

2. เครื่องบดใบไม้กิ่งไม้

เครื่องบดใบไม้กิ่งไม้มีหน้าที่บดเศษใบไม้แห้งและกิ่งไม้เพื่อไปแปรรูปทั้งในด้านการขนย้ายเศษเชื้อเพลิงเหล่านี้ออกจากพื้นที่ได้ง่ายขึ้นหรือนำเศษที่บดไปทำ ปุ๋ย กระถางต้นไม้ เป็นต้น โดยตัว

เครื่องใช้วัสดุหาง่ายในท้องถิ่นราคาไม่แพง ใช้ถังน้ำมันกับเหล็กในการทำเป็นโครงของเครื่อง เครื่องบดเป็นระบบใบมีดหมุนเหวี่ยงในชุดครอบวงกลม มีตะแกรงเป็นตัวกำหนดขนาดของวัสดุ

ภาพที่ 2.64 เครื่องบดใบไม้กิ่งไม้
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

ภาพที่ 2.65 ใบมีดหมุนเหวี่ยง
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

3. เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง

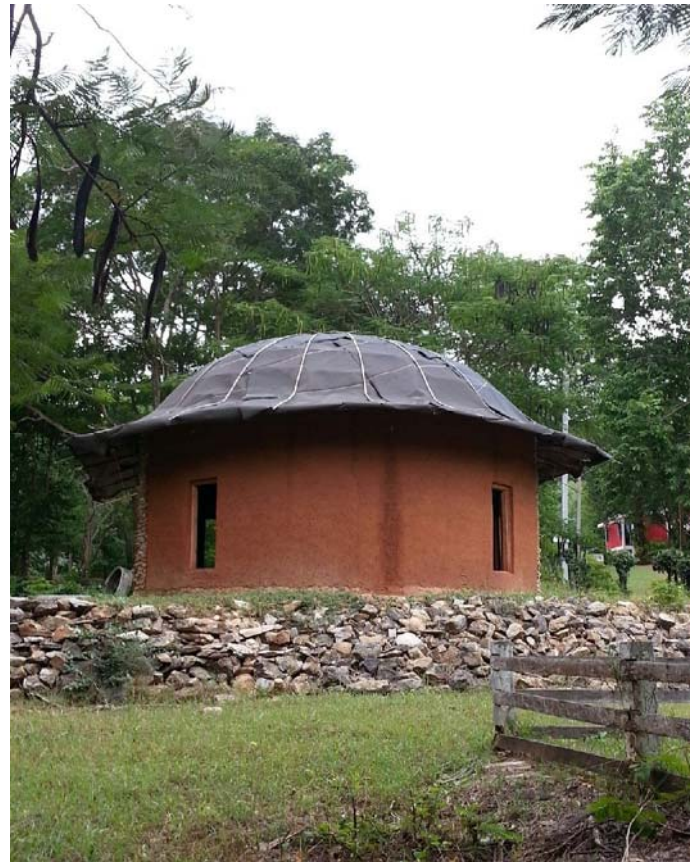
การนำใบไม้แห้งที่ผ่านการเผามาแล้วมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง น้ำ มาอัดกับเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง ตัวเครื่องเป็นกระบอกอัดส่วนปลายจะเป็นส่วนในการใส่ถ่านใบไม้แห้งโดยการกดไปให้แน่นๆจากนั้นจึงดันตรงด้านบนของกระบอกก็จะออกมาเป็นแท่งเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงจะออกมาเป็นแท่งที่สมบูรณ์หรือขึ้นอยู่กับว่าตอนกดอัดเข้าไปแน่นหรือเปล่า ถ่านอัดไม่แน่นพอตอนดันออกมาเชื้อเพลิงอัดแท่งจะออกมาเป็นแท่งที่ไม่สมบูรณ์ จากนั้นจึงนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดเสร็จมาตากแดดเพื่อไล่ความชื้นของเชื้อเพลิงออก เป็นการทดแทนการใช้ถ่านจากเศษไม้มาทำ สามารถการตัดไม้ทำลายป่าได้ โดยที่คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า คือ ไม่มีควัน ไม่เกิดแตกประทุ ให้ความร้อนที่สม่ำเสมอยาวนานกว่าถ่านจากไม้

ภาพที่ 2.66 การใช้งานเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกระบอกสูบ
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

4. บ้านดิน

คือการนำดินมาสร้างเป็นที่อยู่อาศัยโดยผสมกับส่วนผสมคือ ดิน 3 ส่วน แกป/ใบไม้ 1 ส่วน ทราย 1 ส่วน มาผสมกับน้ำแช่ทิ้งไว้ประมาณ 3-4 ชั่วโมง การนั้นนำน้ำออกเสร็จแล้วจึงเหยียบย่ำให้เข้ากัน การนั้นมาอัดใส่เป็นบล็อก ตากแดดทิ้งไว้จนแห้งจึงนำมาใช้ลักษณะคล้ายๆ ก้อนศิลาแรงที่ใช้ในสมัยก่อน มาก่อเป็นบ้านที่ทำจากดิน

ภาพที่ 2.67 ดินอัดก้อนในการทำบ้านดิน
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)



ภาพที่ 2.68 บ้านดิน
โดย วสวัตต์ โตจีน (ถ่ายเมื่อ 15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

เหล่านี้คือตัวอย่างการแปรรูปวัสดุเชื้อเพลิงและวัสดุเหลือในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ของทางศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีที่นอกจากการป้องกันไฟป่าแล้วยังเน้นนำวัสดุมาแปรรูปเพื่อเกิดประโยชน์และลดจำนวนเชื้อเพลิงแล้ง ยังเน้นการมีส่วนร่วมให้ความรู้แก่ชุมชนอีกด้วย ซึ่งวิธีเหล่านี้ชุมชนสามารถเป็นแนวทางสามารถใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน

2.5 ศึกษาข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อาภาวดี เบญจมธารกุล (2545) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นพลังงานทดแทน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งได้มีการปรับปรุงคุณภาพกากตะกอนน้ำเสียโดยการหมักและเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยผสมกับแกลบ และนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาเผาเป็นถ่าน ทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ผลการวิจับพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดแท่งกากตะกอนของเสียจากโรงงานผงชูรสและโรงงานนมอยู่ที่ 1:1,2:1 และ 3:1 โดยปริมาณ ซึ่งสามารถอัดขึ้นรูปได้ดีและใช้เวลาน้อย จากการนำตะกอนทั้ง 3 โรงงานหลังจากหมักแล้ว ประสิทธิภาพการให้พลังงานความร้อนของกากตะกอนของเสียจากโรงงานผงชูรสและโรงงานนมต่ำลง จากการวิเคราะห์ปัจจัยในการอัดแท่ง ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจะแปลบตามเวลาซึ่งขึ้นกับความชื้นของอัตราส่วนผสม จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานเนื่องจากมีการแตกร่วนน้อย คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพเผาให้เป็นถ่าน พบว่าประสิทธิภาพการใช้งานและการให้พลังงานแก่น้ำดีกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่เผาเป็นถ่าน (อาภาวดี เบญจมธารกุล , 2545)

ทองทิพย์ พูลเกษม (2542) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนเพื่อทดแทนฟืนและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนาเอาเปลือกทุเรียนเหลือทิ้งมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีการอัดแบบร้อนและเย็น เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงและการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัด การทดลองได้นา เปลือกทุเรียน 2 พันธุ์ คือ หมอนทองและชะนี ที่มีความชื้นร้อยละ 75 – 80 สับเป็นชิ้นเล็กๆตากแดดให้เหลือความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 45 จากนั้นนา มาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง ในเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น 2 วิธี คือ อัดโดยใช้ตัวประสาน (น้ำ หมักชีวภาพและโมลาส) และอัดโดยไม่ใช้ตัวประสาน ผลการทดลองพบว่าความสามารถอัดเป็นแท่งและคุณภาพเชื้อเพลิงของเปลือกทุเรียนทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน เชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดแท่งแบบเย็นให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ทั้งแบบอัดโดยใช้ตัวประสานและไม่ใช้ตัวประสานให้ค่าความร้อน ประมาณ 3,600 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนเชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดแท่งแบบร้อนจะให้ค่าความร้อนเฉลี่ยประมาณ 3,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งใช้พลังงานเฉลี่ยสูงกว่าการอัดแบบเย็น คือ 0.45 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัมน้า หนักแห้ง

สัจมาน ตรันเจริญ (2544) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากตะกอนจากโรงงานแป้งมันดัดแปลงผสมกับเศษถ่านผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยศึกษา อัตราส่วน (กากตะกอน: เศษถ่านโดยปริมาตร) เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง วิเคราะห์สมบัติด้านกายภาพ ได้แก่ ความทนทานต่อแรงอัดในแนวตั้งและแนวนอน ดัชนีการแตกร่วน วิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ความชื้น ปริมาณเถ้า คาร์บอนคงตัว สารระเหย ค่ากา มะถันทั้งหมด และค่าความร้อน พร้อมประเมินความเป็นไปได้ของต้นทุนการผลิต จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่

เหมาะสมของกากตะกอนจากโรงงานแป้งมันดัดแปลงผสมกับเศษถ่าน อัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ 3 : 7 มีค่าความร้อน 5,885 แคลอรีต่อกรัม มีค่าความชื้นร้อยละ7.13 ปริมาณเถ้าร้อยละ10.70 ค่ากา มะถันร้อยละ 0.33 ทั้งหมดมีค่าต่ำ ที่สุด ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าที่ราคาขายส่ง แท่งละ 0.50 บาทต่อแท่ง ปริมาณการผลิตอยู่ที่หนึ่งล้านแปดแท่งต่อปี และระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ 0.89 ปี

ปรีชา เกียรติกระจาย (2545) ได้ศึกษาการทำถ่านอัดก้อนจากไม้ต่างถิ่นที่มีอายุ 10 ปี ปลูกในบริเวณสถานีเกษตรอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ คือ Acacia confuse,Cinnamomum camphora , Fraxinus giffithil และ liquidambar fomosanar โดยศึกษา คือประเมินคุณสมบัติของกิ่งไม้ดิบและกิ่งไม้อบเป็นถ่านที่ 450 ได้ผลการศึกษาโดยสรุป ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของสมบัติด้านพลังงานของกิ่งไม้มีปริมาณสารระเหยร้อยละ 81ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 12 ปริมาณขี้เถ้าร้อยละ 0.5 และค่าความร้อนของสันดาป 4,400 แคลอรีต่อกรัม และผงถ่านมีปริมาณสารระเหยร้อยละ 19 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 67 ปริมาณขี้เถ้าร้อยละ 2.0 ค่าความร้อนของสันดาป 6,500 แคลอรีต่อกรัมตามลำ ดับ

อรวรรณ ฉัตรจันทร์ (2547) ได้ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตถ่านเศรษฐกิจ จากซังข้าวโพด กรณีศึกษาโรงงานถ่านเทียม ส. ทวีคูณ อำเภอดอกคา ใต้ จังหวัดพะเยา เป็นการค้นคว้าแบบอิสระ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทน การผลิตถ่าน ความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเชิงตัวเลข ปริมาณการผลิต ต้นทุนและรายได้ ตลอดจนสังเกตขั้นตอนการผลิต การเก็บรวบรวมข้อมูลทางการเงิน และนามาวิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิต ถ่านเศรษฐกิจจากซังข้าวโพด โดยใช้เกณฑ์การวัด คือระยะคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิและอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน ผลการศึกษาพบว่า โครงการขยายกา ลังการผลิตของกิจการมีระยะเวลาการคืนทุน 11 เดือน 3 วัน มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทนสุทธิเท่ากับ 2,102,268 บาท และอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงจากการลงทุนเท่ากับร้อยละ 109.35 ต่อปี

ธีรพจน์ พุทธิกีกฎวีวงศ์ (2549) ได้ศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากต้นถั่วเหลือง เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิง โดยนา เอาต้นถั่วเหลืองไปเผาให้เป็นถ่านมาบด อัดเป็นแท่ง และใช้มันสา ปะหลังสดเป็นตัวประสาน โดยมีอัตราส่วนตัวประสานต่อถ่านที่ดีที่สุด คืออัตราส่วน 1:8 โดยน้า หนัก มีค่าความร้อน 21.30 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัสประมาณร้อยละ 26 มีปริมาณคาร์บอนเสถียรและสารระเหยน้อยกว่าแต่มีปริมาณเถ้ามากกว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส ถ่านอัดแท่งจากถั่วเหลืองสามารถนา มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อการหุงต้มในครัวเรือน ทดแทนการใช้ฟืนและถ่านได้

อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ (2551) ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมซังข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยมีสัดส่วนการผสมอยู่ที่ 30 : 70, 40 : 60 และ 50 : 50 ตามลำ ดับ สัดส่วนการผสมแป้งมันต่อน้า หนักวัตถุดิบ เท่ากับ 1 : 10 จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นและความต้านทานแรงกด จะแปรผันตามสัดส่วนการผสมของผงซังข้าวโพดและผงกะลามะพร้าว แต่แตกต่างกันไม่มาก การทดสอบค่าความร้อนเชื้อเพลิงพบว่าโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6,000 – 6,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน ความชื้นอยู่ระหว่าง 5.7 – 5.8 % โดยน้า หนัก อัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัม ต่อนาที ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 – 830 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความต้านทานรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะอยู่ในช่วง 1.0 – 1.2 เมกะปาสคัล ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์จุดคุ้มทุนของการผลิตถ่านเชื้อเพลิงประมาณ 9,500 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนา ไปใช้ในครัวเรือนหรือผลิตและจา หน่ายในเชิงพาณิชย์

วีรยุทธ จี้เพชร (2554) ได้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดข้าวโดยใช้เตาเผาชีวมวล เครื่องอบแห้งที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันโดยทั่วไปจะใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานในการอบแห้งเมล็ดข้าว ดังนั้น ถ้าสามารถหาแหล่งพลังงานอื่นแทนพลังงานจากน้ำมัน และไฟฟ้าก็จะช่วยประหยัดการนำเข้าได้ แนวทางหนึ่งก็คือ การนำเอาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เป็นชีวมวลแข็ง มาใช้เป็นพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานนอกรูปแบบได้ เช่น ชานอ้อย แกลบ ขี้เลื้อย ซังข้าวโพด การมีต้นแบบของอุปกรณ์หรือเตาเผาที่สามารถใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าจะทำให้เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและเป็นการลดต้นทุนการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กที่ต้องการเชื้อเพลิงราคาถูกในการผลิต เชื้อเพลิงจากชีวมวลสามารถจะใช้พลังงานได้ในรูปของความร้อนโดยตรง หรืออาจจะเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของก๊าซได้ วิธีการผลิตก๊าซนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการนำพลังงานจากชีวมวลมาใช้ ซึ่งทุกๆ 100 Kcal ที่มีอยู่ในชีวมวลแข็งของระบบการผลิตก๊าซ สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้มากกว่า 90 Kcal ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการนำชีวมวลแข็งมาเผาไหม้โดยตรง เชื้อเพลิงที่นำมาป้อนในเตาผลิตก๊าซนั้นควรเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นโดยใช้เตาที่ได้รับการพัฒนาแล้ว จะเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง รวมทั้งลดต้นทุนในการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมการอบเมล็ดข้าว

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การศึกษาโครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เป็นการมุ่งศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยและแบ่งวิธีการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

3.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

3.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

สำหรับวิธีดำเนินการวิจัย เพื่อบรรลุตามวัตถุประสงค์แต่ละขั้นตอนประกอบด้วย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ผู้วิจัยได้เรียงลำดับขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

3.1.1 ประชากร

1. กรีศึกษาศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

กรณีศึกษา คือ ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี 1 สถานี ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) (พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง. 2550 : 125)

2. เจ้าน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ประชากร เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 20 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง Purposive Sampling)

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Observation) (พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง. 2550 : 122) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานที่จริง โดยลงพื้นที่สังเกตและสัมภาษณ์ โดยใช้การจดบันทึกข้อมูลและนำขอมูลที่ได้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

1.1 กล้องถ่ายภาพ เป็นอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล ภาพสถานที่ กรรมวิธีการผลิต ลักษณะของเศษใบไม้แห้งที่ป่าบริเวณเขตพื้นที่การดูแลของศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า

1.2 สายวัดและตลับเมตร เป็นอุปกรณ์ใช้ในการวัดขนาดสัดส่วนความกว้าง, ยาว, หนา เพื่อให้ทราบขนาดเศษใบไม้แห้งแต่ละชนิด หน่วยการวัดใช้ระบบ ซีจีเอส (CGS = Centimeter – Gram – Second) เป็นหน่วยวัดตามระบบเมตริก มีหน่วยความยาวเป็นเซ็นติเมตร เป็นเครื่องมือที่ได้รับรองมาตรฐานจากกระทรวงพาณิชย์

2. แบบสัมภาษณ์ เป็นแบบสัมภาษณ์แบบปลายเปิด เพื่อสัมภาษณ์ข้อมูลปัญหาและความต้องการ เพื่อสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของกลุ่มเป้าหมาย

3.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้วิธีการเก็บข้อมูล (Data collection) ในขั้นตอนการศึกษา และรวบรวมข้อมูลสภาพปัญหา ลักษณะของเศษใบไม้แห้งและขนาดที่แตกต่างกันแต่ละชนิด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนนำผลการสำรวจมาเพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้งและประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ดังนี้

- เก็บข้อมูลปัญหาใบไม้แห้งเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดปัญหาไฟป่า
- เก็บข้อมูลความต้องการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง
- เก็บข้อมูลการแปรรูปจากเศษใบไม้แห้ง
- เก็บข้อมูลขั้นตอนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง
- เก็บข้อมูลประเภทของถ่าน

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการสัมภาษณ์มาเพื่อวิเคราะห์หาประเด็นปัญหา ความต้องการ และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการหาแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

3.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

คือ กลุ่มเป้าหมายซึ่งผู้วิจัยจะให้ตอบแบบสอบถามเพื่อสรุปแนวทางในการออกแบบ เพื่อบรรลุเป้าหมายในการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) (พรสนอง วงศ์สิงห์ทอง. 2550 : 125) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

(1.1) ดร.สุธาสินีน์ บุรีคำพันธุ์

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(1.2) รศ.ว่าที่ร้อยโทดร.พิชัย สดภิบาล

อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(1.3) ผศ.ดร.สมชาย เซะวิเศษ

อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

(2.1) ด้านกระบวนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิง 4 ท่าน

(2.1.1) เสกสรรค์ ศิริวัฒนสกุล

หัวหน้าศูนย์สาธิตการควบคุมไฟศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

(2.1.2) ปัญญา บัวศรี

ผู้ช่วยหัวหน้าศูนย์สาธิตการควบคุมไฟศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

(2.1.3) ประเสริฐศิลป อรรฐาเมศร์

ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วง

(2.1.4) ผศ.ดร.ศศิธร จารุสมบัติ

อาจารย์สาขาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(3.1) ด้านวิศวกรรม 3 ท่าน

(3.1.1) รศ.ดร.ปกรณ์ โอภาประกาศิต

อาจารย์สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยีเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลัยธรรมศาสตร์

(3.1.2) ผศ.ดร. ไพบูลย์ ศรีอรุโณทัย

ผู้เชี่ยวชาญวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาจารย์สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยีเคมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลัยธรรมศาสตร์

(3.1.3) ถนัดกิตติ บุญแก้ว

วิศวกรรมศาสตร์ สาขา เครื่องกล มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

(4.1) ด้านออกแบบ 3 ท่าน

(4.1.1) ศรศิลป์ ซึมกลาง

ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบ อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

(4.1.2) คมสัน เรืองโกศล

ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบ อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

(4.1.3) ปวีณา บุญปาน

ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบ อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

(3) เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ประชากร เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 20 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง Purpo sive Sampling)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

(1) แบบสัมภาษณ์ เป็นการสัมภาษณ์ประเด็นความต้องการ โดยใช้หลักการของ QFD ในการค้นหาความต้องการจากเสียงของกลุ่มเป้าหมาย VOC (Voice Of Customers) เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน พัฒนากระบวนการและเพื่อประยุกต์ในพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเพลิงจากเศษใบไม้แห้งแบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ 3 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

(2) ออกแบบร่าง เป็นการออกแบบระยะที่ 1 จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ความต้องการและการลงพื้นที่วิจัย

(3) ออกแบบร่าง เป็นการออกแบบระยะที่ 2 จากการวิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ความต้องการและการลงพื้นที่วิจัย

(4) สร้างตารางความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์

(5) แบบสอบถาม เป็นการสอบถามเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เพื่อสรุปรูปแบบในการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ โดยข้อคำถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเกี่ยวกับสถานะภาพของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์ 4 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อคำถามจำนวน 9 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

โดยการประเมินผลคะแนนตามแบบมาตรฐาน ประเมินค่าระดับ (Rating Scale) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

(6) นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จเสนอต่ออาจารย์ปรึกษา และตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์ และกรอบแนวคิดในการวิจัย (Index of Objective Congruence : IOC)โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหา (Content Validity) และข้อเสนอแนะ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจในคำถามนั้นสอดคล้องกับนิยามศัพท์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจในคำถามนั้นสอดคล้องกับนิยามศัพท์

-1 หมายถึง แน่ใจในคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์

จากคะแนนนำผลการพิจารณามาคำนวณจากสูตร

$$IOC = \sum \frac{R}{N}$$

IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง

R หมายถึง คะแนนการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อคำถาม ICO ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เป็นคำถามที่ใช้ได้ ถ้าไม่ถึง 0.5 ต้องแก้ไขหรือตัดทิ้ง

3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง แล้วนำรูปแบบที่ได้เพื่อประเมินความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์และนำรูปแบบที่ได้ค่าความสอดคล้องมากที่สุด 3 ลำดับ ให้ผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มเป้าหมายเลือกรูปแบบ เพื่อกำหนดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการสรุปข้อมูลการออกแบบและพัฒนา เพื่อนำมาเป็นแนวทางการออกแบบร่างระยะที่ 1-2 ผู้วิจัยต้องสร้างตารางความสอดคล้องระหว่างผลิตภัณฑ์และกรอบแนวความคิด เพื่อสรุปผลคะแนนรูปแบบที่มีความสอดคล้องมากที่สุด 3 แบบ และ นำรูปแบบที่ได้ไปสอบถามประชากรและกลุ่มตัวอย่างเพื่อสรุปผลสร้างต้นแบบ โดยผลจากแบบสอบถาม ความคิดเห็นที่มีต่อ รูปแบบการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มาวิเคราะห์โดยหา ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) โดยแบ่งเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มาก

2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

3.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

3.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มเป้าหมายซึ่งผู้วิจัยจะประสิทธิภาพเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยวิธีการหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) ซึ่งจะใช้ในการนำมาประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยจะประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

(1) ความชื้น (Moisture Content)

ปริมาณความชื้นคือ ปริมาณความชื้นของเนื้อเชื้อเพลิงก่อนอบแห้ง ความชื้นมีความสำคัญคือ ถ้ามีค่ามากจะมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงและทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยการนำตัวอย่างที่จะทำการมาให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ ประมาณ 105-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักตัวอย่างที่ลด (% w.b. คือ ค่าความชื้นที่อุณภูมิกระเปาะเปียก)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% w.b)} = (AB)\ A \times 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนอบแห้ง

B = น้ำหนังของเชื้อเพลิงหลังอบแห้ง

(2) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ปริมาณเถ้าคือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซี่ยมออกไซด์ แมกนีเซี่ยมออกไซด์ เป็นต้นทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 500 ˚C เป็นเวลา 30 นาที และค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750 ˚C จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของถ้าที่เหลือพร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า สามารถคำนวณจากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังจากการเผาแล้ว

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ประมาณเถ้า (%)=C/B×100

เมื่อ B = น้ำหนักอบแห้งของเชื้อเพลิง

C = น้ำหนักของตัวอย่างเชื้อเพลิงหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 750

(3) การที่ระเหยได้ (Volatile Matters)

ปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มี คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที และคำนวลปริมาณสาร

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

น้ำหนักที่หายไป = (A-B / A×100)

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างทดลอง

B = น้ำหนักทดลองหลังเผา

ปริมาณสารระเหย = C-D

D = ปริมาณความชื้น (%)

(4) คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon)

คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงหลังเอาสารระเหยออกไป

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ปริมาณค่าคงตัว (%) = 100 - % ความชื้น - % ปริมาณเถ้า - % ปริมาณสารระเหย

(5) กำมะถันรวม (Totat Salfur)

วิธเคราะห์ตามวิธีในมาตรฐาน ASTM D3177 ทำโดยการหาในรูปซัลเฟต (SO_4) ซึ่งหลักในการหาปริมาณกำมะถันของวิธีนี้คือ วัดความขุ่นของ แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$ crystall) วิธีนี้ใช้หาซัลเฟต ในลักษระของ ซัลเฟต (SO_4) สำหรับตัวอย่างที่มีสาร และมีสารแขวนลอยมากต้องทำการกำจัดสารแขวนลอยออกบ้างโดยการกรองตัวอย่างส่วนใหญ่การวิเคราะห์จะมีลักษณะไม่ใส่ จึงต้องทำการวัดค่าเสียก่อนแล้วนำไปลบความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)จึงเป็นความขุ่นที่เกิดขึ้นจาก แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่แท้จริง

(6) ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสาร เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในตัว อุปกรณ์ Bomb Calorimeter ที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่มากเกิน

(7) การหาปริมาณ ออกซิเจน ไฮโดรเจน

สำหรับ ค่าออกซิเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3178 และสำหรับการค้าไนโตรเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน (ASTM D3179)

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง เครื่องมือที่ใช้ในการการวิจัยการทดสอบเผาด้วยเตาเผา(Furnce) และทดสอบวัดค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้งด้วยเครื่องวัดค่าความร้อนของสาร (Bomb Calorimeter) คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) เพื่อหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป

3.3.3 การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดอื่นเพื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้ง โดยการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)คุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์พิจารณาประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้งมาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) โดยผลการวิเคราะห์ประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

(1) ความชื้น (Moisture Content)

(2) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

(3) การที่ระเหยได้ (Volatile Matters)

(4) คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon)

(5) กำมะถันรวม (Totat Salfur)

(6) ค่าความร้อน (Heating Value)

(7) การหาปริมาณ ออกซิเจน ไฮโดรเจน

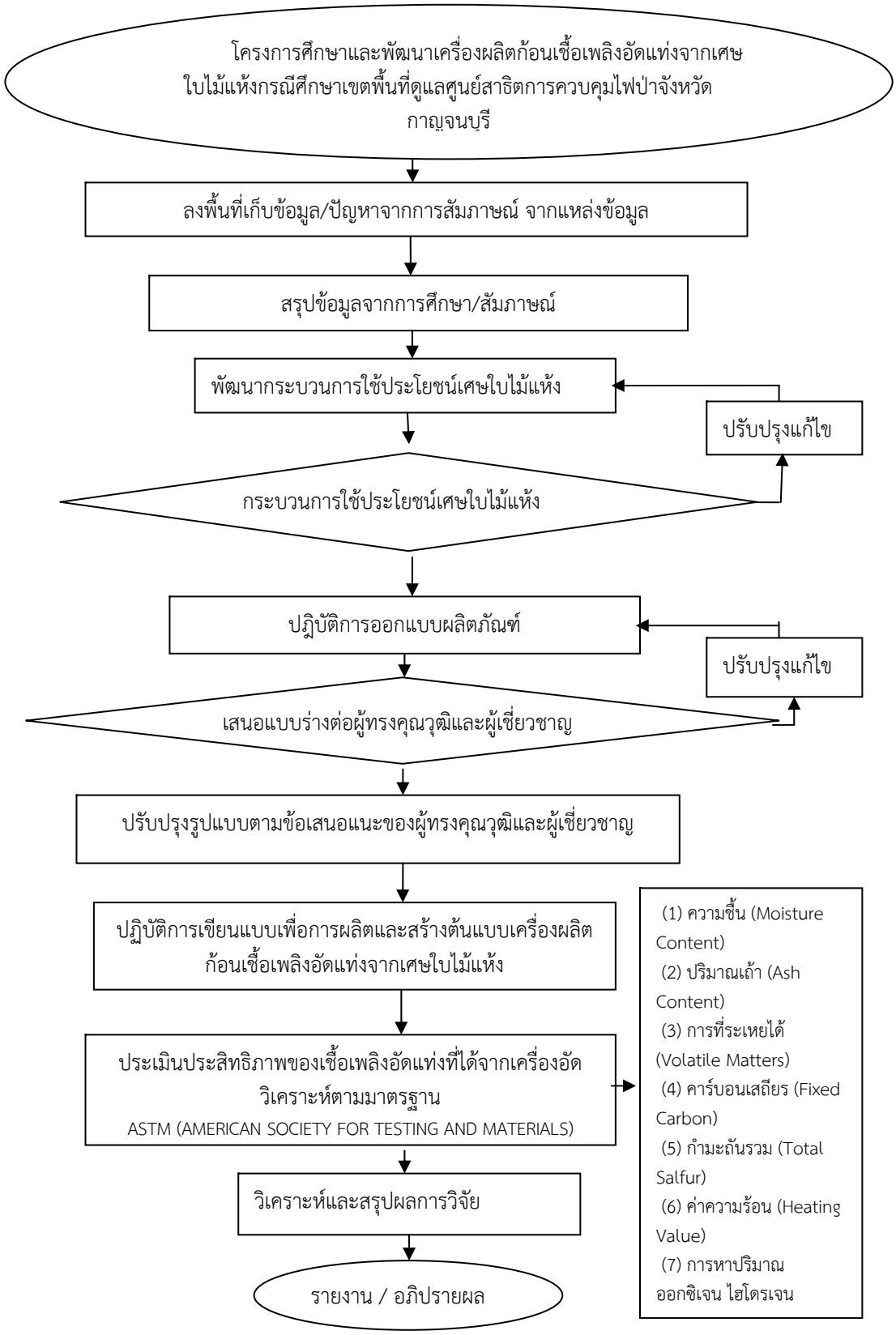
โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลพิจารณาคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้แห้งที่นำเศษใบไม้แห้งมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าและพิจารณาคุณภาพต่อการนำไปใช้แทนถ่านจากไม้เพื่อลดปัญหาการตัดไม้ทำลายควรมีคุณสมบัติดังนี้

(1) การแตกประทุขณะติดไฟ ถ่านที่มีการแตกประทุมากจะไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้

(2) น้ำหนักถ่าน ถ่านที่มีน้ำหนักจะลุกไหม้ให้ความร้อนแรงได้นาน

(3) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรมีควัน หรือกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้

(4) การป่นของถ่าน ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดการแตกหักหรือป่นเป็นผง ทำให้ความสะดวกในการใช้งาน การขนส่ง และการจัดเก็บรักษา



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยเรื่อง การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งกรณีศึกษาศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า จังหวัดกาญจนบุรี โดยรวบรวมปัจจัยต่างๆจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากการสัมภาษณ์ การประเมินความคิดเห็นการตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาสรุปแนวทางในการออกแบบเป็นขั้นตอนตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

4.1 เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

4.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

4.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

จากการศึกษาและรวบรวมเอกสารข้อมูลงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลพร้อมทั้งลงพื้นที่เก็บข้อมูลใช้การสัมภาษณ์ การจดบันทึกข้อมูล และการถ่ายภาพ โดยกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญบุคลากรในศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า จังหวัดกาญจนบุรีสามารถวิเคราะห์และสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการลงพื้นที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า จังหวัดกาญจนบุรี

พบว่าลักษณะของพื้นที่ส่วนใหญ่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี เป็นป่าไม้อุดมสมบูรณ์มาก ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง และป่าไม้ไผ่และไม้รวกจำนวนมาก ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ป่ามากถึง 7,574,845.17 ไร่ ซึ่งมากที่สุดเป็นอันดับ 3 ของประเทศไทย และมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ในเขตภาคกลาง (กรมป่าไม้,2556) ทำให้ช่วงฤดูร้อนพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรีจะเต็มไปด้วยเศษใบไม้แห้ง ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าคล่องข้างสูง โดยสาเหตุของการเกิดไฟป่าสามารถเกิดได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบที่จำเป็น 3 ประการ คือเชื้อเพลิง ความร้อน และออกซิเจน

ภาพที่ 4.1 พื้นที่ป่าบริเวณศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี
โดย วสวัตต์ โตจีน (15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

องค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้ เรียกว่า สามเหลี่ยมไฟ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไป ไฟป่าจะไม่เกิดขึ้น หรือไฟป่าที่เกิดขึ้นแล้วและกำลังลุกลามอยู่ก็จะดับลง ความรู้เรื่องสามเหลี่ยมไฟในข้อนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นความรู้พื้นฐานที่ต้องนำมาใช้ในการวางแผนปฏิบัติงานควบคุมไฟป่าทั้งวงจร ดังนั้นแนวทางในการป้องกันไฟป่าคือการแยก 3 เหลี่ยมของไฟออกจากกัน ส่วนที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีต้องการแยกคือ เชื้อเพลิง คือเศษใบไม้แห้ง ที่ในช่วงฤดูแล้งนั้นพื้นที่ป่าจะเต็มไปด้วยเศษของใบไม้แห้ง แนวทางในการแยกเศษใบไม้แห้งคือการนำใบไม้มาใช้ประโยชน์

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรีทำหน้าที่คิดพัฒนาต้นแบบเครื่องมือที่ใช้ในการดับไฟ ป้องกันไฟ และให้ความรู้แก่ชุมชนในการป้องกันดูแลไม่ให้เกิดไฟป่า โดยจะให้ชุมชนในพื้นที่ตะหนักในภัยอันตรายของการเกิดไฟป่าและทราบถึงสาเหตุของการเกิดไฟป่า รวมทั้งให้ความรู้กระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้งแก่ชุมชน ตามกรอบแนวความคิดด้านการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตในท้องถิ่น 1. ความยากง่าย เทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นจะต้องง่ายและสะดวกต่อการใช้ และบำรุงรักษา 2. การระดมทรัพยากร เทคโนโลยีที่นำไปใช้จะต้องสามารถนำแหล่งทรัพยากรและพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ได้อย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ 3. การดัดแปลง เทคโนโลยีนั้นสามารถนำไปดัดแปลงให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ไม่ยุ่งยาก 4. ปราศจากเงื่อนไข จะต้องไม่มีปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ต่างๆ กระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้งมีดังนี้

4.1.2.1 การทำปุ๋ยหมักโดยใช้เชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ผลการวิเคราะห์การนำเศษใบไม้แห้งมาเป็นส่วนผสมทำปุ๋ยหมักผสมเชื้อในการเพาะเห็ด การนำใบไม้แห้งป่นขนาดเล็ก 5 กิโลกรัม รำละเอียด 2.5 กิโลกรัม ปูนขาว 0.25 กิโลกรัม ดีเกลือ 0.1 กิโลกรัม น้ำหมักชีวภาพ 1 ลิตร การทำก้อนเชื้อเพลิงในถุงพลาสติกขนาด 7x13 นิ้ว นำนึ่งในหม้อนึ่ง ด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาพักให้เย็น แล้วใส่หัวเชื้อเห็ดลงในถุงและนำถุงเชื้อเห็ดบ่มในที่ร่มเป็นเวลา 45 วัน รดน้ำเช้า เย็น ให้โรงเรือนมีความชื้น

4.1.2.2 การผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ผลการวิเคราะห์การนำเศษใบไม้แห้งมาเผาเป็นเวลา10-15นาทีจนกลายเป็นถ่ายแล้วจึงนำมาผสมกลับตัวผสานคือ แป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำในอัตราส่วน ผงถ่านใบไม้ 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร จะได้ถ่านประมาณ 50 แท่ง เมื่อผสมจนถ่านจากเศษใบไม้กับแป้งมันสำปะหลังเข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจากนั้นจึงใช้เครื่องอัดแท่งในการอัดเป็นรูปทรงอัดด้วยเครื่องอัดแบบกระบอกสูบ

ภาพที่ 4.2 วิธีผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งด้วยเครื่องอัดกระบอกสูบ
โดย วสวัตต์ โตจีน (15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งด้วยเครื่องอัดกระบอกสูบ และการเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี พบว่าเครื่องอัดแบบกระบอกสูบมีแรงอัดที่ไม่เสมอกัน การอัดบางก้อนเชื้อเพลิงไม่เป็นก้อน เนื่องจากแรงอัดไม่ที่เกิดจากการกระแทรกของกระบอกสูบเป็นแรงดันที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้อัดวัสดุเชื้อเพลิงออกมาไม่เป็นก้อน ด้านรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงเป็นทรงกระบอก จากการทดลองจุดติดไฟ จุดติดยากเนื่องจากไม่มุมทำให้ยากต่อการจุดติดไฟ จึงเกิดการทดลองผลิตวัสดุเชื้อเพลิงเป็นรูปทรงอื่นๆ เพื่อทดสอบการจุดติดไฟของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปทรงที่ทดลองผลิตคือ รูปทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม หกเหลี่ยม และ รูปทรงดาว เพื่อทดสอบการจุดติดไฟของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพที่ 4.3 ทดสอบผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้โดยอัดเป็นรูปทรง สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม และรูปดาว เพื่อทดสอบการจุดติดไฟ
โดย วสวัตต์ โตจีน (10 มกราคม พ.ศ.2558)

ผลการทดลองการอัดเป็นรูปทรงต่างๆ และรูปทรงที่มีความแข็งแรง คือรูปทรงสี่เหลี่ยม กับรูปทรงหกเหลี่ยม ส่วนรูปทรงสามเหลี่ยมกับรูปทรงดาวไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้ เนื่องจากมุมที่มีความแหลมจนเกินไปทำให้วัสดุเชื่อเพลิงค่อนข้างเหลวไม่เป็นรูปทรง และแรงดันในการอัดของวัสดุเชื้อเพลิงแบบกระบอกสูบแรงอัดไม่เพียงพอ จึงต้องคิดค้นเครื่องอัดที่มีแรงอัดในการอัดขึ้นรูปที่มีแรงอัดมากกว่านี้ ด้านการทดสอบการจุดติดไฟของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งพบว่ารูปทรงที่มีมุม ทั้งสี่เหลี่ยมกับหกเหลี่ยมสามารถจุดติดไฟง่ายกว่าทรงกระบอกเนื่องจากมีมุมที่แหลม กับเมื่อวัสดุเชื้อเพลิงเมื่ออยู่ในเตา มีช่องว่างของอากาศ 5 ถ่ายเททำให้เกินการติดไฟได้ง่ายกว่า

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการทำวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วง

จากการลงพื้นที่ศึกษากระบวนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงอัดแท่งจากไม้มะม่วง โดยขั้นตอนการทำวิจัย คือการนำไม้มะม่วงที่ผ่านกระบวนการเผาจนเป็นถ่านแล้ว นำมาใส่เครื่องบดเพื่อทำการบดจนละเอียด เมื่อบดจนละเอียดแล้วจึงนำมาใส่เครื่องผสม เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เหมาะสม คือ ผงถ่านจากไม้มะม่วงละเอียด 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม น้ำ 1.5 ลิตร เมื่อผสมจนเข้ากันจึงนำมาเข้าเครื่องอัดเพื่ออัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง เพื่ออัดเป็นวัสดุเชื้อเพลิง โดยอัดกับเครื่องอัดด้วยพลังงานมอเตอร์หนุนด้วยเกลียวอัดทำให้รูปทรงที่ แน่นแข็งเป็นทรงสม่ำเสมอ และอัดได้ต่อเนื่องได้ปริมาณมาก เหมาะสมกับการผลิตเชื้อเพลิงแบบอุตสาหกรรม ตัวเครื่องผลิตราคาค่อนข้างสูง

ภาพที่ 4.4 ลงพื้นที่ศึกษาขั้นตอนการทำวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วง
โดย วสวัตต์ โตจีน (5 กรกฎาคม พ.ศ.2558)

4.1.4 ขั้นตอนการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. ชื่อผู้สัมภาษณ์ : นาย เสกสรร ศิริวัฒนสกุล (สัมภาษณ์วันที่15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

สถานที่ทำงาน : ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ด้านลักษณะของใบไม้แห้งและสภาพปัญหา ในช่วงฤดูพื้นที่ป่าในจังหวัดกาญจนบุรีจะเต็มไปด้วยเศษใบไม้แห้ง ซึ่งเศษใบไม้แห้งเหล่านี้จะเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีในการเกิดปัญหาไฟป่า เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าต้องคอยให้ความรู้กับชาวบ้านในการป้องกันไม่ให้เกิดไฟป่า ให้ชาวบ้านรู้จัก สามเหลี่ยมไฟ ประกอบด้วย อากาศ เชื้อเพลิง และความร้อน องค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไป ไฟป่าจะไม่เกิดขึ้น เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจึง

หาวิธีในการแปรรูปเศษใบไม้แห้งเพื่อลดปริมาณของเศษใบไม้แห้งให้ลดลง และใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง จึงนำใบไม้แห้งมาแปรรูเป็นเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ด้านแนวทางพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง การนำเศษใบไม้แห้งมาผลิตเป็นวัสดุเชื้อเพลิงนอกจากจะลดปริมาณเชื้อเพลิงแล้ว ยังลดการตัดไม้เพื่อนำไม้มาเป็นเชื้อเพลิง อีกทั้งยังสามารถส่งเสริมให้ชาวบ้านประกอบเป็นอาชีพหาเลี้ยงครอบได้

ด้านความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงควรมีการทำงานไม่ซับซ้อน วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงควรต้นทุนต่ำ สามารถหาวัสดุได้ในพื้นที่ ชาวบ้านสามารถผลิตเองได้

ด้านความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับรูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งควรมีมุมเพื่อช่วยให้ติดไฟได้ง่าย และควรมีรูปทรงสวยงามเพื่อความแปลกใหม่และใช้เป็นของฝากที่ใช้ในการดับกลิ่นต่างๆในบ้านได้

2. ชื่อผู้สัมภาษณ์ : นาย ปัญญา บัวศรี (สัมภาษณ์วันที่15 สิงหาคม พ.ศ.2557)

สถานที่ทำงาน : ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ด้านลักษณะของใบไม้แห้งและสภาพปัญหา ใบไม้แห้งเป็นเชื้อเพลิงในการเกิดเหตุไฟป่า การลดปริมาณใบไม้เป็นผลดีในการลดความเสี่ยงในการเกิดไฟป่า ให้ถ้าสามารถส่งเสริมเป็นอาชีพให้ชาวบ้านต่อยอดไปได้ยิ่งเป็นผลดี

ด้านแนวทางพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง การนำเศษใบไม้แห้งมาทำเป็นวัสดุเชื้อเพลิงนอกจากประโยชน์ในการเป็นเชื้อเพลิงแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ดับกลิ่นในตู้เย็น ตู้เสื้อผ้าได้อีกด้วย

ด้านความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ตัวเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงควรมีแรงอัดที่มากในการอัดวัสดุเชื้อเพลิงให้เป็นทรงที่แข็งแรง ไม่ควรมีการทำงานที่ซับซ้อน

ด้านความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับรูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปทรงเดิมแบบทรงกระบอกติดไฟช้า ควรพัฒนารูปทรงให้ติดไฟได้ง่าย และให้มีรูปทรงแปลกใหม่กว่าที่มีในท้องตลาด

3. ชื่อผู้สัมภาษณ์ : นาย สมชาย ทิพย์ดารา

สถานที่ทำงาน : ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี

ด้านลักษณะของใบไม้แห้งและสภาพปัญหา ช่วงฤดูร้อนเศษใบไม้แห้งจะกระจัดกระจายเต็มพื้นที่ป่าทำให้เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าและยากต่อการควบคุมเนื่องจากปริมาณของเชื้อเพลิงที่มีจำนวนมาก

ด้านแนวทางพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง การนำเศษใบไม้แห้งมาผลิตเป็นวัสดุเชื้อเพลิงทำให้ชาวบ้านดำรงชีวิตได้ เนื่องจากชาวบ้านที่ยากจนไม่สามารถซื้อแก๊สในราคาสูงได้ ชาวบ้านจึงใช้ไม้ในการทำฟืนในการหุงต้มอาหาร ทำให้บางคนต้องตัดไม้ทำลายป่าเพื่อมาดำรงชีวิต

ดังนั้นเมื่อนำเศษใบไม้แห้งมาทำวัสดุเชื้อเพลิงจึงช่วยลดการตัดไม้ทำลายป่า และลดปริมาณเชื้อเพลิงในการเกิดเหตุไฟป่าได้ด้วย

ด้านความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงไม่ควรมีเครื่องจักรในการทำงาน ควรใช้แรงคนในการอัด การทำงานต้องไม่ซับซ้อน วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงสามารถหาได้ง่ายในพื้นที่

ด้านความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับรูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ควรพัฒนารูปทรงที่สามารถติดไฟง่าย และสวยงามแลกใหม่ หากสามารถบ่งบอกถึงวัสดุที่ใช้ในการนำมาผลิตวัสดุเชื้อเพลิงคือทำมาจากใบไม้ได้ก็จะเป็นจุดเด่นสร้างความแตกต่างในท้องตลาด

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตามกรอบแนวคิดและทฤษฎีการศึกษา เพื่อหาแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งสรุปได้ ดังนี้

4.2.1 แนวความคิดในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งจากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้ และจากการลงพื้นที่เพื่อทดสอบผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง การทดลองผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วงด้วยเครื่องผลิตแบบอุตสาหกรรม และข้อมูลแบบสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี นำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในการสร้างแรงบันดาลใจในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เพื่อให้ได้เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงที่มีแรงอัดที่ในการขึ้นรูปวัสดุเชื้อเพลิงให้มีความแข็งแกร่ง โดยการทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ราคาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงไม่แพง วัสดุในการผลิตสามารถหาได้ในพื้นที่ ชาวบ้านสามารถผลิตเองได้

4.2.2 จากกรอบแนวความคิดเทคนิค QFD (Quality function deployment)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้กับเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อทำการออกแบบ และพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้สนใจผลิตภัณฑ์ตารางความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย (Costomer Rerquirements) เพื่อนำมาหาความต้องการของผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำความต้องการโดยใช้แผนภาพเชื่อมโยง (Affnity Diagram) ได้ถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายในขั้นตอนการออกแบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย และถ่ายทอดความต้องการของกลุ่มเป้าหมายให้เป็นเป้าหมายในการออกแบบโดยการใช้แผนผัง (House of Quality) โดยได้วิเคราะห์แนวทางในการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยได้แบ่งความสำคัญของบ้านคุณภาพ เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ตารางความต้องการลูกค้า (Customer Requirement)

การสอบถามความต้องการของลูกค้า เป็นการลงพื้นที่เก็บข้อมูล จากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 18 คน โดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายดังนี้

- เจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี 15 คน
- ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตวัสดุเชื้อเพลิง 3 คน

จากผลการสอบถามนำข้อมูลที่ได้ รวบรวมแบบแผนภาพกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram) โดยแบ่งข้อคำถามตามกรอบแนวความคิดด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ของ สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ (2540:64-69) ดังนี้

1 หน้าที่ใช้สอย (Function)

2 ความปลอดภัย (Safety)

3 ความแข็งแรง (Construction)

4 ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Ergonomics)

5 ความสวยงามน่าใช้ (Aesthetics or Sales appeal)

6 ราคา (Cost)

7 การซ่อมแซมง่าย (Ease of maintenance)

ในข้อคำถามได้มีเพิ่มเติมส่วนความต้องการของผู้ออกแบบเพื่อเสนอแนะความต้องการและดูผลของเสียงตอบรับจากกลุ่มเป้าหมาย

2. ตารางส่วนคุณลักษณะทางคุณภาพ เป็นรายละเอียดทางเทคนิคที่สำพันธ์กับความต้องการของลูกค้าแยกออกเป็น 3 ส่วน Performance Measures Size reange Technical detail

Performance Measures ตัวชี้วัดสมรรถนะในเรื่องมาตรฐานของเครื่อง น้ำของตัวเครื่อง และขนาดช่องใส่เศษใบไม้แห้ง

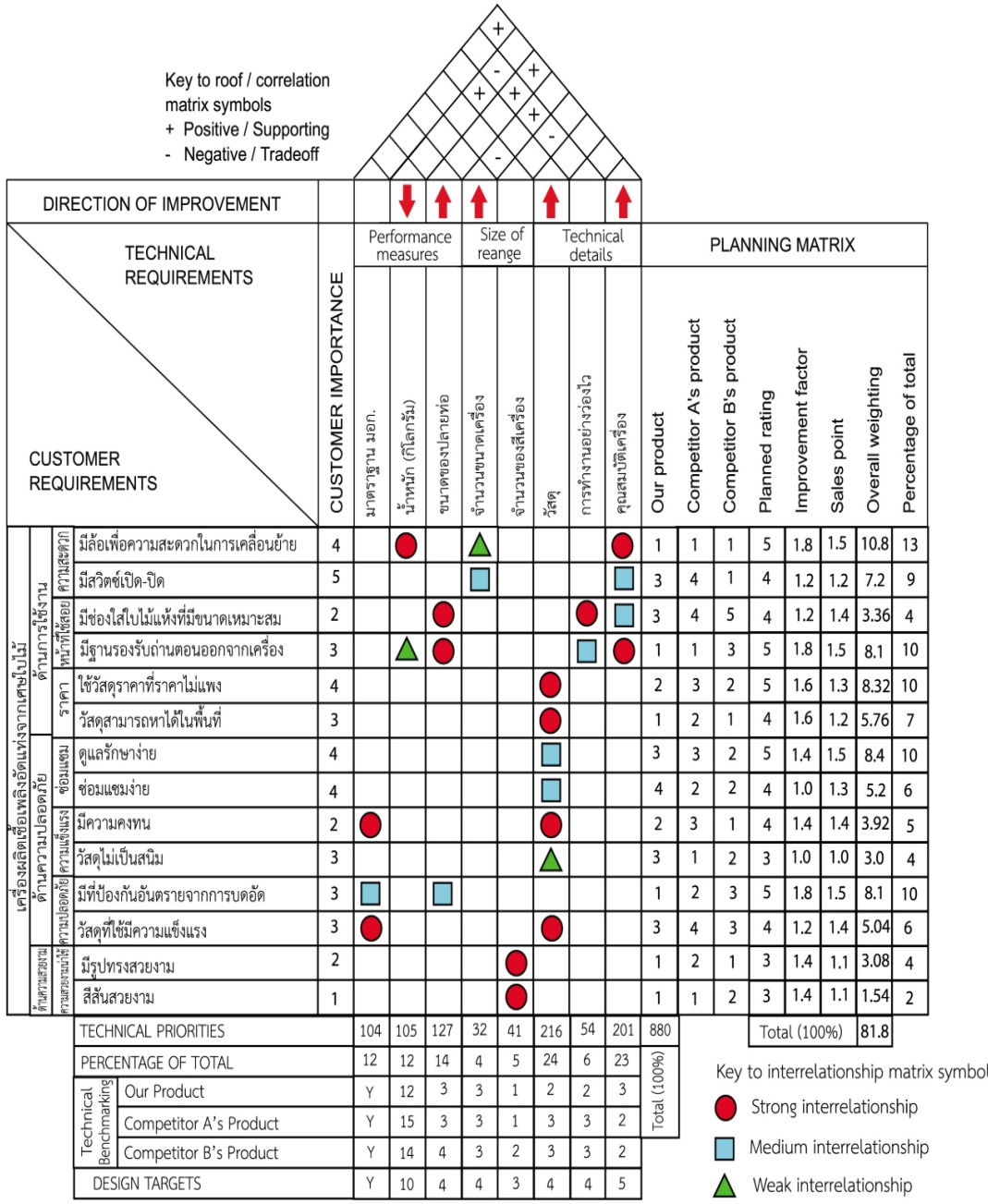
Size of reange เป็นตัวชี้วัดสมรรถนะ ในเรื่องขนาดของตัวเครื่อง ขนาดช่องใส่เศษใบไม้แห้ง ขนาดช่องทางออกของเชื้อเพลิง

Technical detail เป็นคุณลักษณะรายละเอียดทางเทคนิคเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะ ในเรื่องวัสดุที่ราคาไม่แพง ชาวบ้านสามารถหาได้ในพื้นที่ การทำงานต่อเนื่องได้เป็นเวลานานๆโดยที่เครื่องไม่ร้อนมากก

ตารางส่วนสัมพันธ์ในเชิงเทคนิคในลักษณะ Direction of improvement คือ ทิศทางของการปรับปรุง แสดงด้วยลูกศรสีแดง แสดงลูกศรชี้ขึ้น หมายถึง สิ่งที่ควรพัฒนาให้ดีขึ้น แสดงลูกศรชี้ลงหมายถึง สิ่งที่ควรพัฒนาให้ลดลง ในส่วนตารางที่ไม่แสดงสัญลักษณ์ หมายถึง คุณลักษณะทางคุณภาพที่พอใจแล้วจะเว้นว่างไว้ จากตาราง สิ่งที่ควรพัฒนาให้ดีขึ้น การเคลื่อนย้ายที่สะดวกสามารถเข้าไปในพื้นที่ได้ ขนาดช่องใส่ใบไม้แห้งที่สามารถใส่ได้เป็นจำนวนมาก วัสดุที่ชาวบ้านสามารถหาได้ในพื้นที่และมีราคาที่ไม่แพง

3.ตารางส่วนความสัมพันธ์ (Relationships) ส่วนนี้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนความต้องการลูกค้า (Customer Requirements) กับตารางส่วนคุณลักษณะทางคุณภาพ**TECHNICAL PRIORTIES** เป็นการรวมค่าคะแนน ของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนความต้องการ กับตารางส่วนคุณลักษณะทางคุณภาพ ซึ่งค่าคะแนนจะแสดงถึงของเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่า และผู้เชียวชาญจะให้ความสำคัญกับค่าคะแนนที่มากกว่าข้ออื่น

Technical Benchmarking Our Product Competitor A’s Product Competitor B’s Product เป็นการเปรียบเทียบทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ เรากับคู่แข่ง A และผลิตภัณฑ์ของคู่แข่ง B ทำให้เราเห็นข้อมูลทางเทคนิคได้ชัดเจนยิ่งขึ้นมองเห็นเป้าหมายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของผู้วิจัย DESIGN TARGETS



ภาพที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบโดยใช้ทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Mizuno. Quality Function Deployment 1960 : 4)

โดย : วสวัตต์ โตจีน (20 เมษายน 2559)

จากข้อมูลภาพที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ โดยนำผลการตอบแบบสัมภาษณ์ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้ จำนวน 3 ท่าน เพื่อมาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยใช้ทฤษฎี Quality Function Deployment ผู้วิจัยควรพัฒนาด้านความสะดวก ดังนี้ มีล้อเพื่อความสะดวกใน

การเคลื่อนย้ายคิดเป็น ร้อยละ 13 เครื่องมีสวิตซ์เปิด-ปิดคิดเป็น ร้อยละ 9 ด้านหน้าที่ใช้สอย มีช่องใส่ใบไม้แห้งที่มีขนาดเหมาะสมคิดเป็น ร้อยละ 4 มีฐานรองรับถ่านตอนออกจากเครื่องคิดเป็น ร้อยละ 10 ด้านราคา ใช้วัสดุในการผลิตราคาไม่แพงคิดเป็น 10% วัสดุสามารถหาได้ในพื้นที่ 7% ด้านการซ่อมแซม การดูแลรักษาง่ายคิดเป็น ร้อยละ 10 ซ่อมแซมง่ายคิดเป็นร้อยละ 6 ด้านความแข็งแรง วัสดุที่ใช้ในการผลิตมีความคงทนคิดเป็น ร้อยละ 5 วัสดุที่ใช้ในการผลิตไม่เป็นสนิมคิดเป็น ร้อยละ 4 ด้านความปลอดภัย มีที่ป้องกันอันตรายจากการอัดวัสดุเชื้อเพลิงคิดเป็น 10% วัสดุที่ใช้ผลิตมีความแข็งแรงคิดเป็นร้อยละ 6 ด้านความสวยงามน่าใช้ มีรูปทรงสวยงามคิดเป็น ร้อยละ 4 สีสันสวยงามคิดเป็น ร้อยละ 2

สรุปเป้าหมายของการออกแบบ(Design Targets) ผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้ ในส่วนของเสียงจากความต้องการของลูกค้า สิ่งที่ลูกค้ามีความต้องการในส่วนของการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงเศษใบไม้แห้ง คือ มีสวิตซ์ปิด-เปิด ดูแลรักษาง่าย และมีล้อเพื่อสะดวกในการขนย้าย เมื่อนำเสียงความต้องการของลูกค้ามาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ข้างเคียงและผลิตภัณฑ์คู่แข่งผ่านการคำนวณของส่วนการวางแผน พบว่า ค่าคะแนนที่สูงสุด 2 ค่าคะแนน คือ มีล้อเพื่อสะดวกในการขนย้าย และมีลำดับคะแนนรองลงมาเท่ากัน 4 ข้อ คือ มีฐานรองรับถ่านตอนออกจากเครื่อง ใช้วัสดุราคาไม่แพง ดูแลรักษาง่าย และมีที่ป้องกันอันตรายจากการบดอัด โดยจากผลของส่วนวางแผน จึงนำไปเป็นแนวทางในตั้งข้อมูลในส่วนของคุณลักษณะทางคุณภาพ เพื่อใส่ค่าความสัมพันธ์เชิงสัญญาลักษณ์ ระหว่าง ความต้องการของลูกค้ากับคุณลักษณะทางคุณภาพ โดยผลจากการวิเคราะห์ในส่วนของผลรวมทางเทคนิคมีค่าคะแนนสูงสุด 3 ลำดับแรกคือ วัสดุ คุณสมบัติเครื่อง และขนาดของปลายท่อ ซึ่งจากผลข้อมูลพบว่ามีความสัมพันธ์กับผลการคำนวณของส่วนการวางแผน ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำผลนี้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงและผลิตภัณฑ์คู่แข่ง เพื่อเป็นแนวทางของการกำหนดเป้าหมายการออกแบบ ซึ่งพบว่า เป้าหมายในการออกแบบคือ ผลิตภัณฑ์ต้องผ่านการตรวจสอบมาตรฐานอุตสาหกรรม มีน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม และให้ค่าคะแนนความสำคัญสูงสุด คือ 5 คะแนน ได้แก่ คุณสมบัติเครื่อง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่มีความโดดเด่น ค่าคะแนนรองลงมา คือ 4 คะแนน ได้แก่ ขนาดของปลายท่อ จำนวนขนาดเครื่อง วัสดุ และการทำงานอย่างว่องไว และค่าคะแนนที่มีค่าความสำคัญน้อยที่สุด คือ 3 ได้แก่ จำนวนสีของเครื่อง

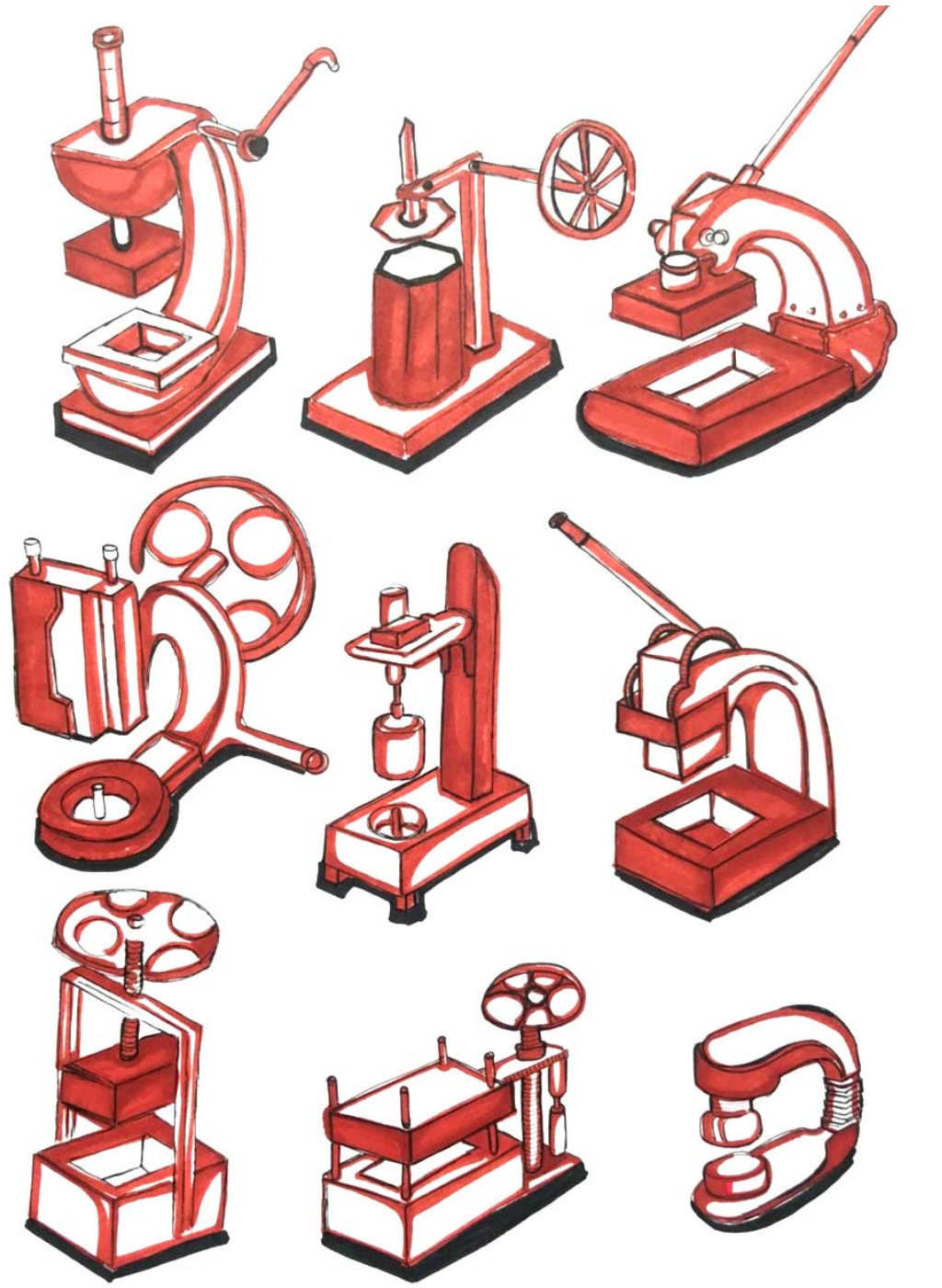
4.2.3 ผู้วิจัยได้นำการศึกษากระบวนการใช้มโนทัศน์เพื่อการคิดอย่างสร้างสรรค์

(ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. 2557 : 17) นำมาสร้างกระบวนการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์จากแรงบันดาลใจทางการออกแบบร่วมกับประเด็นการแก้ไขปัญหาการวิจัย โดยนำทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอยในหลักการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หารูปแบบในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง และรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยการสร้างแบบร่าง (Idea Sketch) โดยใช้หลักการในการวิเคราะห์ตามตารางเมตริกสัมพันธ์เพื่อเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เข้าสู่เกณฑ์การพิจารณาสู่ขั้นตอนต่อไป คือ การสร้างเครื่องมือแบบสอบถามจากการสร้างแบบนำเสนอ (Sketch Design) และหลังจากนั้นนำแบบสอบถามนำเสนอเพื่อขอคำปรึกษาจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนา

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

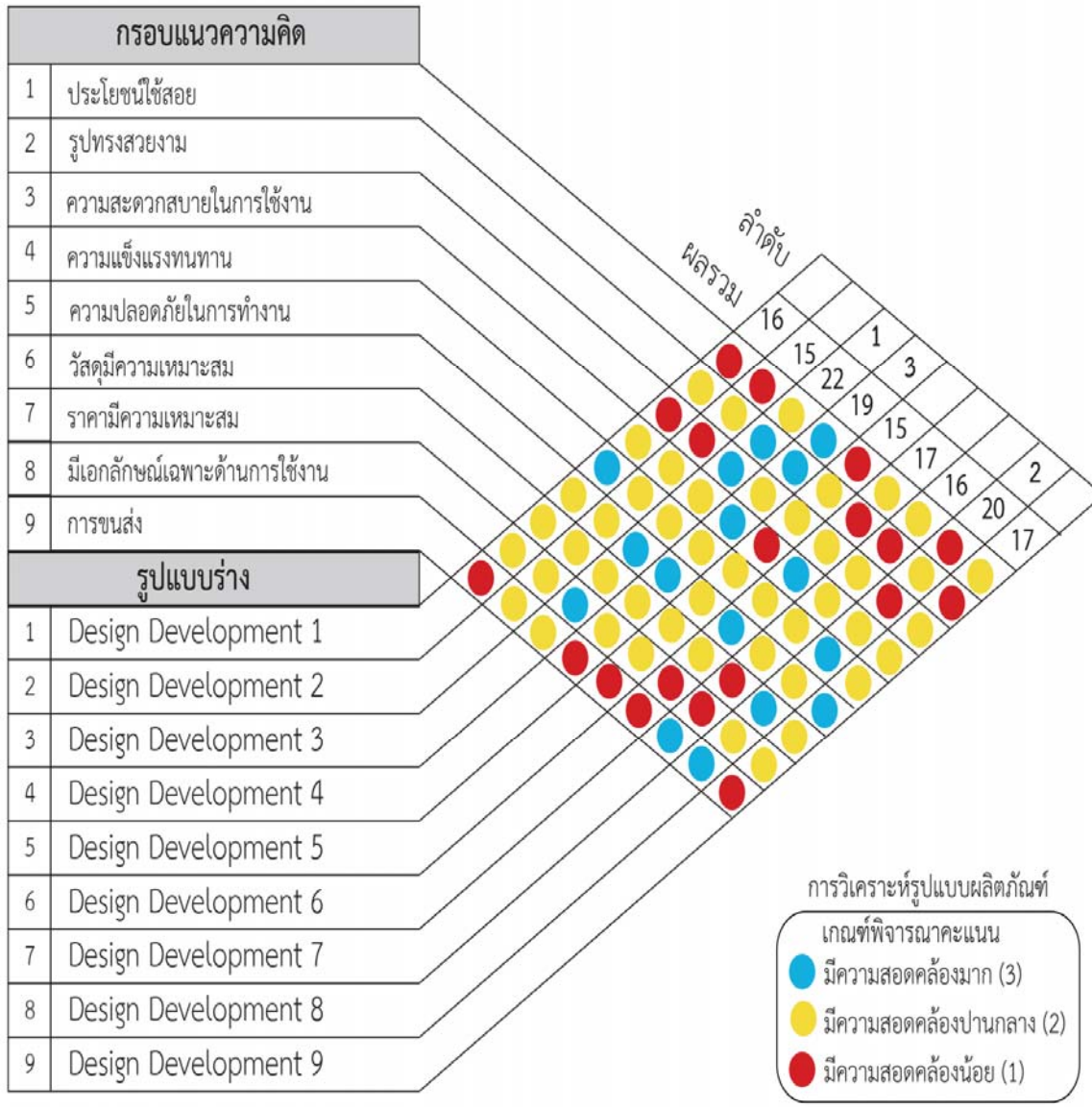
จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการตัดทอนรูปแบบลดลงโดยการสร้างตารางเพื่อพิจารณาให้ผลออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ โดยกำหนดกรอบในการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ 3 ระยะ และนำไปทำการ

ออกแบบพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง และรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้รูปแบบที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสม

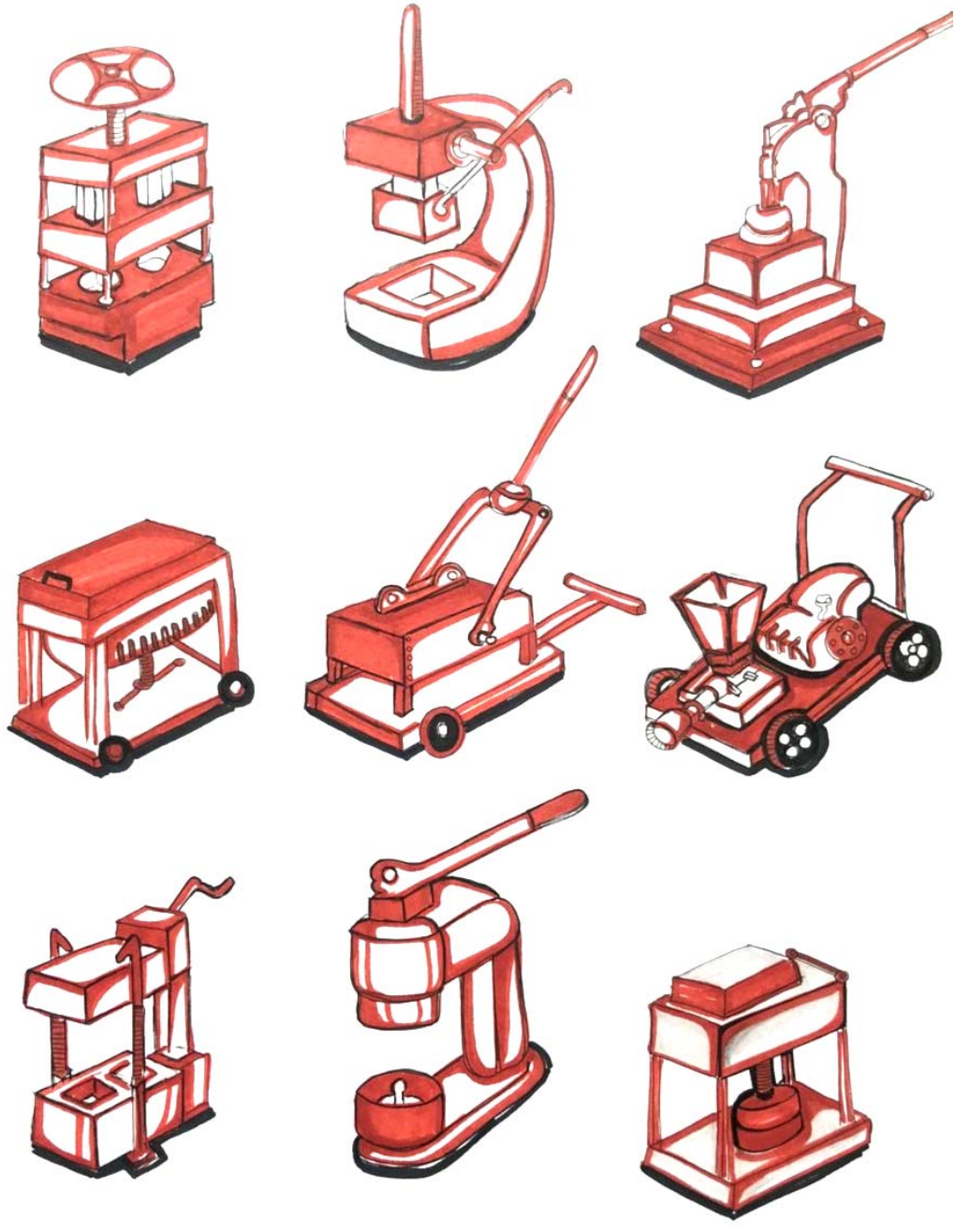


ภาพที่ 4.6 แสดงแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 1
โดย : วสวัตต์ โตจีน (10 พฤษภาคม 2559)

ตารางที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 1 โดยใช้ทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพวิศวกรรมย้อนรอย

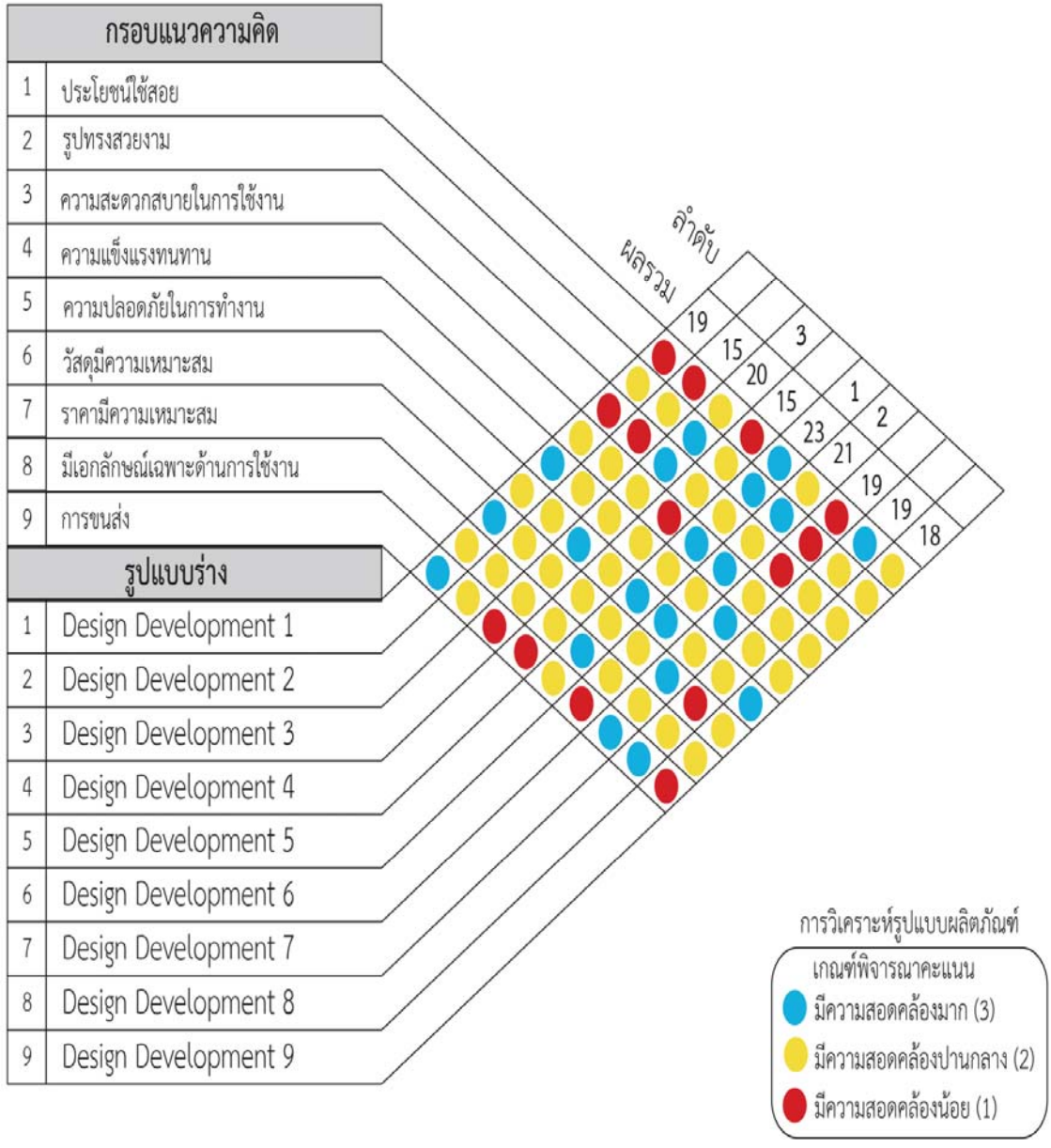


จากผลการประเมินเพื่อเลือกรูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ระยะที่ 1 จำนวน 9 แบบ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามตารางเมตริกสัมพันธ์เพื่อเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด พบว่า รูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่รูปแบบที่ 3,7,4 ตามลำดับมีความเหมาสมจากมากไปหาน้อย โดยรูปแบบที่ได้อันดับที่ 1 ได้แก่รูปแบบที่ 3 อันดับที่ 2 ได้แก่ รูปแบบที่ 7 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 4

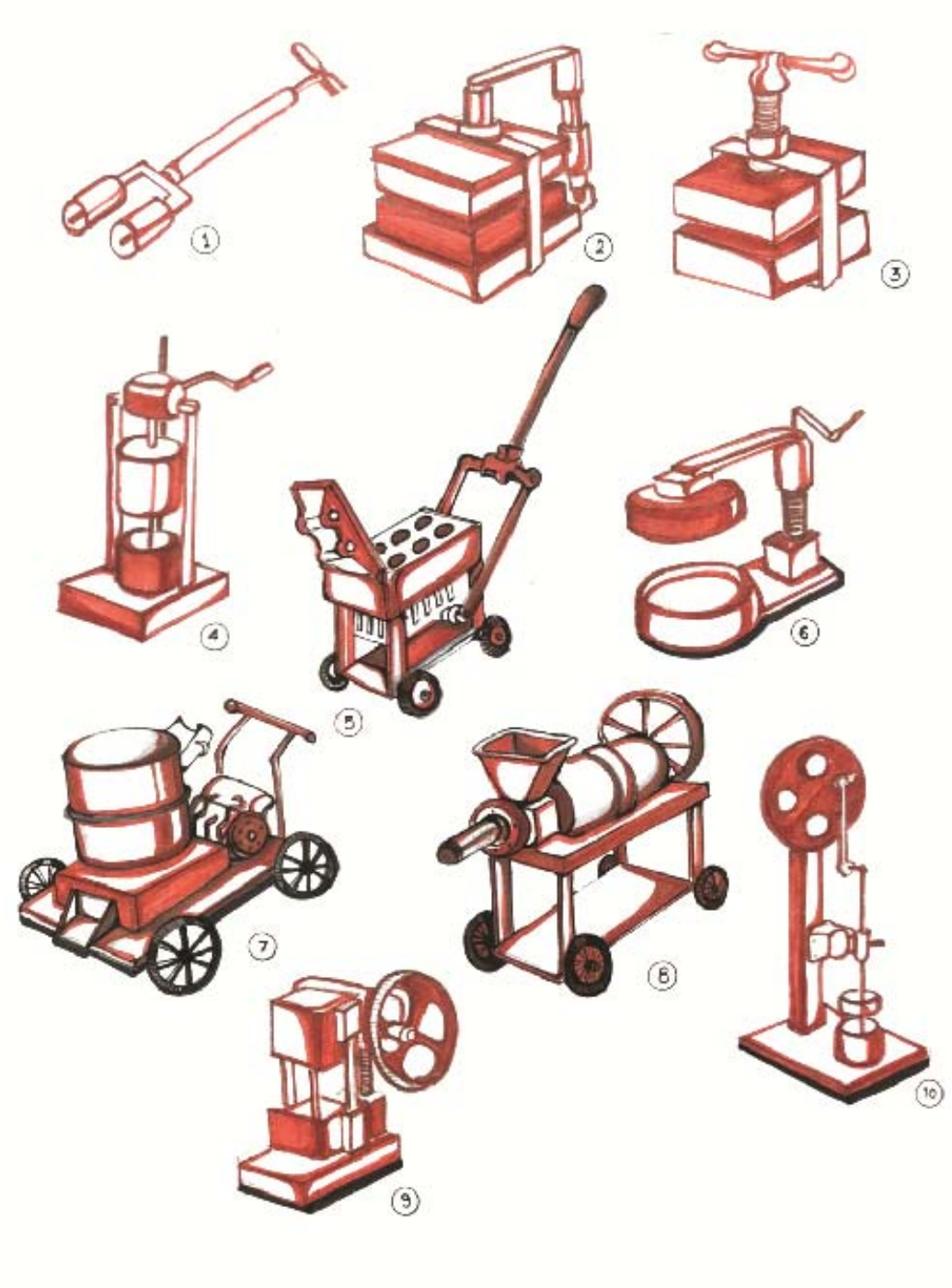


ภาพที่ 4.7 แสดงแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 2
โดย : วสวัตต์ โตจีน (17 พฤษภาคม 2559)

ตารางที่ 4.2 แสดงการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 9 แบบ ระยะที่ 2 โดยใช้ทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพวิศวกรรมย้อนรอย



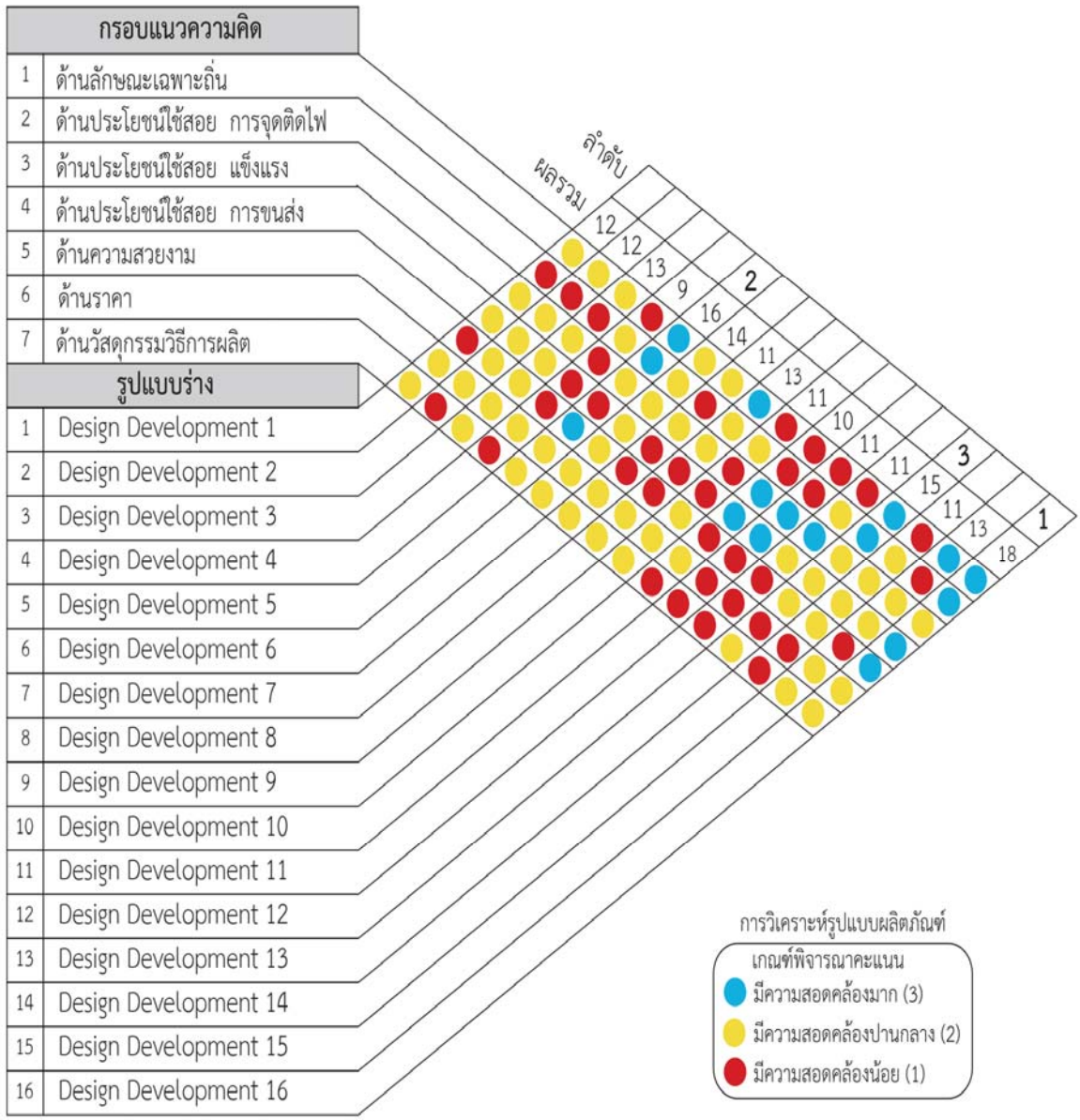
จากผลการประเมินเพื่อเลือกรูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ระยะที่ 2 จำนวน 9 แบบ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามตารางเมตริกสัมพันธ์เพื่อเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด พบว่า รูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่รูปแบบที่ 3,5,6 ตามลำดับมีความเหมาสมจากมากไปหาน้อย โดยรูปแบบที่ได้อันดับที่ 1 ได้แก่รูปแบบที่ 5 อันดับที่ 2 ได้แก่ รูปแบบที่ 6 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 3



ภาพที่ 4.8 แสดงแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 10 แบบ ระยะที่ 3

โดย : วสวัตต์ โตจีน (10 เมษายน 2560)

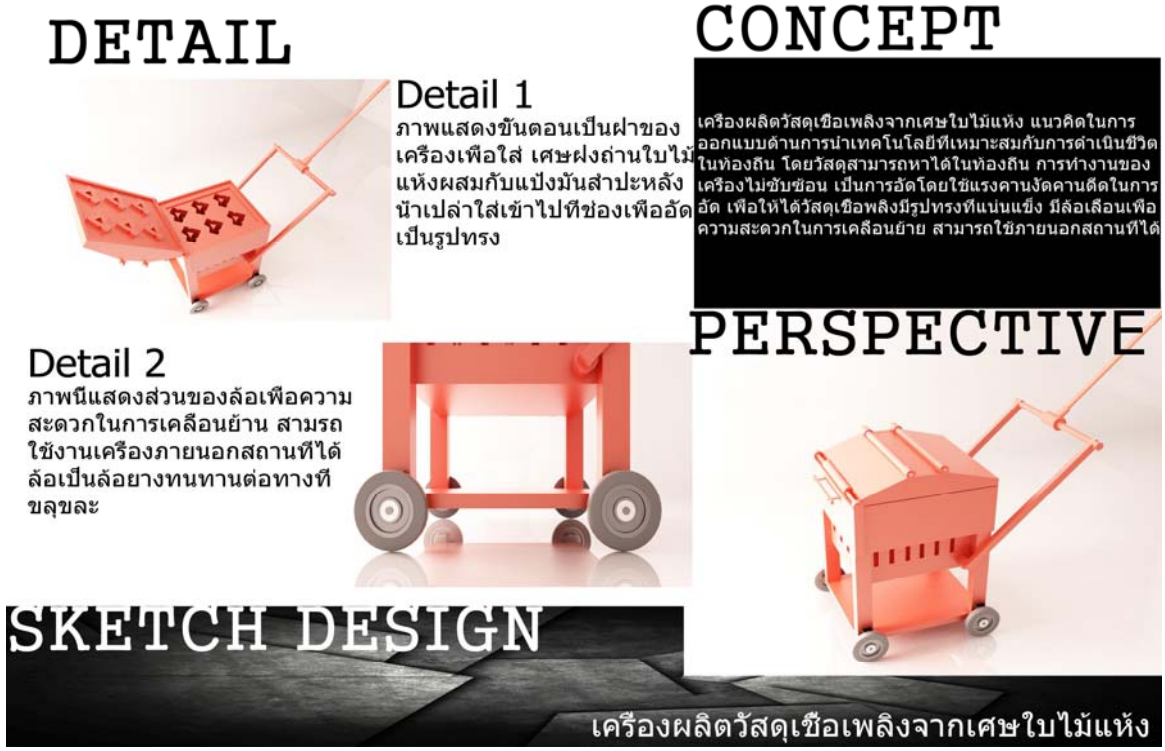
ตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 16 แบบ ระยะที่ 3 โดยใช้ทฤษฎีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพวิศวกรรมย้อนรอย



จากผลการประเมินเพื่อเลือกรูปแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ระยะที่ 3 จำนวน 16 แบบ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ตามตารางเมตริกสัมพันธ์เพื่อเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด พบว่า รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่รูปแบบที่ 5,13,16 ตามลำดับมีความเหมาสมจากมากไปหาน้อย โดยรูปแบบที่ได้อันดับที่ 1 ได้แก่รูปแบบที่ 5 อันดับที่ 2 ได้แก่ รูปแบบที่ 16 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 13

4.2.4 ผลการออกพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิง

4.2.4.1 ด้านผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จากการประเมินความเหมาะสม ตัดทอนรูปแบบด้วยทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอย ตามเกณฑ์การออกแบบ โดยเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 3 รูปแบบ นำมาออกแบบ Sketch design เพื่อนำไปประเมินหาค่าความเหมาะสมของรูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง อันประกอบไปด้วย รูปแบบที่ 1 คือ รูปแบบ 5 รูปแบบที่ 2 คือ รูปแบบ 7 และรูปแบบที่ 3 คือ รูปแบบ 8



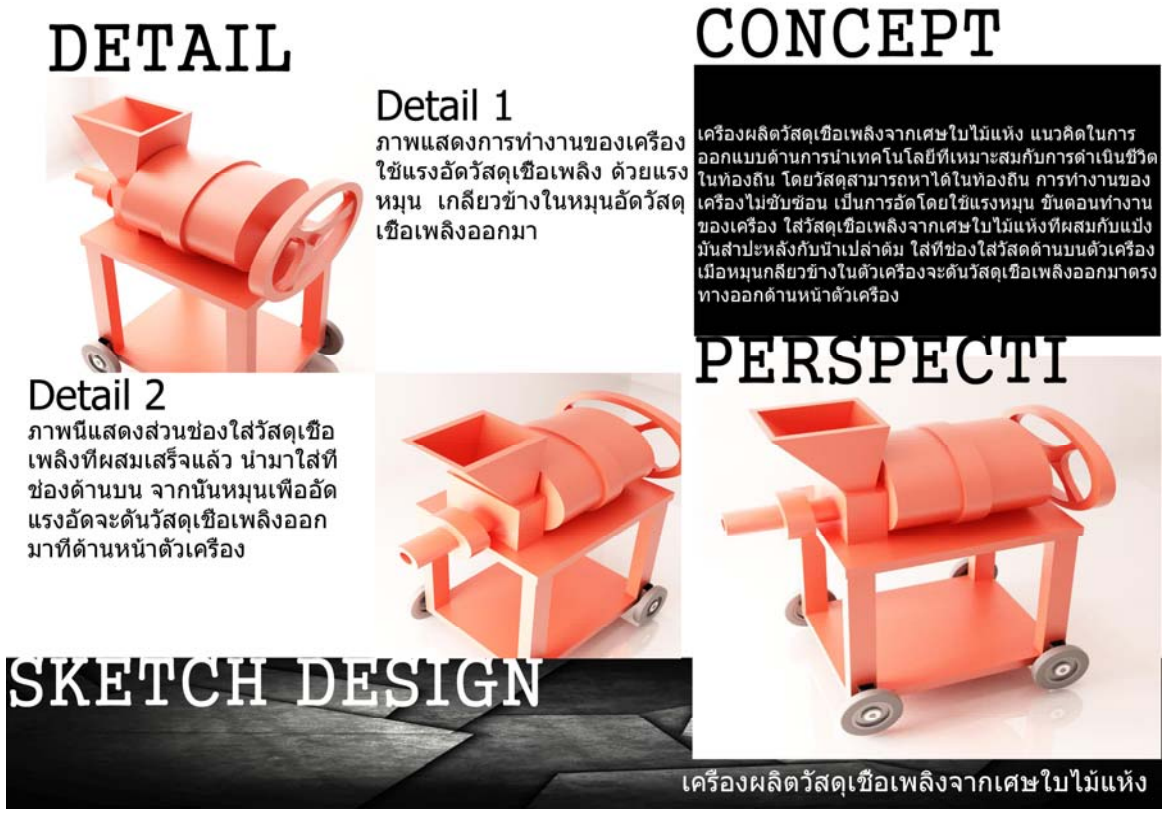
ภาพที่ 4.9 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1
โดย : วสวัตต์ โตจีน (27 ตุลาคม 2559)

ผลการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1 รูปแบบ 5 พบว่า การอัดวัสดุเชื้อเพลิง ใช้วิธีอัดวัสดุเชื้อเพลิงด้วยแรงคานงัดคานดีด ซึ่งมีแรงอัดที่มากทำให้วัสดุเชื้อเพลิงมีความแน่นและเป็นทรงที่สวยงาม วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องเป็นเหล็กแข็งแรงทนทาน สามารถใช้งานได้นาน การทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ไม่ใช้เครื่องจักรหรือไฟฟ้าในการทำงานของเครื่อง สามารถทำงานภายนอกสถานที่ได้ ตัวเครื่องมีล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการขนส่ง

ภาพที่ 4.10 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2

โดย : วสวัตต์ โตจีน (28 ตุลาคม 2559)

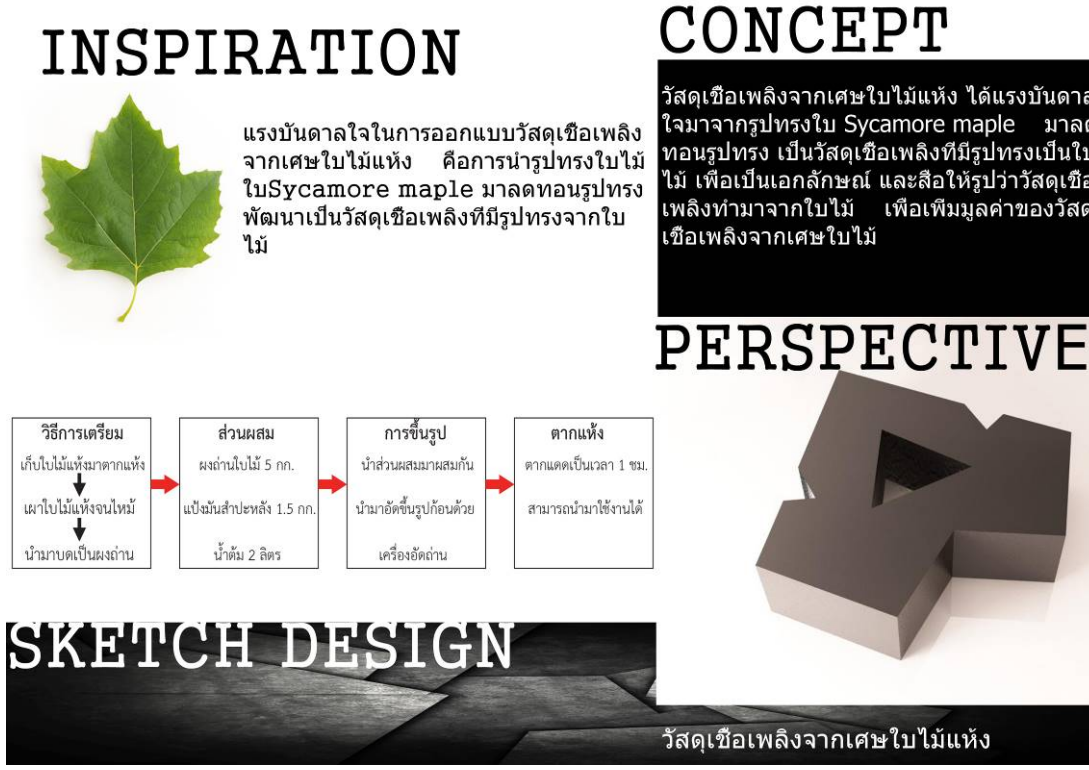
ผลการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2 รูปแบบ 7 พบว่า การอัดวัสดุเชื้อเพลิง วิธีที่ใช้อัดวัสดุเชื้อเพลิงทำงานด้วยมอเตอร์ใช้น้ำมันในการทำงาน ซึ่งมีแรงอัดที่มีกำลังในการอัดมากทำให้วัสดุเชื้อเพลิงมีความแน่นและเป็นทรงแข็ง สามารผลิตได้ปริมาณมาก วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องเป็นเหล็กแข็งแรงทนทาน สามารถใช้งานได้นาน การทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ตัวเครื่องมีล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการขนส่ง



ภาพที่ 4.11 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3
โดย : วสวัตต์ โตจีน (29 ตุลาคม 2559)

ผลการวิเคราะห์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3 รูปแบบ 8 พบว่า การอัดวัสดุเชื้อเพลิง ใช้วิธีอัดวัสดุเชื้อเพลิงด้วยแรงหมุนข้างในเครื่องเป็นเกลียวในการอัดวัสดุเชื้อเพลิง ซึ่งมีแรงอัดที่มากทำให้วัสดุเชื้อเพลิงมีความแน่นและเป็นทรงที่สวยงาม วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องเป็นเหล็กแข็งแรงทนทาน สามารถใช้งานได้นาน การทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ไม่ใช้เครื่องจักรหรือไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องใช้แรงคนในการหมุนเพื่ออัดวัสดุเชื้อเพลิง สามารถทำงานภายนอกสถานที่ได้ ตัวเครื่องมีล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการขนส่ง

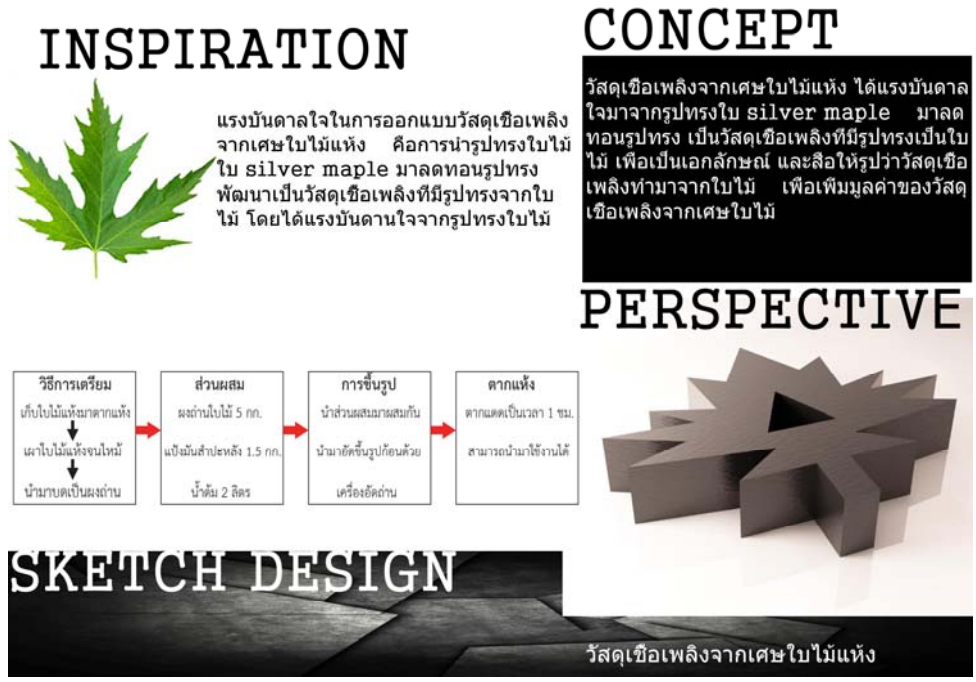
4.2.4.2 ด้านผลการออกแบบและพัฒนาวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จากการประเมินความเหมาะสม ตัดทอนรูปแบบด้วยทฤษฎีวิศวกรรมย้อนรอย ตามเกณฑ์การออกแบบ โดยวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จำนวน 3 รูปแบบ นำมาออกแบบ Sketch design เพื่อนำไปประเมินหาค่าความเหมาะสมของรูปแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งอันประกอบไปด้วย รูปแบบที่ 1 คือ รูปแบบ 5 รูปแบบที่ 2 คือ รูปแบบ 13 และรูปแบบที่ 3 คือ รูปแบบ 16



ภาพที่ 4.12 แสดงแบบ Sketch design วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1

โดย : วสวัตต์ โตจีน (27 ตุลาคม 2559)

ผลการวิเคราะห์วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1 รูปแบบ 5 พบว่ารูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงพัฒนารูปทรงมาจากใบ Sycamore maple มาพัฒนาตัดทอดรูปทรงเพื่อต้องการให้เป็นเอกลักษณ์ของวัสดุเชื้อเพลิงทำมาจากเศษใบไม้แห้ง และเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเชื้อ รูปทรงมีมุมหลายมุมเพื่อง่ายต่อการจุดติดไฟ และเมื่อไปอยู่ในเตาการที่รูปทรงไม่เป็นทรงทึบทำให้มีอากาศเวลาจุดไฟทำให้มีช่องอากาศเยอะทำให้จุดติดไฟง่าย นอกจากใช้วัสดุเชื้อเพลิงในการทำฝืนเพื่อหุงต้มหรือเผาแล้ว รูปทรงที่สวยงามและแปลกใหม่ของวัสดุเชื้อเพลิง ยังนำมาเป็นที่ดูดกลิ่นในห้อง ตู้เสื้อผ้า และในตู้เย็น



ภาพที่ 4.13 แสดงแบบ Sketch design วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2
โดย : วสวัตต์ โตจีน (28 ตุลาคม 2559)

ผลการวิเคราะห์วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2 รูปแบบ 13 พบว่ารูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงพัฒนารูปทรงมาจากใบไม้ เพื่อต้องการให้เป็นเอกลักษณ์ของวัสดุเชื้อเพลิงทำมาจากเศษใบไม้แห้ง รูปทรงมีมุมหลายมุมเพื่อง่ายต่อการจุดติดไฟ และเมื่อไปอยู่ในเตาการที่รูปทรงไม่เป็นทรงทึบทำให้มีอากาศเวลาจุดไฟทำให้มีช่องอากาศเยอะทำให้จุดติดไฟง่าย

ภาพที่ 4.14 แสดงแบบ Sketch design วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3
โดย : วสวัตต์ โตจีน (29 ตุลาคม 2559)

ผลการวิเคราะห์วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3 รูปแบบ 16 พบว่ารูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงพัฒนารูปทรงมาจากใบ Silver maple มาพัฒนาตัดทอดรูปทรงเพื่อต้องการให้เป็นเอกลักษณ์ของวัสดุเชื้อเพลิงทำมาจากเศษใบไม้แห้ง และเพิ่มมูลค่าของวัสดุเชื้อเพลิง รูปทรงมีมุมหลายมุมเพื่อง่ายต่อการจุดติดไฟ และเมื่อไปอยู่ในเตาการที่รูปทรงไม่เป็นทรงทึบทำให้มีอากาศเวลาจุดไฟทำให้มีช่องอากาศเยอะทำให้จุดติดไฟง่าย

4.2.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงและรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิง

4.2.5.1 ด้านผลการวิเคราะห์แบบประเมินการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{x}$	S.D.	
1.	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**			
	1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้	4.60	0.52	มากที่สุด
	1.2 สัดส่วนเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	4.30	0.67	มาก
	1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย	3.70	0.67	มาก
2.	**ด้านความสวยงาม**			
	2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม	4.50	0.53	มากที่สุด
	2.2 สวยงาม เรียบง่าย	3.90	0.88	มาก
	2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม	4.00	0.82	มาก
	2.4 รูปแบบมีความทันสมัย	3.70	0.67	มาก
3.	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	4.10	0.74	มาก
	3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย	3.50	0.53	ปานกลาง
	3.3 ขนาดเหมาะสม	4.40	0.84	มาก
4.	**ด้านวัสดุ**			
	4.1 ผลิตได้ง่าย	4.20	0.63	มาก
	4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน	4.00	0.82	มาก
	4.3 ราคาเหมาะสม	3.60	0.70	มาก
	4.4 วัสดุหาได้ง่าย	3.20	0.42	ปานกลาง
5.	**ด้านความแข็งแรงคงทน**			
	5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	4.20	0.79	มาก
	5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ	4.10	0.74	มาก
	5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง	4.30	0.82	มาก
	ผลรวม	4.02	0.69	มาก

ตารางที่ 4.4 พบว่าการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.02) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.69) ด้านประโยชน์ใช้สอย พบว่า เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.60) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.52) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความสวยงาม พบว่า รูปแบบมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความปลอดภัย พบว่า การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.10) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.74) อยู่ในระดับมาก ด้านวัสดุ พบว่า ผลิตได้ง่าย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.20) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.63) อยู่ในระดับมาก ด้านความแข็งแรงคงทน พบว่า โครงสร้างมีความแข็งแรง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.30) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.82) อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**			
	1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้	3.10	0.57	ปานกลาง
	1.2 สัดส่วนเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	3.30	0.48	ปานกลาง
	1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย	3.60	0.52	มาก
2	**ด้านความสวยงาม**			
	2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม	3.33	0.48	ปานกลาง
	2.2 สวยงาม เรียบง่าย	3.00	0.67	ปานกลาง
	2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม	3.40	0.52	ปานกลาง
	2.4 รูปแบบมีความทันสมัย	3.40	0.70	ปานกลาง
3	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	3.20	0.63	ปานกลาง
	3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย	3.20	0.42	ปานกลาง
	3.3 ขนาดเหมาะสม	3.40	0.52	ปานกลาง

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{X}$	S.D.	
4	**ด้านวัสดุ**			
	4.1 ผลิตได้ง่าย	3.70	0.48	มาก
	4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน	3.40	0.52	ปานกลาง
	4.3 ราคาเหมาะสม	3.30	0.48	ปานกลาง
	4.4 วัสดุหาได้ง่าย	3.30	0.52	ปานกลาง
5	**ด้านความแข็งแรงคงทน**			
	5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	3.50	0.48	มาก
	5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ	3.40	0.53	ปานกลาง
	5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง	3.50	0.52	มาก
	ผลรวม	3.35	0.53	ปานกลาง

ตารางที่ 4.5 พบว่าการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.35) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) ด้านประโยชน์ใช้สอย พบว่า การใช้งานง่าย สะดวกสบาย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.60) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.52) อยู่ในระดับมาก ด้านความสวยงาม พบว่า รูปแบบมีความทันสมัย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.40) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.70) อยู่ในระดับปานกลาง ด้านความปลอดภัย พบว่า ขนาดเหมาะสม ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.40) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.52) อยู่ในระดับปานกลาง ด้านวัสดุ พบว่า ผลิตได้ง่าย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.70) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.48) อยู่ในระดับมาก ด้านความแข็งแรงคงทน พบว่า แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.48) อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**			
	1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้	3.30	0.48	ปานกลาง
	1.2 สัดส่วนเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	3.50	0.53	มาก
	1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย	3.30	0.48	ปานกลาง
2	**ด้านความสวยงาม**			
	2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม	3.33	0.48	ปานกลาง
	2.2 สวยงาม เรียบง่าย	3.50	0.71	มาก
	2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม	3.40	0.52	ปานกลาง
	2.4 รูปแบบมีความทันสมัย	3.40	0.52	ปานกลาง
3	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	3.40	0.52	ปานกลาง
	3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย	3.50	0.53	มาก
	3.3 ขนาดเหมาะสม	3.30	0.48	ปานกลาง
4	**ด้านวัสดุ**			
	4.1 ผลิตได้ง่าย	3.30	0.48	ปานกลาง
	4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน	3.30	0.48	ปานกลาง
	4.3 ราคาเหมาะสม	3.30	0.48	ปานกลาง
	4.4 วัสดุหาได้ง่าย	3.50	0.53	มาก
5	**ด้านความแข็งแรงคงทน**			
	5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	3.30	0.48	ปานกลาง
	5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ	3.20	0.43	ปานกลาง
	5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง	3.30	0.48	ปานกลาง
	ผลรวม	3.36	0.51	ปานกลาง

ตารางที่ 4.6 พบว่าการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.36) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.51) ด้านประโยชน์ใช้สอย พบว่า สัดส่วนเหมาะสมกับผู้ใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) อยู่ในระดับมาก ด้านความสวยงาม พบว่า สวยงาม เรียบง่าย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.71) อยู่ในระดับมาก ด้านความปลอดภัย พบว่า กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) อยู่ในระดับมาก ด้านวัสดุ พบว่า วัสดุหาง่าย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) อยู่ในระดับ

มาก ด้านความแข็งแรงคงทน พบว่า แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ = 3.30) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.48) อยู่ในระดับมาก

ผลวิเคราะห์การพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยมีรูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ทั้งหมด 3 รูปแบบ จะพบว่า รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.02) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.69) รูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.35) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) รูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.36) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.51) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินได้ว่า รูปแบบที่ 5, 7 และ 8 มีความเหมาะสมจะนำไปผลิตต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยอันดับที่ 1 ได้แก่ รูปแบบที่ 5, โดยนำไปผลิตต้นแบบผลิตเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

4.2.5.1 ด้านผลการวิเคราะห์แบบประเมินการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**			
	1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้	4.40	0.07	มาก
	1.2 รูปทรงสามารถจุดติดไฟง่าย	3.50	0.53	มาก
	1.3 รูปสามารถติดไฟเป็นเวลานาน	4.50	0.71	มากที่สุด
2	**ด้านความสวยงาม**			
	2.1 สวยงาม เรียบง่าย	4.20	0.63	มาก
	2.2 รูปทรงมีความแปลกใหม่	4.50	0.71	มากที่สุด
	2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม	4.00	0.82	มาก
3	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	3.50	0.53	มาก
4	**ด้านวัสดุ**			
	4.1 รูปทรงผลิตได้ง่าย	4.10	0.74	มาก
	4.2 ไม่แตกหักง่าย	3.60	0.52	มาก
5	**ด้านความแข็งแรงคงทน**			
	5.1 รูปทรงแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	4.20	0.63	มาก
	5.2 รูปทรงโครงสร้างมีความแข็งแรง	3.90	0.57	ปานกลาง
	ผลรวม	4.04	0.64	มาก

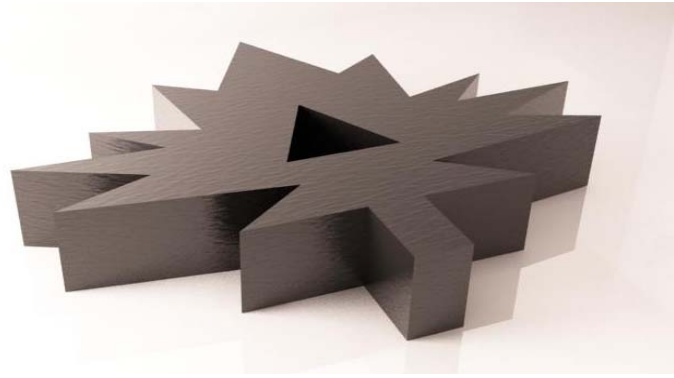
ตารางที่ 4.7 พบว่าการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 1 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.44) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.61) ด้านประโยชน์ใช้สอย พบว่า รูปสามารถติดไฟเป็นเวลานาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.71) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความสวยงาม พบว่า รูปทรงมีความแปลกใหม่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.71) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความปลอดภัย พบว่า การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.50) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.53) อยู่ในระดับมาก ด้านวัสดุ พบว่า ผลิตง่าย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.10) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.74) อยู่ในระดับมาก ด้านความแข็งแรงคงทน พบว่า รูปทรงแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.20) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.63) อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**			
	1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้	3.40	0.52	ปานกลาง
	1.2 รูปทรงสามารถจุดติดไฟง่าย	3.40	0.52	ปานกลาง
	1.3 รูปสามารถติดไฟเป็นเวลานาน	4.00	0.82	มาก
2	**ด้านความสวยงาม**			
	2.1 สวยงาม เรียบง่าย	3.40	0.52	ปานกลาง
	2.2 รูปทรงมีความแปลกใหม่	3.80	0.79	มาก
	2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม	3.40	0.52	ปานกลาง
3	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	4.20	0.79	มาก
4	**ด้านวัสดุ**			
	4.1 รูปทรงผลิตได้ง่าย	3.40	0.52	ปานกลาง
	4.2 ไม่แตกหักง่าย	3.30	0.48	ปานกลาง
5	**ด้านความแข็งแรงคงทน**			
	5.1 รูปทรงแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	3.40	0.52	ปานกลาง
	5.2 รูปทรงโครงสร้างมีความแข็งแรง	3.60	0.70	มาก
	ผลรวม	3.57	0.61	มาก

ตารางที่ 4.8 พบว่าการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 2 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.57) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.61) ด้านประโยชน์ใช้สอย พบว่า รูปสามารถติดไฟเป็นเวลานาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.00) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.82) อยู่ในระดับมาก ด้านความสวยงาม พบว่า รูปทรงมีความแปลกใหม่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.80) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.79) อยู่ในระดับมาก ด้านความปลอดภัย พบว่า

การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.20) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.79) อยู่ในระดับมาก ด้านวัสดุ พบว่า ผลิตง่าย ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.40) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.52) อยู่ในระดับปานกลาง ด้านความแข็งแรงคงทน พบว่า โครงสร้างมีความแข็งแรง ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 3.60) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.70) อยู่ในระดับมาก



ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	(n = 9)		ระดับความคิดเห็น
		$\bar{X}$	S.D.	
1	**ด้านประโยชน์ใช้สอย**			
	1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้	3.30	0.48	ปานกลาง
	1.2 รูปทรงสามารถจุดติดไฟง่าย	3.20	0.42	ปานกลาง
	1.3 รูปสามารถติดไฟเป็นเวลานาน	3.80	0.79	มาก
2	**ด้านความสวยงาม**			
	2.1 สวยงาม เรียบง่าย	3.30	0.48	ปานกลาง
	2.2 รูปทรงมีความแปลกใหม่	3.40	0.70	ปานกลาง
	2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม	3.50	0.85	มาก
3	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	3.60	0.70	มาก
4	**ด้านวัสดุ**			
	4.1 รูปทรงผลิตได้ง่าย	3.30	0.48	ปานกลาง
	4.2 ไม่แตกหักง่าย	3.30	0.48	ปานกลาง
5	**ด้านความแข็งแรงคงทน**			
	5.1 รูปทรงแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	3.90	0.88	มาก
	5.2 รูปทรงโครงสร้างมีความแข็งแรง	3.20	0.42	ปานกลาง
	ผลรวม	3.44	0.61	ปานกลาง

ตารางที่ 4.9 พบว่าการพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง รูปแบบที่ 3 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=3.44,S.D.=0.61) ด้านประโยชน์ใช้สอย พบว่า รูปสามารถติดไฟเป็นเวลานาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=3.80,.D.=0.79) อยู่ในระดับมาก ด้านความสวยงาม พบว่า ขนาดมีความเหมาะสม ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=3.50,.D.=0.85) อยู่ในระดับมาก ด้านความปลอดภัย พบว่า การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=3.60,S.D.=0.70) อยู่ในระดับมาก ด้านวัสดุ พบว่า ผลิตง่าย ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=3.30,S.D.=0.48) อยู่ในระดับปานกลาง ด้านความแข็งแรงคงทน พบว่า แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$= 3.90,S.D.=0.88) อยู่ในระดับมาก

ผลวิเคราะห์การพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยมีรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ทั้งหมด 3 รูปแบบ จะพบว่า รูปแบบที่ 1 มีความเหมาะสมมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=4.04,S.D.=0.64) รูปแบบที่ 2 มีความเหมาะสมมาก ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$=3.57,S.D.=0.61) รูปแบบที่ 3 มีความเหมาะสมปานกลาง ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$= 3.44,S.D.=0.61) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินได้ว่า รูปแบบที่ 5, 13 และ 16 มีความเหมาะสมจะนำไปผลิตต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยอันดับที่ 1 ได้แก่ รูปแบบที่ 5, โดยนำไปผลิตต้นแบบวัสดุเชื้อเพลิง

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ประเมินคุณภาพวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวการหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิง พบว่ามาตรฐานที่ใช้ในการนำมาประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง ได้แก่ มาตรฐาน ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) ผู้วิจัยจึงได้ใช้มาตรฐาน ASTM เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานของวัสดุเชื้อเพลิง รวมไปถึงเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยมาตรฐาน ASTM ซึ่งจะใช้ในการนำมาประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิง โดยจะประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

4.3.1.1 ความชื้น (Moisture Content)

ปริมาณความชื้นคือ ปริมาณความชื้นของเนื้อเชื้อเพลิงก่อนอบแห้ง ความชื้นมีความสำคัญคือ ถ้ามีค่ามากจะมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงลดลงและทำให้เชื้อเพลิงแตกร่วน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173 โดยการนำตัวอย่างที่จะทำการมาให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ ประมาณ 105-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักตัวอย่างที่ลด (% w.b. คือ ค่าความชื้นที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก)

4.3.1.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ปริมาณเถ้าคือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป ที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ซึ่งประกอบด้วย ซิลิกา แคลเซี่ยมออกไซด์ แมกนีเซี่ยมออกไซด์ เป็นต้นทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3174 โดยนำตัวอย่างไปเผาให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 500 °C เป็นเวลา 30 นาที และค่อยๆ เพิ่มความร้อนเป็น 700-750 °C จนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ของถ้วยทนไฟรวมกับน้ำหนักของถ้าที่เหลือพร้อมฝาปิด จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า สามารถคำนวณจากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังจากการเผาแล้ว

4.3.1.3 การที่ระเหยได้ (Volatile Matters)

ปริมาณสารระเหย คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอบแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มี คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3175 โดยนำตัวอย่างมาเผาให้ความร้อนในเตาเผาเป็นเวลา 7 นาที และคำนวลปริมาณสาร

4.3.1.4 คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon)

คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงหลังเอาสารระเหยออกไป

4.3.1.5 กำมะถันรวม (Totat Salfur)

วิธเคราะห์ตามวิธีในมาตรฐาน ASTM D3177 ทำโดยการหาในรูปซัลเฟต (SO_4) ซึ่งหลักในการหาปริมาณกำมะถันของวิธีนี้คือ วัดความขุ่นของ แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$ crystall) วิธีนี้ใช้หาซัลเฟต ในลักษระของ ซัลเฟต (SO_4) สำหรับตัวอย่างที่มีสาร และมีสารแขวนลอยมากต้องทำการกำจัดสารแขวนลอยออกบ้างโดยการกรอง ตัวอย่างส่วนใหญ่การวิเคราะห์จะมีลักษณะไม่ใส่ จึงต้องทำการวัดค่าเสียก่อนแล้วนำไปลบความขุ่นที่เกิดขึ้นหลังจากการเติมผลึกแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)จึงเป็นความขุ่นที่เกิดขึ้นจาก แบเรียมซัลเฟต ($BaSo_4$) ที่แท้จริง

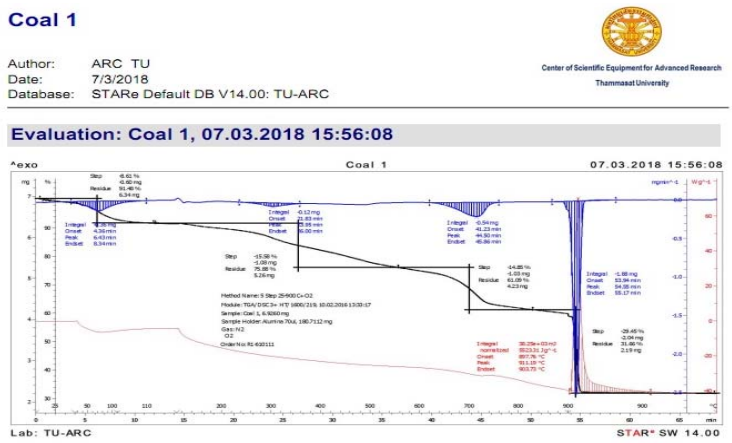
4.3.1.6 ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง ทำการวิเคราะห์ตามาตรฐาน ASTM D3286 โดยนำตัวอย่างของสาร เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในตัว อุปกรณ์ Bomb Calorimeter ที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่มากเกิน

4.3.1.7 การหาปริมาณ ออกซิเจน ไฮโดรเจน

สำหรับ ค่าออกซิเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3178 และสำหรับการค้าไนโตรเจนทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน (ASTM D3179)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งจำนวน 3 ชิ้น ที่มีส่วนผสมต่างกัน และวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิง (ตามมาตรฐานASTM) โดยหน่วยงานที่ทำการทดสอบได้แก่ สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

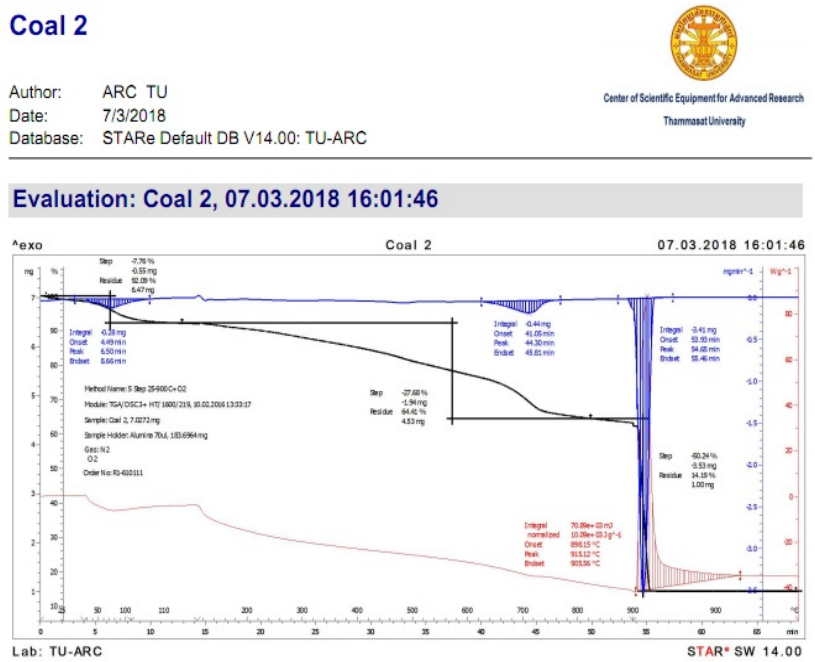


ภาพที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 1
โดย : สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (7 เมษายน 2561)

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 1

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybasis)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ออกซิเจน (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
1	Coal 1	8.61	31.66	30.43	29.45	5,523.31	24.03	37.80	2.40	1.57

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 1 ส่วนผสม ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีโดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ผลการทดสอบพบว่า ความชื้น ร้อยละ 8.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 31.66 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 30.43 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 29.45 ค่าความร้อน 5,523.31 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.028 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.3989 คาร์บอน ร้อยละ 37.804 ไนโตเจน ร้อยละ 1.5676

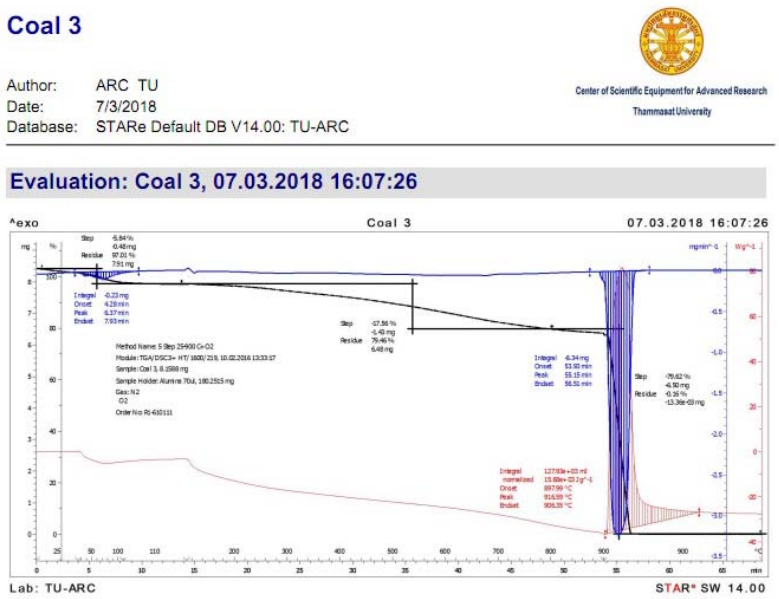


ภาพที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิง ส่วนผสมที่ 2
โดย : สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (7 เมษายน 2561)

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 2

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybasis)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ออกซิเจน (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
1	Coal 2	7.76	14.19	27.68	50.24	4,785.57	24.682	55.847	2.776	1.7252

จากตารางที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 2 ส่วนผสม ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีโดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ผลการทดสอบพบว่า ความชื้น ร้อยละ 7.76 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 14.19 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 27.68 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 50.24 ค่าความร้อน 4,785.57 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.682 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.776 คาร์บอน ร้อยละ 55.847 ไนโตเจน ร้อยละ 1.7252



ภาพที่ 4.17 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิง ส่วนผสมที่ 3
โดย : สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (7 เมษายน 2561)

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 3

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybasis)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ออกซิเจน (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
1	Coal 3	5.84	0	17.56	79.62	3,823.21	13.799	77.915	3.3489	1.0434

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลการวิเคราะห์การหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 3 ส่วนผสม ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 2.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีโดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ผลการทดสอบพบว่า ความชื้น ร้อยละ 7.76 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 14.19 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 27.68 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 50.24 ค่าความร้อน 3,823.21 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.682 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.776 คาร์บอน ร้อยละ 55.847 ไนโตเจน ร้อยละ 1.7252

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและเปรียบเทียบกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ

ลำดับ	ชื่อตัวอย่าง	Proximate Analysis (As Received)				ค่าความร้อน (Cal/gm) (drybass)	Ultimate Analysis (drybasis)			
		ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)		ออกซิเจน (%)	คาร์บอน (%)	ไฮโตเจน (%)	ไนโตเจน (%)
1	เศษใบไม้แห้ง	8.61	31.66	30.43	29.45	5,523.31	24.03	37.80	2.40	1.57
2	ไม้มะม่วง	8.15	2.32	33.08	56.49	5,855.00	26.29	66.42	4.07	0.31
3	รากข้าวโพด	28.41	33.35	8.83	29.90	925.33	0.10			
4	มันสำปะหลัง	2.87	3.50	75.11	19.52	4,000.43	0.09	41.48	11.61	0.2
5	กะลามะพร้าว	11.79	0.85	64.03	23.33	4,860.48				

จากการสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและเปรียบเทียบกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โดยการทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป ผู้วิจัยเลือกวัสดุเชื้อเพลิงส่วนผสมที่ 1 ให้ค่าความร้อนมากที่สุด มีส่วนสมคือ ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 น้ำ 2 ลิตร ผลวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ความชื้น ร้อยละ 8.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 31.66 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 30.43 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 29.45 ค่าความร้อน 5,523.31 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.028 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.3989 คาร์บอน ร้อยละ 37.804 ไนโตเจน ร้อยละ 1.5676 เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ มีค่าคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้

4.3.2 ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจต่อเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งผลการวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายต่อการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบประเมินความคิดเห็นด้านความพึงพอใจต่อการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ตารางที่ 4.14 ตอนที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามด้วยเพศและอายุ (n = 20)

ลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	16	80
หญิง	4	20
2. อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	0	0.00
20 – 30 ปี	8	40
31 – 40 ปี	10	50
41 – 50 ปี	2	10
มากกว่า 50 ปี	0	0
รวม	**62**	**100**

ตารางที่ 4.15 ตอนที่ 2 แบบประเมินความคิดเห็นด้านความพึงพอใจต่อเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ข้อคำถาม	N=10		ระดับความคิดเห็น
	$\bar{X}$	S.D.	
1. นำของเดิมที่มีอยู่มาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด			
1.1 การนำใบไม้แห้งมาผ่านกระบวนการอัดด้วยเครื่องผลิตเชื้อเพลิงช่วยเพิ่มมูลค่าและได้ประโยชน์สูงสุด	4.90	0.32	มากที่สุด
2. ประหยัดงบประมาณ มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาที่รัฐต้องการซื้อ			
2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการผลิตเครื่องสามารถหาซื้อง่าย ราคาถูก	3.90	0.88	มาก
2.2 ราคาก้อนเชื้อเพลิงจากเครื่องอัดเชื้อเพลิงมีต้นทุนต่ำกว่าเนื่องจากมีในท้องถิ่น	4.20	0.63	มาก
3. มีความเป็นไปได้จริงในการปฏิบัติ เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำ มีเทคโนโลยีไม่ซับซ้อน			
3.1 เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง มีความแข็งแรง เหมาะกับการใช้งาน	4.60	0.52	มากที่สุด
3.2 ขั้นตอนการใช้เครื่องไม่ซับซ้อน	4.70	0.67	มากที่สุด
3.3 เครื่องผลิตมีต้นทุนราคาเหมาะสมกับอายุการใช้งาน	4.00	0.67	มาก
4. สามารถแก้ไข หรือ บรรเทาปัญหา ในการปฏิบัติงานการควบคุมไฟป่าของหน่วยงาน			
4.1 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถลดปริมาณใบไม้สาเหตุการเกิดไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.70	0.48	มากที่สุด
4.2 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่พัฒนาสามารถช่วยลดแรงงานในการผลิตก้อนเชื้อเพลิงและเพิ่มจำนวนในการผลิตให้ได้มากขึ้น	4.70	0.95	มากที่สุด

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ข้อคำถาม	N=10		ระดับความคิดเห็น
	$\bar{X}$	S.D.	
5. ช่วยให้ราษฎรในพื้นที่สามารถใช้และดำรงชีวิตได้โดยมีต้นทุนต่ำ			
5.1 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงสามารถสร้างรายได้เสริมแก่คนในชุมชน	4.50	0.53	มาก
5.2 ผลผลิตจากเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ความสวยงามสามารถสร้างรายได้สู่ชุมชนในต้นทุนที่ต่ำ	4.90	0.32	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.51	0.60	มากที่สุด

ตารางที่ 4.15 พบว่าการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.51) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.60) ด้านนำของเดิมที่มีอยู่มาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด พบว่า การนำใบไม้แห้งมาผ่านกระบวนการอัดด้วยเครื่องผลิตเชื้อเพลิงช่วยเพิ่มมูลค่าและได้ประโยชน์สูงสุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.90) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.32) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านประหยัดงบประมาณ มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาที่รัฐต้องการซื้อ พบว่า วัสดุและอุปกรณ์ในการผลิตเครื่องสามารถหาซื้อง่าย ราคาถูก ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=3.90) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.88) อยู่ในระดับมาก ด้านมีความเป็นไปได้จริงในการปฏิบัติ เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำ มีเทคโนโลยีไม่ซับซ้อน พบว่า เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง มีความแข็งแรง เหมาะกับการใช้งาน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.60) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.52) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านสามารถแก้ไข หรือ บรรเทาปัญหา ในการปฏิบัติงานการควบคุมไฟป่าของหน่วยงาน พบว่าเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถลดปริมาณใบไม้สาเหตุการเกิดไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.70) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.48) อยู่ในระดับมากที่สุด ด้านช่วยให้ราษฎรในพื้นที่สามารถใช้และดำรงชีวิตได้โดยมีต้นทุนต่ำ พบว่า ผลผลิตจากเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ความสวยงามสามารถสร้างรายได้สู่ชุมชนในต้นทุนที่ต่ำ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$= 4.90) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.=0.32) อยู่ในระดับมากที่สุด

ภาพที่ 4.18 ภาพแสดงเครื่องแบบต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
โดย : วสวัตต์ โตจีน (21 พฤษภาคม 2561)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง กรณีศึกษาศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่า จังหวัดกาญจนบุรี ผู้วิจัยได้สรุปผลของการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะของการวิจัย ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สามารถสรุปผลการศึกษาตามขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ดังนี้

ด้านวัสดุพบว่าการศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบแห้ง ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและทดลองสูตรการผสมเศษใบไม้แห้งในการทำวัสดุเชื้อเพลิง ซึ่งสูตรที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ ผงถ่านจากเศษใบไม้แห้งป่น 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร อัดแท่งตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 4-5 ชั่วโมง สาเหตุในการนำเศษใบไม้แห้งมาทำ วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งเนื่องจาก ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี ต้องการลดปริมาณเศษใบไม้แห้งซึ่งเป็นเชื้อเพลิงในการเกิดปัญหาไฟป่า ซึ่งเชื้อเพลิงในการเกิดไฟป่านั้นคือ ใบไม้แห้ง ในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรีมีพื้นที่ป่ามากถึง 7,574,845.17 ไร่ ซึ่งมากที่สุดเป็นอันดับ 3 ของประเทศไทย และมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ในเขตภาคกลาง ทำให้ช่วงฤดูร้อนพื้นที่ในจังหวัดกาญจนบุรีเต็มไปด้วยเศษใบไม้แห้ง ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าสูง จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงได้ศึกษาและคิดค้นการแปรรูปใบไม้แห้งมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เพื่อลดปริมาณเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและยังทดแทนการตัดไม้เพื่อนำมาทำเชื้อเพลิง

การจากสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง พบว่า สภาพปัญหา ในช่วงฤดูพื้นที่ป่าในจังหวัดกาญจนบุรีจะเต็มไปด้วยเศษใบไม้แห้ง ซึ่งเศษใบไม้แห้งเหล่านี้จะเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีในการเกิดปัญหาไฟป่า เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าต้องคอยให้ความรู้กับชาวบ้านในการป้องกันไม่ให้เกิดไฟป่า ให้ชาวบ้านรู้จัก สามเหลี่ยมไฟ ประกอบด้วย อากาศ เชื้อเพลิง และความร้อน องค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้ หากขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไปไฟป่าจะไม่เกิดขึ้น เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจึงหาวิธีในการแปรรูปเศษใบไม้แห้งเพื่อลดปริมาณของเศษใบไม้แห้งให้ลดลง และใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง จึงนำใบไม้แห้งมาแปรรูเป็นเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยเครื่องอัดวัสดุเชื้อเพลิงแบบกระบอกอัดของศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าพบว่า ผลจากการอัดผ่านเครื่องอัดวัสดุเชื้อเพลิงแบบกระบอกอัดคุณภาพของวัสดุเชื้อเพลิงไม่เท่ากัน เนื่องจากขั้นตอนในการกระแทรกเพื่ออัดนั้นใช้แรงคนในการกระแทรกซึ่งมีแรงไม่เท่ากัน ทำให้วัสดุเชื้อเพลิงบางก้อนไม่เป็น

รูปทรง บางก้อนก้อนเหลวใช้งานไม่ได้ และใช้ระยะเวลาในการผลิตค่อนข้างนาน ซึ่งต่างจากการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงโดยผลิตจากเครื่องที่ใช้มอเตอร์อัดแบบสกรูเกลียวที่มีแรงอัดมาก ทำให้วัสดุเชื้อเพลิงที่อัดเป็นทรงที่แน่น สม่ำเสมอทุกก้อน และกำลังในการผลิตสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากเพราะเป็นระบบอุตสาหกรรม แต่ราคาต้นทุนเครื่องค่อนสูง และเครื่องมีการงานที่ซับซ้อน และใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องไม่เหมาะกับการใช้งานนอกสถานที่

การจากสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง พบว่า เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงควรมีการทำงานไม่ซับซ้อน วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงควรต้นทุนต่ำ สามารถหาวัสดุได้ในพื้นที่ ชาวบ้านสามารถผลิตเองได้

ด้านรูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งพบว่า รูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงเดิมที่เป็นทรงกระบอก การติดไฟค่อนข้างช้า เมื่อเทียบกับรูปทรงที่ทดลองอัดเป็นทรงสี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม รูปทรงที่มีมุมสามารถติดไฟได้ดีกว่า

การจากสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง พบว่ารูปทรงเดิมติดไฟช้า ควรพัฒนารูปทรงที่มุมเพื่อให้ง่ายต่อการติดไฟ และถ้ารูปทรงที่สวยแปลกใหม่ หากสามารถบ่งบอกถึงวัสดุที่ใช้ในการนำมาผลิตวัสดุเชื้อเพลิงคือทำมาจากใบไม้ได้ก็จะเป็นจุดเด่นสร้างความแตกต่างในท้องตลาด นอกจากจะเป็นวัสดุเชื้อเพลิงแล้ว ยังเป็นที่ดูดกลิ่นในตู้เย็น หรือในห้องได้

5.2.1 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

5.2.1.1 ผลการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยผู้วิจัยได้ใช้แนวความคิดการพัฒนาจากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้ และจากการลงพื้นที่เพื่อทดสอบผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง การทดลองผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วงด้วยเครื่องผลิตแบบอุตสาหกรรม และข้อมูลแบบสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี นำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ในการสร้างแรงบันดาลใจในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง เพื่อให้ได้เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงที่มีแรงอัดที่ในการขึ้นรูปวัสดุเชื้อเพลิงให้มีความแข็งแกร่ง โดยการทำงานของเครื่องไม่ซับซ้อน ราคาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงไม่แพง วัสดุในการผลิตสามารถหาได้ในพื้นที่ ชาวบ้านสามารถผลิตเองได้

5.2.1.2 ผลการวิเคราะห์จากกรอบแนวความคิดเทคนิค QFD (Quality function deployment) แสดงผลการวิเคราะห์การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ โดยนำผลการตอบแบบสัมภาษณ์ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้ จำนวน 3 ท่าน เพื่อมาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยใช้ทฤษฎี Quality Function Deployment ด้านที่ได้คะแนนมากที่สุด ดังนี้ มีล้อเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายคิดเป็น 13% ใช้วัสดุในการผลิตราคาไม่แพงคิดเป็น 10% การดูแลรักษาง่ายคิดเป็น 10% มีที่ป้องกันอันตรายจากการอัดวัสดุเชื้อเพลิงคิดเป็น 10%

5.2.1.3 ผลการออกแบบร่างด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและด้านรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งผลการออกแบบร่างจำนวนทั้งหมด 10 รูปแบบ คัดเลือกโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ประเมินผลทางความคิดเชิงมโนทัศน์กรอบแนวคิดของ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. 2557 : 145) ในการประเมินแบบร่างให้เหลือ 3 รูปแบบ พบว่า รูปแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งอันดับที่ 1 ได้แก่ รูปแบบที่ 5 อันดับที่ 2 ได้แก่รูปแบบที่

7 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 8 มีความสอดคล้องกับปัจจัยแนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง และผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบร่างอันดับที่ 1 รูปแบบที่ 5 อันดับที่ 2 ได้แก่รูปแบบที่ 7 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 8 นำหาค่าเฉลี่ยทางสถิติ ($\bar{X}$, S.D.) โดยประเมินแบบร่างจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน

ด้านวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งผลการออกแบบร่างจำนวนทั้งหมด 16 รูปแบบ คัดเลือกโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ประเมินผลทางความคิดเชิงมโนทัศน์กรอบแนวคิด ของ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. 2557 : 145) ในการประเมินแบบร่างให้เหลือ 3 รูปแบบ พบว่า รูปแบบร่างรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งอันดับที่ 1 ได้แก่ รูปแบบที่ 5 อันดับที่ 2 ได้แก่รูปแบบที่ 13 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 16 มีความสอดคล้องกับปัจจัยแนวทางการออกแบบและพัฒนารูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง และผู้วิจัยได้ทำการเลือกแบบร่างอันดับที่ 1 รูปแบบที่ 16 อันดับที่ 2 ได้แก่รูปแบบที่ 13 อันดันที่ 3 ได้แก่ รูปแบบที่ 5 นำหาค่าเฉลี่ยทางสถิติ ($\bar{X}$, S.D.) โดยประเมินแบบร่างจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน

5.2.1.4 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง และด้านรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัสดุเชื้อเพลิง จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม ได้ประเมินเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง พบว่ารูปแบบที่ 5 มีความเหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.02) ค่าเบี่ยงเบนตราฐาน (S.D.=0.69) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปรูปแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ว่ารูปแบบที่ 5 มีความเหมาะสมในการที่จะนำไปผลิตต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยอันดับที่ 1 ได้แก่ รูปแบบที่ 5

ด้านรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัสดุเชื้อเพลิง จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม ได้ประเมินรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง พบว่ารูปแบบที่ 16 มีความเหมาะสมมากที่สุด ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$=4.04) ค่าเบี่ยงเบนตราฐาน (S.D.=0.64) ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปรูปแบบของรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงได้ว่ารูปแบบที่ 16 มีความเหมาะสมในการที่จะนำไปผลิตต้นแบบรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยอันดับที่ 1 ได้แก่ รูปแบบที่ 16

5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

จากการสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งและเปรียบเทียบกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ โดยการทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM พบว่า ค่าคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ส่วนผสมที่ 1 ส่วนผสม ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ผลการทดสอบ ความชื้น ร้อยละ 8.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 31.66 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 30.43 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 29.45 ค่าความร้อน 5,523.31 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.028 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.3989 คาร์บอน ร้อยละ 37.804 ไนโตเจน ร้อยละ 1.5676 ส่วนผสมที่ 2 ส่วนผสม ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ผลการทดสอบพบว่า ความชื้น ร้อยละ 7.76 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 14.19 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 27.68 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 50.24 ค่าความร้อน 4,785.57 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.682 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.776 คาร์บอน ร้อยละ 55.847 ไนโตเจน

ร้อยละ 1.7252 และส่วนผสมที่ 3 ส่วนผสม ถ่าน 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 2.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร ผลการทดสอบพบว่า ความชื้น ร้อยละ 7.76 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 14.19 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 27.68 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 50.24 ค่าความร้อน 3,823.21 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.682 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.776 คาร์บอน ร้อยละ 55.847 ไนโตเจน ร้อยละ 1.7252ผลที่ได้ ความชื้น ร้อยละ 8.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 31.66 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 30.43 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 29.45 ค่าความร้อน 5,523.31 กิโลแคลอรี ออกซิเจน ร้อยละ 24.028 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.3989 คาร์บอน ร้อยละ 37.804 ไนโตเจน ร้อยละ 1.5676 เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ มีค่าคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับวัสดุเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการวิจัย ตามหัวข้อวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

5.2.1 อภิปรายผลการศึกษาการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

การศึกษาศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิง เพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ตามกรอบแนวความคิดด้านการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตในท้องถิ่นตามกรอบแนวคิดของ (ศิริ ฮามสุโพธ์ , 2536:14) พบว่า สูตรที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ ผงถ่านจากเศษใบไม้แห้งป่น 5 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม น้ำ 2 ลิตร อัดแท่งตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 4-5 ชั่วโมงจึงสามารถใช้งานได้ ด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากทดลองอัดวัสดุเชื้อเพลิงเป็นรูปทรง สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม และรูปดาว พบว่าเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงแบบกระบอกอัดแรงอัดไม่มากพอที่จะอัดเป็นรูปทรงที่มีมุมแหลมหลายมุม ทำให้อัดเป็นรูปทรงดาวไม่ได้ ทำให้เพิ่มแรงอัดให้เพิ่มขึ้นในการอัดวัสดุเชื้อเพลิงที่มีมุมแหลมหลายมุม ในส่วนเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงแบบอุตสาหกรรม จะการทดลองอัดพบว่าเครื่องอัดที่ใช้ไฟฟ้าและมอเตอร์ในการอัดวัสดุเชื้อเพลิงมีแรงอัดที่ต่อเนื่อง และสามารถอัดวัสดุเชื้อเพลิงได้แน่น มีกำลังในการผลิตปริมาณมาก แต่ต้นทุนค่อนข้างสูง ไม่เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตในท้องถิ่นของชาวบ้าน ส่วนรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากการทดลองอัด เป็นรูปทรง สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม แล้วนำมาทดจุดไฟเพื่อทดสอบการจุดติดไฟของวัสดุเชื้อเพลิงที่มีมุมแหลม พบว่ารูปทรงที่เป็นสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยมจุดติดไฟได้ดีกว่ารูปทรงเดิมที่เป็นทรงกระบอก

5.2.2 อภิปรายผล การพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง จากการศึกษาการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการสอบถามเสียงความต้องการจากกลุ่มเป้าหมาย เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งโดยใช้หลัก Quality Function Deployment (QFD) ตามกรอบแนวคิด ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้านความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ วัสดุที่ใช้ในการลิต คุณสมบัติเครื่องการทำงานเครื่องไม่ซับซ้อน ขนาดของเชื้อเพลิง ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์มาเป็นแนวทางในการออกแบบร่าง โดยผ่านกรอบแนวคิดด้านการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์ เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง และวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งผลการคัดเลือกแบบร่างด้วยตาราง

กระจายหน้าที่เชิงคุณภาพคัดเลือกแบบที่มีความเหมาะสมตามกรอบแนวคิดจำนวน 3 แบบ ด้านการประเมินความพึงพอใจด้านรูปแบบ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มเป้าหมาย ประเมินรูปแบบตามกรอบแนวคิดด้วยการลงคะแนนตามแบบมาตรฐานค่าระดับ (Rating Scale) และนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) ผลการประเมินเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 1 มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.02 , S.D.=0.69) และ ผลการประเมินวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 3 มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=.04 , S.D.=0.64) จากผลการผลการประเมินโดยประเมินแบบร่างจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบทำต้นแบบด้านเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งได้มีการพัฒนาให้การทำงานไม่ซับซ้อน สามารถอัดขึ้นรูปด้วยแรงอัดที่เท่ากัน ด้านรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งได้มีการลดทอนมุมแหลมเพื่อป้องกันการแตกหัก และความเหมาะสมกับการขนส่ง การดูแลรักษาให้ได้รับความปลอดภัย

5.2.3 ประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง โดยได้มีการส่งตัวอย่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM ที่สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธรมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สรุปได้ว่าวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งมีคุณสมบัติที่สำคัญทางเคมีของเชื้อเพลิงทั่วไป ผลที่ได้ ความชื้น ร้อยละ 8.61 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 31.66 การที่ระเหยได้ ร้อยละ 30.43 คาร์บอนเสถียร ร้อยละ 29.45 ค่าความร้อน 5,523.31 กิโลแคลอรี่ ออกซิเจน ร้อยละ 24.028 ไฮโดรเจน ร้อยละ 2.3989 คาร์บอน ร้อยละ 37.804 ไนโตเจน ร้อยละ 1.5676 เมื่อเทียบกับค่าความร้อนของวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วงอยู่ที่ 5,855 กิโลแคลอรี ส่วนค่าความร้อนวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งอยู่ที่ 5,523.31 กิโลแคลอรี ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้ วัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งนอกจากใช้ในการเป็นเชื้อเพลิง รูปทรงที่แปลกและแต่งตากจากเชื้อเพลิงทั่วไปแล้ว ยังสามารถใช้เป็นวัสดุในการดับกลิ่น ทั้งในตู้เสื้อผ้า ตู้เย็น อีกทั้งยังสามารถให้เป็นของชำร่วย หรือเป็นของฝากแก่นักท่องเที่ยว

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรพัฒนาด้านรูปแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งควรมีน้ำหนักที่เบาและขนาดที่เล็กลง เพื่อความสะดวกในการขนย้าย

5.3.2 ควรพัฒนาในการผลิตปริมาณอัดวัสดุเชื้อเพลิง มีบล็อกเพิ่มจำนวนในการอัดเพิ่มขึ้น

5.3.3 ควรพัฒนากรณีผลิตวัสดุเชื้อเพลิงระบบอุตสาหกรรม เพิ่มแรงในการอัดเป็นระบบไฮดรอลิคเพื่อทำแบบระบบอุตสาหกรรม

5.3.4 การพัฒนารูทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งเป็นหลายรูปแบบ นอกจากใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงแล้ว ยังเป็นของที่ระลึกหรือของฝากแก่นักท่องเที่ยว และยังเป็นการเพิ่มมูลค่า

5.3.5 การพัฒนาส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณภาพความร้อนเพิ่มขึ้น และเพิ่มระยะเวลาการจุดติดไฟนานขึ้น

บรรณานุกรม

กฤษณ์ ส่องโลก. 2552 . **หนังสือชุดเปิดโลกความรู้ ชุด มหันต์ภัยใกล้ตัว เรื่องไฟป่าและภัยแล้ง**. กรุงเทพฯ : เนชั่นโกลบอล เอ็ดดูเทนเมนท์

ศูนย์ปฏิบติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม.

กนกศักดิ์ เอี่ยมโอภาส. 2544 . **การเป็นเชื้อเพลิงพลังงานใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. กรุงเทพฯ :

ศูนย์ปฏิบติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม.

กรมป่าไม้.2556. **สถิติป่าไม้ของประเทศไทย ปี 2556**. กรมป่าไม้.

ชาญณรงค์ อัศวเทสานุภาพ. 2544. **พลังงานยั่งยืน**. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. 2548. **หลักการคิดวิเคราะห์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์**. กรุงเทพฯ : หจก. มีน

เซอร์วิสซัพพลาย

ธวัชชัย สันติสุข. 2555. **ป่าของประเทศไทย**.สานักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุพืช

ทาเคชิ โยเนะยามะ. 2548. **แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.

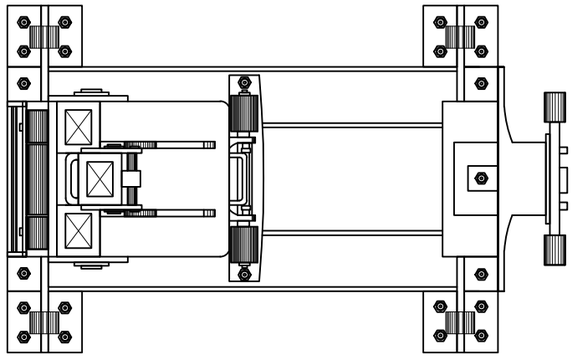
นคร ทิพยาวงศ์. 2552. **เทคโนโลยีการแปลงสภาพสภาพชีวมวล**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.

พรสถิต ยงยืน. 2552. **ทำถ่านอัดแท่งแข่งกับเมืองนอก**. อยุธยา : บริษัทไทยซูมิ จำกัด .

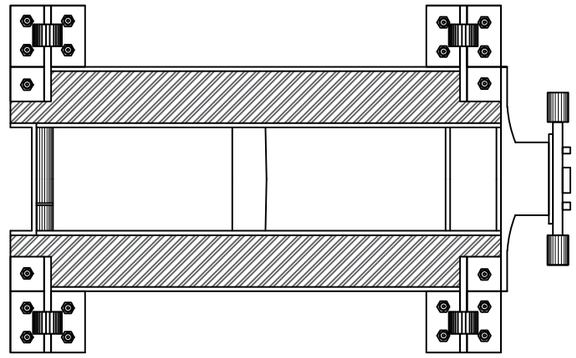
ศิริ อัคคะอัคร. 2543. **การควบคุมไฟป่าสำหรับประเทศไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักควบคุมไฟป่า กรมป่าไม้

ศิริพรณ์ ปีเตอร์. 2550. **มนุษย์และการออกแบบ**. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

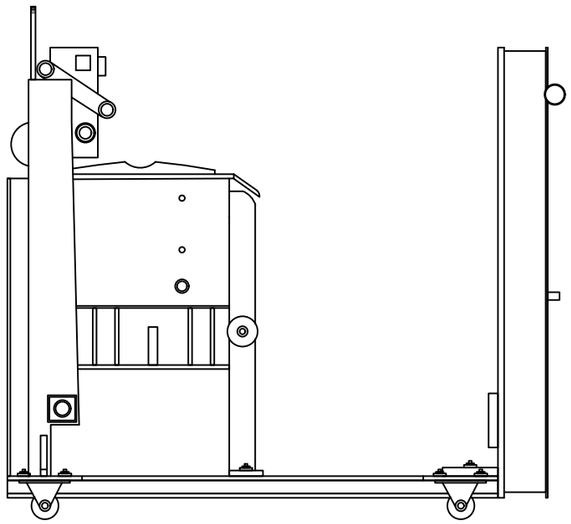
สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ. 2550. **ผลของเทคโนโลยีที่มีต่อการออกแบบ**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.



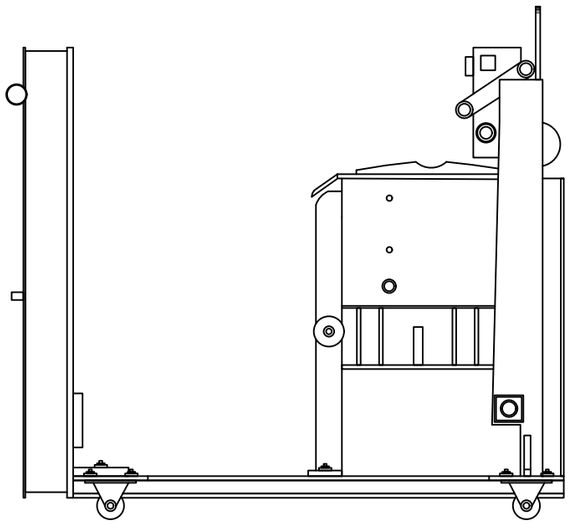
TOP VIEW



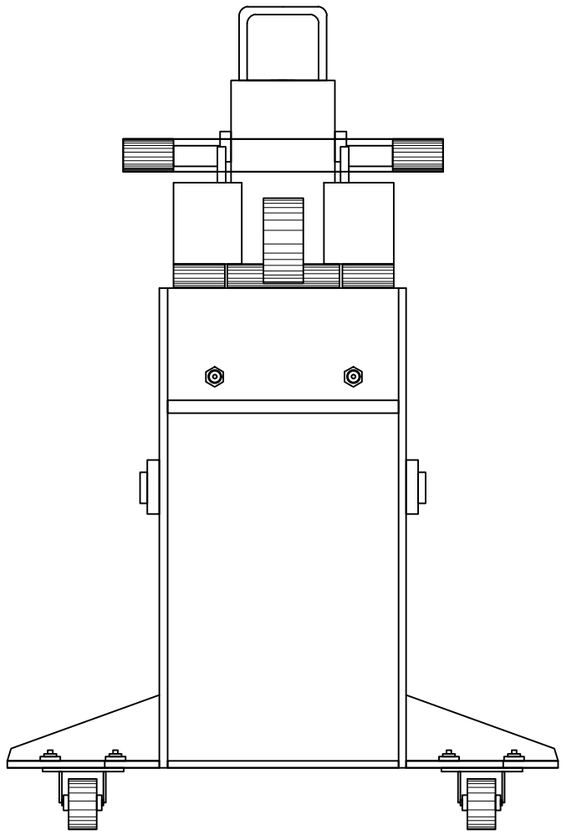
BOTTOM VIEW



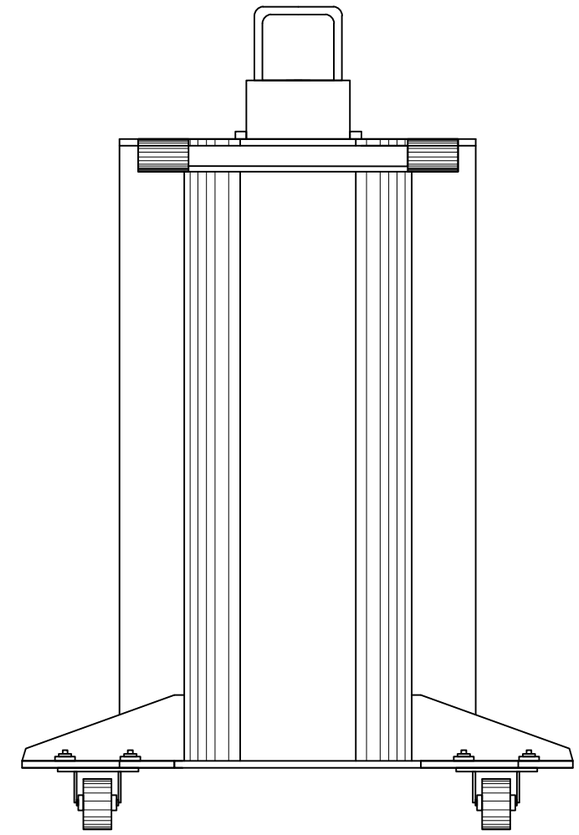
FRONT VIEW



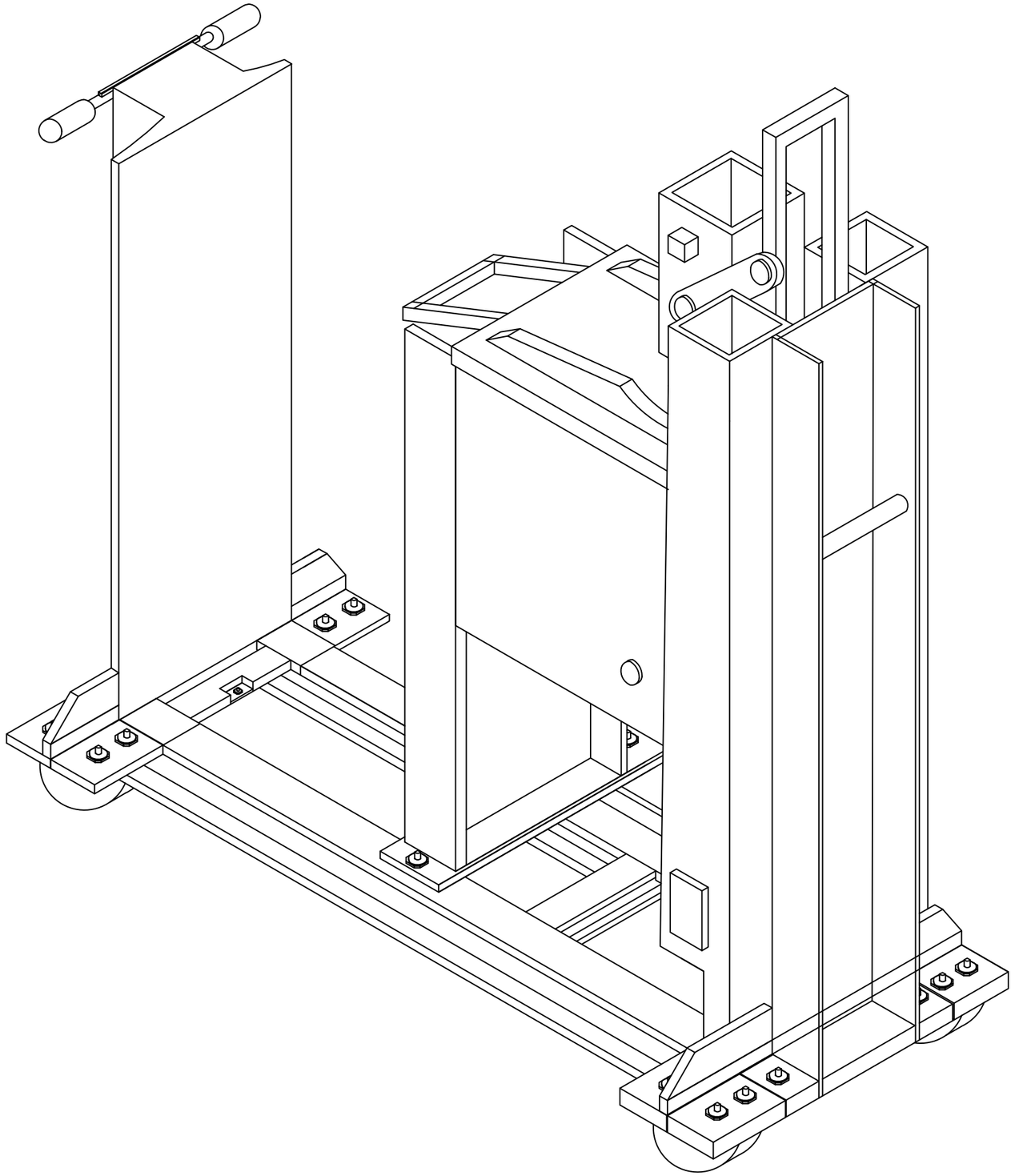
BACK VIEW

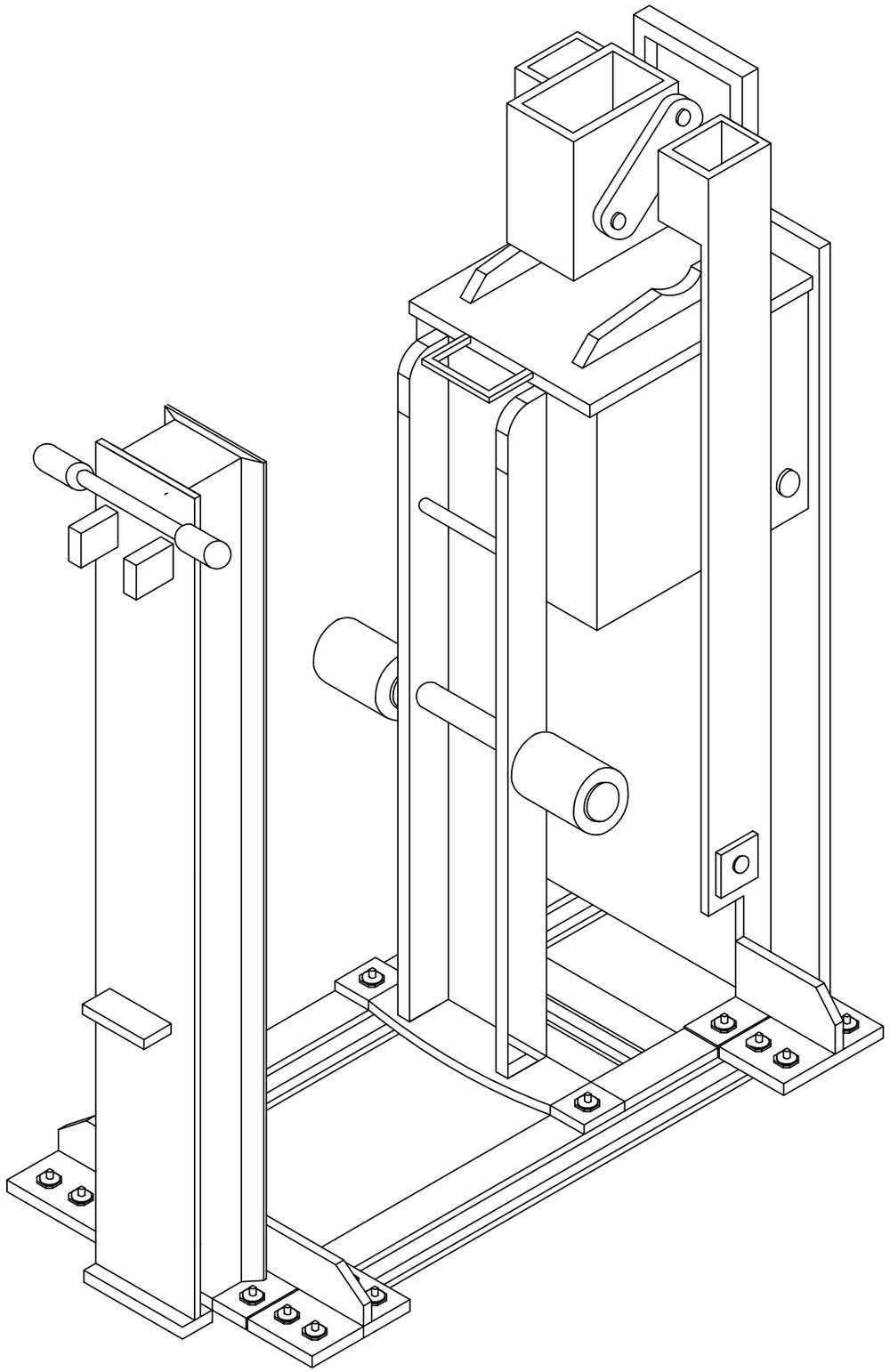


LEFT **VIEW**



RIGHT **VIEW**





ภาคผนวก

หนังสือราชการ

ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์

ภาคผนวก ข เครื่องมือในงานวิจัย

ภาคผนวก ค ภาพถ่ายขั้นตอนการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูล

ภาคผนวก ง ผลการออกแบบ

ภาคผนวก ก

1. หนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อขอข้อมูลเบื้องต้น
2. หนังสือขอเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม
3. หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อการวิจัย
4. หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงเชี่ยวชาญเพื่อการวิจัย
5. หนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อขอข้อเข้าใช้พื้นที่
6. หนังสือรองรับพิจารณาตีพิมพ์บทความ

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 /1646 วันที่ ๑๑ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม

เรียน ผศ.ดร.สมชาย เชะวิเศษ

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายวสวัตต์ โตจีน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1646 วันที่ ๒๒ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม

เรียน ดร.สุธาสินีน์ บุรีคำพันธุ์

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายวสวัตต์ โตจีน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692
ที่ ศธ 0524.04 / 1646 วันที่ ๑๒ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถาม

เรียน ศ.ว่าที่ร้อยโท ดร.พิชัย สดภิบาล

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นายวสวัตต์ โตจีน มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๑ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ

เรียน คุณประเสริฐศิลป อรรฐาเมศร์

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัดุ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ

เรียน ผศ.ดร.ศศิธร จารุสมบัติ

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัดุ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๖ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ

เรียน คุณเสกสรรค์ ศิรวัฒนกุล

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวัดุ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๑ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์

เรียน รศ.ดร.ปกรณ์ โอภาประกาศิต

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/ 1048

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

11 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์

เรียน ผศ.ดร.ไพบูลย์ ศรีอรุโณทัย

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๒ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์

เรียน ผศ.ดร.สุตาภัทร แคว้นเขาเมือง

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๒ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

เรียน อาจารย์ปวีณา บุญปาน

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

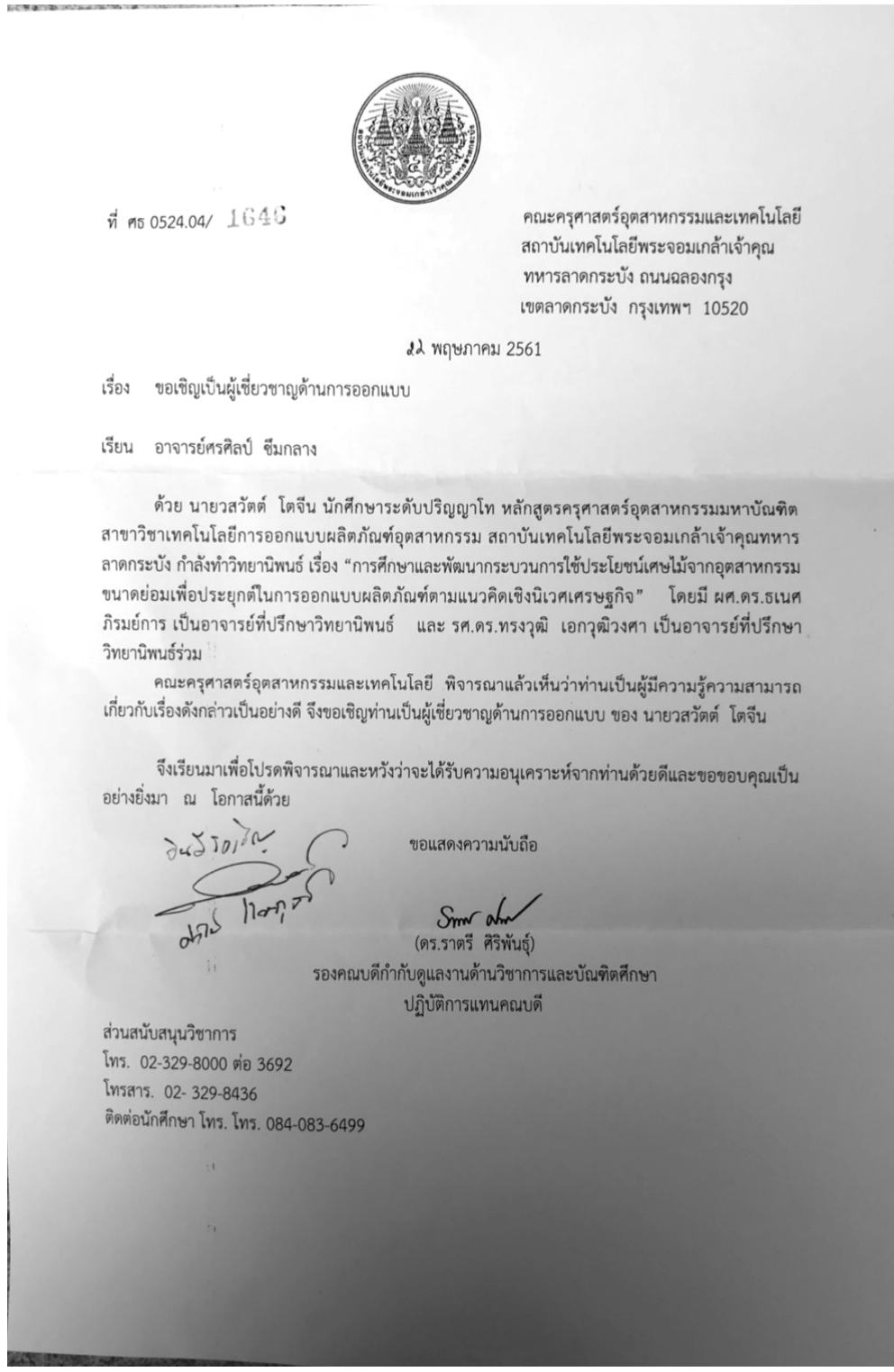
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499



ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๒ พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

เรียน อาจารย์ศรศิลป์ ซีมกลาง

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

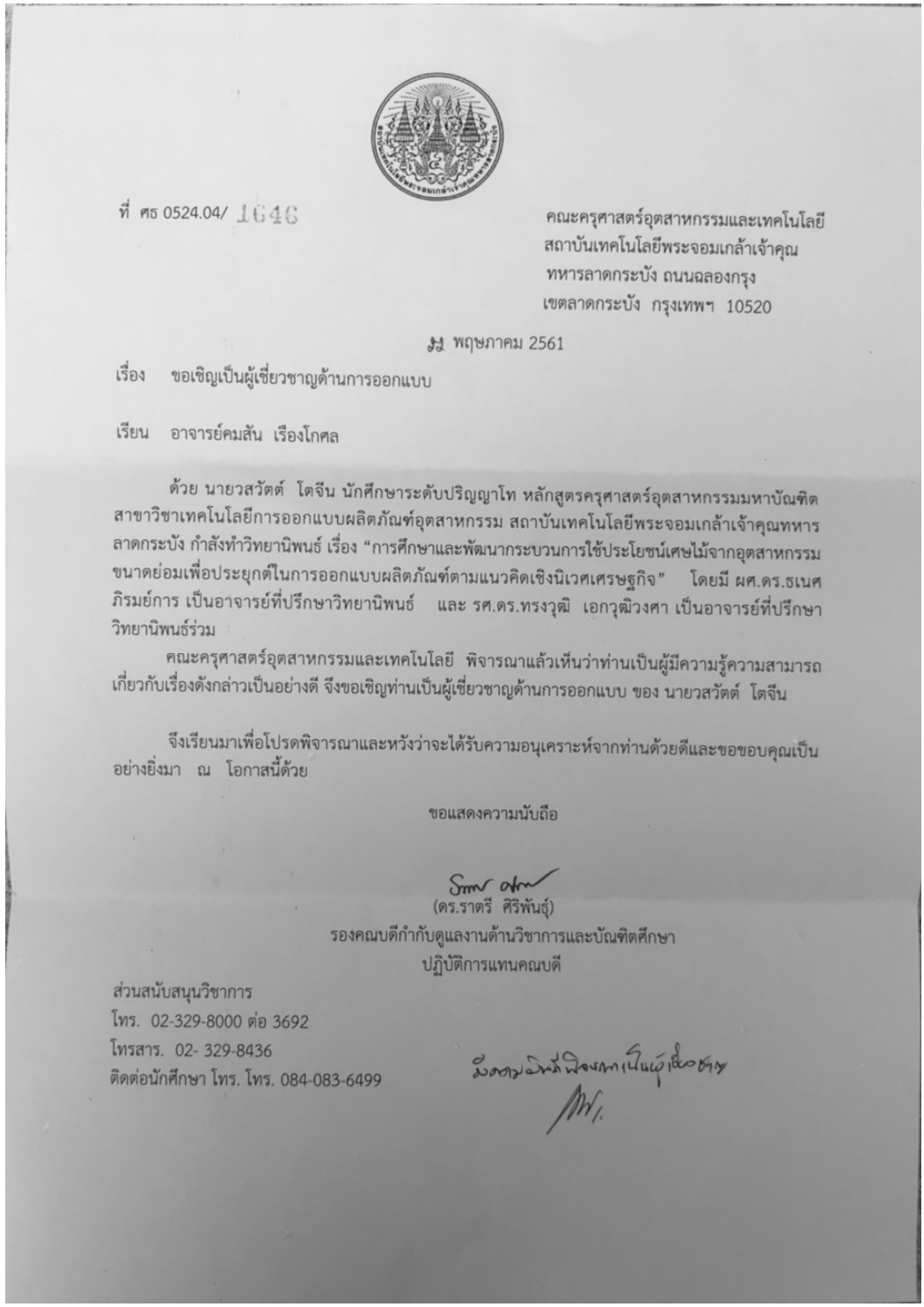
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499



ที่ ศธ 0524.04/ 1646

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

เรียน อาจารย์คมสัน เรืองโกศล

ด้วย นายวสวัตต์ โตจีน นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์เศษไม้จากอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อประยุกต์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ" โดยมี ผศ.ดร.ธเนศ ภิรมย์การ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ของ นายวสวัตต์ โตจีน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. โทร. 084-083-6499

ที่ ศธ 0524.04/1622

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 พฤษภาคม 2561

เรื่อง หนังสือตอบรับเพื่อนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 8

เรียน นายวสวัตต์ โตจีน

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความยินดีเรียนเชิญท่านเข้านำเสนอบทความ เรื่อง ***"โครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง"*** ในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 8 "การพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง: นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน" ซึ่งจะจัดขึ้นในระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม - 1 มิถุนายน 2561 ณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงค์ มะโน)
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทรศัพท์ 0 2329 8000 ต่อ 3722
โทรสาร 0 2329 8435

ภาคผนวก ข

ใบขอความอนุเคราะห์

1. แบบสัมภาษณ์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

2.แบบประเมินเพื่อหาค่าความสอดคล้อง (IOC) ในการวิจัย

3.แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิต ที่มีต่อผลการออกแบบพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

4.แบบประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี ที่มีต่อผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

แบบสัมภาษณ์เบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

เรื่อง การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นใช้ในการออกแบบ

สัมภาษณ์โดย นายวสวัตต์ โตจีน

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

คำชี้แจง : แบบสัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

1. ลักษณะทางกายภาพของเศษใบไม้และสภาพปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. แนวทางพัฒนากระบวนการใช้ประโยชน์จากเศษใบไม้แห้ง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความคิดเห็นจากผู้ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับรูปทรงของวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การตรวจคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย “การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง”

โดย นางสาว วสวัตต์ โตจีน
โทร 0840836499 E-mail chwasaa@gmail.com
ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นัดรับเครื่องมือวันที่.....

เอกสารประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 เค้าโครงวิทยานิพนธ์
กรอบแนวคิดในการวิจัย
นิยามศัพท์เฉพาะ

ส่วนที่ 2 แบบประเมินสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือ (IOC) จำนวน 2 ชุด ได้แก่

1. แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ/ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ
2. แบบสอบถามความพึงพอใจของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดจากเศษใบไม้แห้ง

แบบสอบถามการออกแบบร่างเพื่อการวิจัย

เรื่อง

“การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง”

ผู้วิจัย นาย วสวัตต์ โตจีน นิสิตปริญญามหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

คำชี้แจง

แบบสอบถามมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

คำอธิบาย สำหรับผู้ทรงวุฒิในการตรวจสอบ

เกณฑ์ในการตรวจสอบเครื่องมือ การตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัยตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิใช้เกณฑ์ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นใช้ได้มีความเหมาะสมตรงกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

0 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมตรงกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัยหรือไม่

- 1 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นยังไม่ตรงหรือไม่เหมาะสมกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

ในกรณีที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้ตรวจสอบแล้วให้ค่าประเมินเป็น 0 หรือ-1 ในข้อความหรือข้อคำถามใด ขอความอนุเคราะห์ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น จะเป็นพระคุณยิ่ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

<table>
<tr><td>ข้อ</td><td colspan="5">ข้อคำถาม</td></tr>
<tr><td>1.</td><td colspan="5">ชื่อ(นาย/นาง/นางสาว).....นามสกุล.....
ตำแหน่ง.....
สถานที่สอบถาม.....
วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....
วุฒิการศึกษา.....สาขาที่สำเร็จการศึกษา.....
ประสบการณ์.....ปี สถาบันการศึกษา.....</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td colspan="3">ผลการพิจารณา</td><td>ข้อเสนอแนะ</td></tr>
<tr><td>-1</td><td>0</td><td>+1</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วของผู้ตอบแบบสอบถาม</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

ตอนที่ 2 แสดงข้อคำถาม แบบสอบถามออกแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อคำถาม	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
	-1	0	+1	
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน				
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม				
2.2 สวยงาม เรียบง่าย				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย				
3.3 ขนาดเหมาะสม				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน				
4.3 ราคาเหมาะสม				
4.4 วัสดุหาได้ง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ				
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

.....

(.....)

ผู้ประเมิน

แบบสอบถามการออกแบบร่างเพื่อการวิจัย

เรื่อง

“การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง”

ผู้วิจัย นาย วสวัตต์ โตจีน นิสิตปริญญามหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำชี้แจง

แบบสอบถามมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

คำอธิบาย สำหรับผู้ทรงวุฒิในการตรวจสอบ

เกณฑ์ในการตรวจสอบเครื่องมือ การตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัยตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิใช้เกณฑ์ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นใช้ได้มีความเหมาะสมตรงกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

0 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมตรงกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัยหรือไม่

- 1 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นยังไม่ตรงหรือไม่เหมาะสมกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

ในกรณีที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้ตรวจสอบแล้วให้ค่าประเมินเป็น 0 หรือ-1 ในข้อความหรือข้อคำถามใด ขอความอนุเคราะห์ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น จะเป็นพระคุณยิ่ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อ	ข้อคำถาม
1.	ชื่อ(นาย/นาง/นางสาว).....นามสกุล..... ตำแหน่ง..... สถานที่สอบถาม..... วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา..... วุฒิการศึกษา.....สาขาที่สำเร็จการศึกษา..... ประสบการณ์.....ปี สถาบันการศึกษา.....

		ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
	ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วของผู้ตอบแบบสอบถาม				

ตอนที่ 2 แสดงข้อคำถาม แบบสอบถามออกแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อคำถาม	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
	-1	0	+1	
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย (ด้านการใช้งานของวัสดุเชื้อเพลิง)				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม (ด้านรูปลักษณ์ของวัสดุเชื้อเพลิง)				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูปทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย (ด้านขณะเผาไหม้ ไม่มีควัน และ กลิ่นเหม็น)				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ (ด้านผลผลิต ที่ได้จากการนำใบไม้แห้งมาผลิตวัสดุเชื้อเพลิง)				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน (ด้านความแข็งแรงของรูปทรงแท่งวัสดุเชื้อเพลิง)				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

.....

(.....)

ผู้ประเมิน

แบบสอบถามประสิทธิภาพและความพึงพอใจเพื่อการวิจัย
เรื่อง
“การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง”

ผู้วิจัย นาย วสวัตต์ โตจีน นิสิตปริญญามหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำชี้แจง

แบบสอบถามมีวัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นจากกลุ่มเป้าหมาย

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจรูปแบบเครื่องผลิตเชื้อเพลิง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

คำอธิบาย สำหรับผู้ทรงวุฒิในการตรวจสอบ

เกณฑ์ในการตรวจสอบเครื่องมือ การตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัยตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิใช้เกณฑ์ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นใช้ได้มีความเหมาะสมตรงกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

0 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสมตรงกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัยหรือไม่

- 1 หมายถึง ข้อความหรือข้อคำถามนั้นยังไม่ตรงหรือไม่เหมาะสมกับเนื้อหาตามกรอบแนวคิดในการวิจัย

ในกรณีที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้ตรวจสอบแล้วให้ค่าประเมินเป็น 0 หรือ-1 ในข้อความหรือข้อคำถามใด ขอความอนุเคราะห์ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น จะเป็นพระคุณยิ่ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

<table>
<tr><td>ข้อ</td><td colspan="5">ข้อคำถาม</td></tr>
<tr><td>1.</td><td colspan="5">ชื่อ(นาย/นาง/นางสาว).....นามสกุล.....
ตำแหน่ง.....
สถานที่สอบถาม.....
วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....
วุฒิการศึกษา.....สาขาที่สำเร็จการศึกษา.....
ประสบการณ์.....ปี สถาบันการศึกษา.....</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="2"></td><td colspan="3">ผลการพิจารณา</td><td>ข้อเสนอแนะ</td></tr>
<tr><td>-1</td><td>0</td><td>+1</td><td></td></tr>
<tr><td>ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วของผู้ตอบแบบสอบถาม</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

ตอนที่ 2 แสดงข้อคำถาม แบบสอบถามความพึงพอใจที่ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อคำถาม	ผลการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
	-1	0	+1	
1. นำของเดิมที่มีอยู่มาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด				
1.1 การนำใบไม้แห้งมาผ่านกระบวนการอัดด้วยเครื่องผลิตเชื้อเพลิงช่วยเพิ่มมูลค่าและได้ประโยชน์สูงสุด				
2. ประหยัดงบประมาณ มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาที่รัฐต้องการซื้อ				
2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการผลิตเครื่องสามารถหาซื้อง่ายราคาถูก				
2.2 ราคาก้อนเชื้อเพลิงจากเครื่องอัดเชื้อเพลิงมีต้นทุนต่ำกว่าเนื่องจากมีในท้องถิ่น				
3. มีความเป็นไปได้จริงในการปฏิบัติ เช่น ต้นทุนการผลิตต่ำ มีเทคโนโลยีไม่ซับซ้อน				
3.1 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง มีความแข็งแรง เหมาะกับการใช้งาน				
3.2 ขั้นตอนการใช้เครื่องไม่ซับซ้อน				
3.3 เครื่องผลิตมีต้นทุนราคาเหมาะสมกับอายุการใช้งาน				
4. สามารถแก้ไข หรือ บรรเทาปัญหา ในการปฏิบัติงานการควบคุมไฟป่าของหน่วยงาน				
4.1 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถลดปริมาณใบไม้สาเหตุการเกิดไฟป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ				
4.2 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่พัฒนาสามารถช่วยลดแรงงานในการผลิตก้อนเชื้อเพลิงและเพิ่มจำนวนในการผลิตให้ได้มากขึ้น				
5. ช่วยให้ราษฎรในพื้นที่สามารถใช้และดำรงชีวิตได้โดยมีต้นทุนต่ำ				
5.1 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงสามารถสร้างรายได้เสริมแก่คนในชุมชน				
5.2 ผลผลิตจากเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ความสวยงามสามารถสร้างรายได้สู่ชุมชนในต้นทุนที่ต่ำ				

.....

(.....)

ผู้ประเมิน

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบร่าง
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(ระยะที่ 1 แบบที่ 1-9)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาใส่ค่าคะแนน ลงในช่องที่หมายเลขรูปแบบ ของท่านโดยมีเกณฑ์ค่าคะแนนการประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อคำถาม	รูปแบบร่างเครื่องผลิตเชื้อเพลิง				
	1	2	3	4	5
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย					
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้					
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน					
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย					
2. ด้านความสวยงาม					
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม					
2.2 สวยงาม เรียบง่าย					
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม					
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย					
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย					
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย					
3.3 ขนาดเหมาะสม					
4. ด้านวัสดุ					
4.1 ผลิตได้ง่าย					
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน					
4.3 ราคาเหมาะสม					
4.4 วัสดุหาได้ง่าย					
5. ด้านความแข็งแรงคงทน					
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน					
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ					
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง					

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบร่างเครื่องผลิตเชื้อเพลิง			
	6	7	8	9
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน				
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม				
2.2 สวยงาม เรียบง่าย				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย				
3.3 ขนาดเหมาะสม				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน				
4.3 ราคาเหมาะสม				
4.4 วัสดุหาได้ง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ				
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบร่าง
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(ระยะที่ 2 แบบที่ 1-9)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาใส่ค่าคะแนน ลงในช่องที่หมายเลขรูปแบบ ของท่านโดยมีเกณฑ์ค่าคะแนนการประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อคำถาม	รูปแบบร่างเครื่องผลิตเชื้อเพลิง				
	1	2	3	4	5
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย					
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้					
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน					
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย					
2. ด้านความสวยงาม					
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม					
2.2 สวยงาม เรียบง่าย					
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม					
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย					
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย					
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย					
3.3 ขนาดเหมาะสม					
4. ด้านวัสดุ					
4.1 ผลิตได้ง่าย					
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน					
4.3 ราคาเหมาะสม					
4.4 วัสดุหาได้ง่าย					
5. ด้านความแข็งแรงคงทน					
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน					
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ					
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง					

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบร่างเครื่องผลิตเชื้อเพลิง			
	6	7	8	9
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน				
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม				
2.2 สวยงาม เรียบง่าย				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย				
3.3 ขนาดเหมาะสม				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน				
4.3 ราคาเหมาะสม				
4.4 วัสดุหาได้ง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ				
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบร่าง
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(ระยะที่ 3 แบบที่ 1-10)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาใส่ค่าคะแนน ลงในช่องที่หมายเลขรูปแบบ ของท่านโดยมีเกณฑ์ค่าคะแนนการประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อคำถาม	รูปแบบร่างเครื่องผลิตเชื้อเพลิง				
	1	2	3	4	5
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย					
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้					
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน					
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย					
2. ด้านความสวยงาม					
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม					
2.2 สวยงาม เรียบง่าย					
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม					
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย					
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย					
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย					
3.3 ขนาดเหมาะสม					
4. ด้านวัสดุ					
4.1 ผลิตได้ง่าย					
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน					
4.3 ราคาเหมาะสม					
4.4 วัสดุหาได้ง่าย					
5. ด้านความแข็งแรงคงทน					
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน					
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ					
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง					

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบร่างเครื่องผลิตเชื้อเพลิง				
	6	7	8	9	10
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย					
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้					
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน					
1.3 การใช้งานง่าย สะดวกสบาย					
2. ด้านความสวยงาม					
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม					
2.2 สวยงาม เรียบง่าย					
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม					
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย					
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย					
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย					
3.3 ขนาดเหมาะสม					
4. ด้านวัสดุ					
4.1 ผลิตได้ง่าย					
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน					
4.3 ราคาเหมาะสม					
4.4 วัสดุหาได้ง่าย					
5. ด้านความแข็งแรงคงทน					
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน					
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ					
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบร่าง
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(ระยะที่ 1 แบบที่ 1-9)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาใส่ค่าคะแนน ลงในช่องที่หมายเลขรูปแบบ ของท่านโดยมีเกณฑ์ค่าคะแนนการประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง				
	1	2	3	4	5
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย					
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้					
1.2 วัสดุติดไฟง่าย					
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน					
2. ด้านความสวยงาม					
2.1 สวยงาม เรียบง่าย					
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่					
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม					
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย					
4. ด้านวัสดุ					
4.1 ผลิตได้ง่าย					
4.2 ไม่แตกหักง่าย					
5. ด้านความแข็งแรงคงทน					
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน					
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง					

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	6	7	8	9
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบร่าง
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(ระยะที่ 2 แบบที่ 1-8)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาใส่ค่าคะแนน ลงในช่องที่หมายเลขรูปแบบ ของท่านโดยมีเกณฑ์ค่าคะแนนการประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	1	2	3	4
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	5	6	7	8
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบร่าง
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(ระยะที่ 3 แบบที่ 1-16)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาใส่ค่าคะแนน ลงในช่องที่หมายเลขรูปแบบ ของท่านโดยมีเกณฑ์ค่าคะแนนการประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	1	2	3	4
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	5	6	7	8
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	9	10	11	12
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				

ตอนที่ 2 ต่อ

ข้อคำถาม	รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง			
	9	10	11	12
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				
ข้อคำถาม	**รูปแบบวัสดุเชื้อเพลิง**			
	13	**14**	**15**	**16**
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย				
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้				
1.2 วัสดุติดไฟง่าย				
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน				
2. ด้านความสวยงาม				
2.1 สวยงาม เรียบง่าย				
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่				
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม				
3. ด้านความปลอดภัย				
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย				
4. ด้านวัสดุ				
4.1 ผลิตได้ง่าย				
4.2 ไม่แตกหักง่าย				
5. ด้านความแข็งแรงคงทน				
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน				
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง				

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบ
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(แบบที่ 1-3)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาโดยทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็น ของท่านโดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสกุล.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างการศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**														
	รูปแบบที่ 1					**รูปแบบที่ 2**					**รูปแบบที่ 3**				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย															
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้															
1.2 สัดส่วนเหมาะสมผู้ใช้งาน															
1.3 การใช้งานง่ายสะดวกสบาย															
2. ด้านความสวยงาม															
2.1 รูปแบบมีความเหมาะสม															
2.2 สวยงาม เรียบง่าย															
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม															
2.4 รูปแบบมีความทันสมัย															
3. ด้านความปลอดภัย															
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย															
3.2 กรรมวิธีการผลิตไม่เป็นอันตราย															
3.3 ขนาดเหมาะสม															

ตอนที่ 2 ต่อ

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**														
	รูปแบบที่ 1					**รูปแบบที่ 2**					**รูปแบบที่ 3**				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
4. ด้านวัสดุ															
4.1 ผลิตได้ง่าย															
4.2 มีความเหมาะสมการใช้งาน															
4.3 ราคาเหมาะสม															
4.4 วัสดุหาได้ง่าย															
5. ด้านความแข็งแรงคงทน															
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน															
5.2 คงทนต่อการเสื่อมสภาพ															
5.3 โครงสร้างมีความแข็งแรง															

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

.....

....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบ
การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
(แบบที่ 1-3)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ผู้วิจัย นายวสวัตต์ โตจีน
หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ธเนศ ภิรมย์การ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
1.2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาของแบบประเมิน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน
ตอนที่ 2 แบบร่าง (Sketch Design) ข้อมูลด้านการออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้ตอบแบบสอบถามทำการพิจารณาโดยทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็น ของท่านโดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยระดับน้อยที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความกรุณาประเมินแบบสอบถามด้านการออกแบบ การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง มา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย วสวัตต์ โตจีน
ผู้วิจัย

หมายเหตุ : ข้อมูลแบบประเมินนี้ จะเก็บไว้เป็นความลับ เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

คำชี้แจง : กรุณากรอกข้อมูลดังต่อไปนี้

ชื่อ-นามสก.....

ตำแหน่ง.....

สถานที่สอบถาม.....

วันที่ทำการสอบถาม.....เวลา.....

สถานที่ทำงาน.....

ตอนที่ 2 การออกแบบร่างวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

คำชี้แจง : โปรดใส่ค่าคะแนน ลงในช่องระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**														
	รูปแบบที่ 1					**รูปแบบที่ 2**					**รูปแบบที่ 3**				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1. ด้านประโยชน์ใช้สอย															
1.1 เหมาะสมกับความต้องการผู้ใช้															
1.2 วัสดุติดไฟง่าย															
1.3 วัสดุติดไฟเป็นเวลานาน															
2. ด้านความสวยงาม															
2.1 สวยงาม เรียบง่าย															
2.2 รูทรงมีความแปลกใหม่															
2.3 ขนาดที่ใช้มีความเหมาะสม															
3. ด้านความปลอดภัย															
3.1 การใช้งานไม่ก่อให้เกิดอันตราย															
4. ด้านวัสดุ															
4.1 ผลิตได้ง่าย															
4.2 ไม่แตกหักง่าย															

ตอนที่ 2 ต่อ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น														
	รูปแบบที่ 1					รูปแบบที่ 2					รูปแบบที่ 3				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
5. ด้านความแข็งแรงคงทน															
5.1 แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน															
5.2 โครงสร้างมีความแข็งแรง															

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

.....

....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

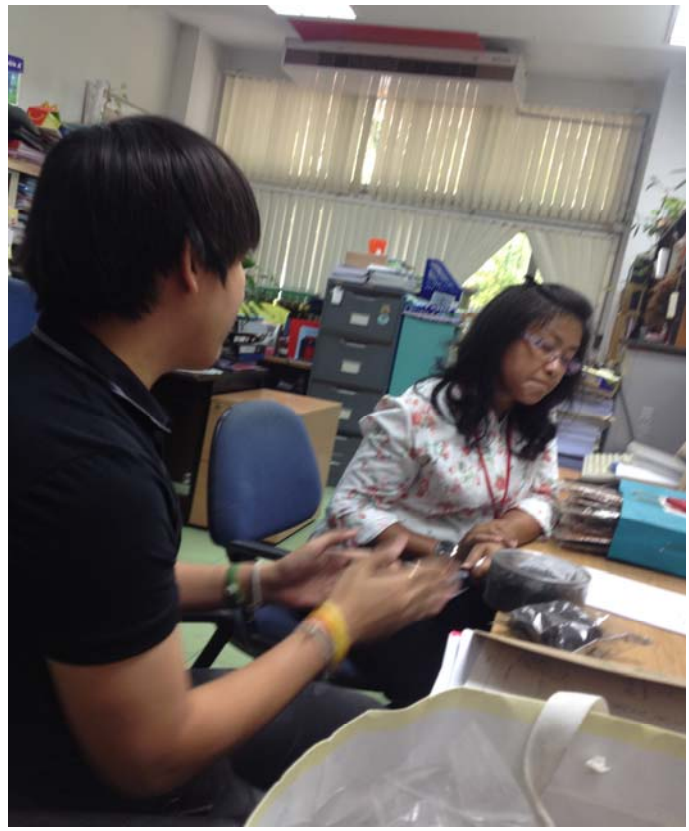
ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายขั้นตอนการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูล

1. ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลในการวิจัย ศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี
2. ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลในการวิจัย ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เชี่ยวชาญ
3. ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลในการวิจัย การผลิตต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
4. ภาพถ่ายการเก็บข้อมูลในการวิจัย ประเมินเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพ ค.1 นาย เสกสรรค์ ศิริวัฒนสกุล หัวหน้าศูนย์สาธิตการควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)

ภาพ ค.2 นาย ประเสริฐศิลป อรรฐาเมศร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุเชื้อเพลิงจากไม้มะม่วง
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)

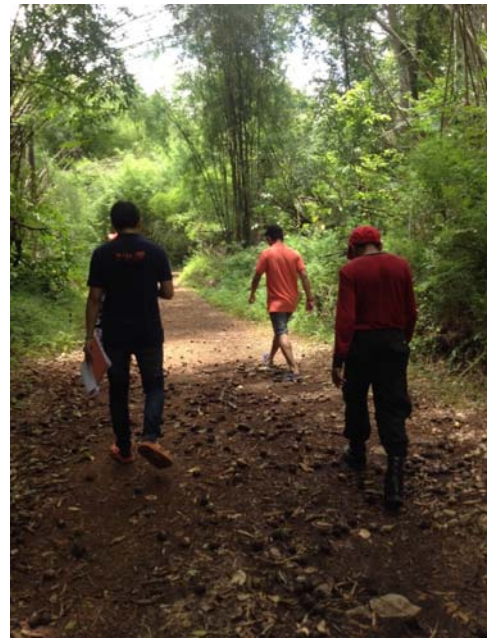


ภาพ ค.3 ผศ.ดร. ศศิธร จารุสมบัติ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)

ภาพ ค.4 อาจารย์ ศรศิลป์ ชีมกลาง อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.5 อาจารย์ คมสัน เรืองโกศล อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.6 อาจารย์ ปวีณา บุญปาน อาจารย์สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)



ภาพ ค.7 ภาพแสดงศึกษาสภาพปัญหาป่าบริเวณศูนย์สาธิตควบคุมไฟป่าจังหวัดกาญจนบุรี
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)

ภาพ ค.8 ภาพแสดงศึกษาขั้นตอนการเผาเศษใบไม้แห้ง
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)

ภาพ ค.9 ภาพแสดงขั้นตอนวิธีการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.7 ภาพแสดงขั้นตอนทดสอบส่วนผสมผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2558)

ภาพ ค.8 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตต้นแบบ

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.9 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตต้นแบบ

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.10 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตต้นแบบ

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.11 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตต้นแบบ

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.12 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตต้นแบบ

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.13 แสดงขั้นตอนวิธีการผลิตต้นแบบ

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.13 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.14 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.15 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.16 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.17 แสดงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่อัดจากเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ค.18 แสดงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งที่อัดจากเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิง
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

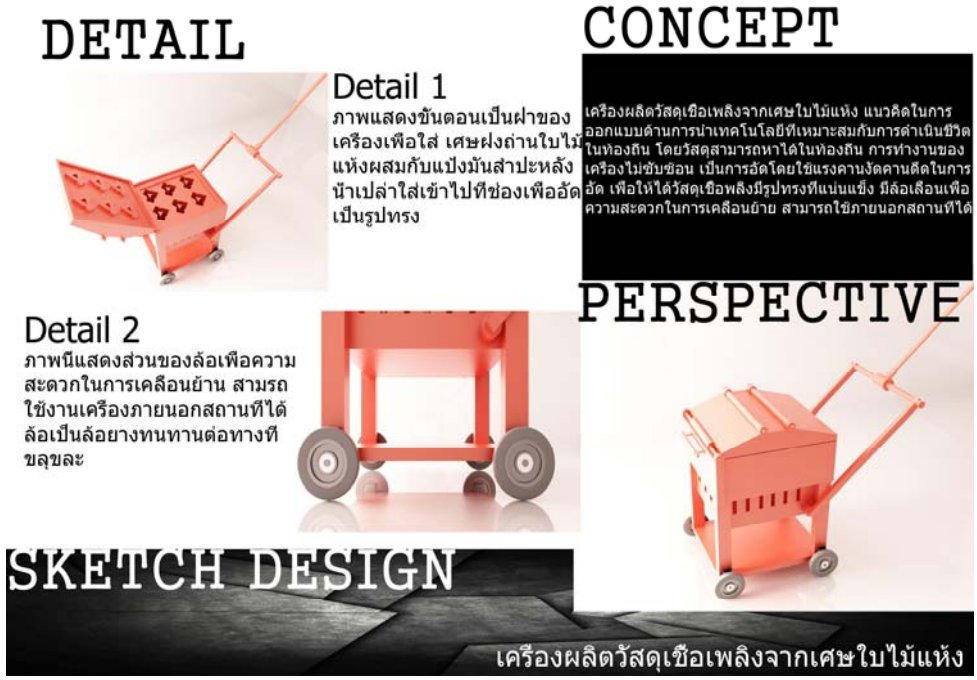
ภาพ ค.19 แสดงการประเมินเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง

ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2561)

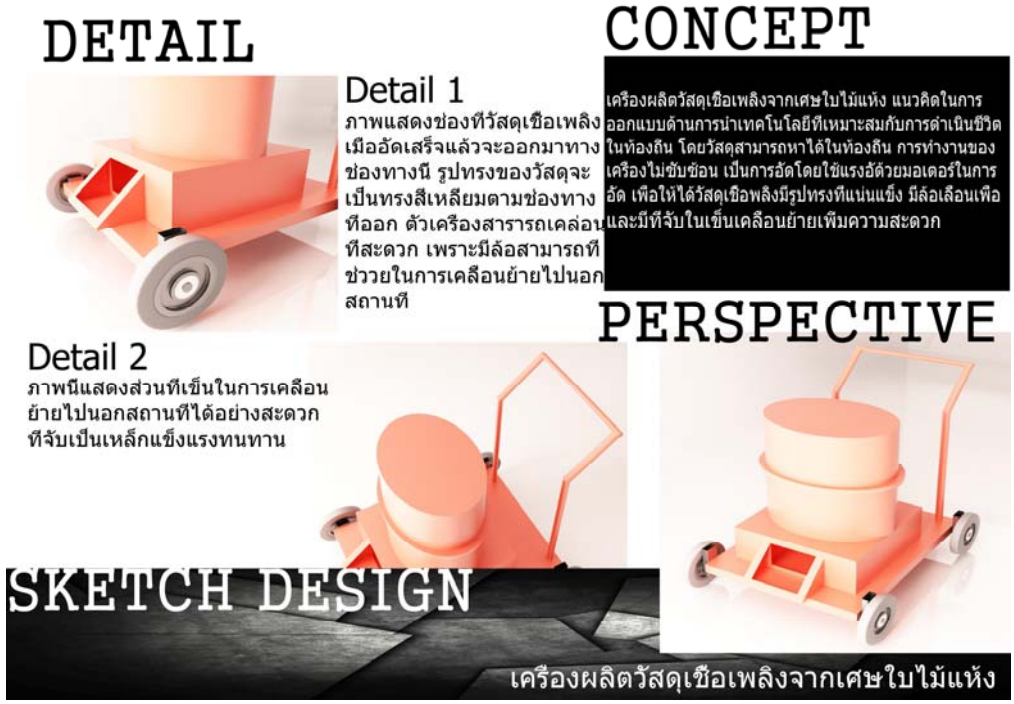
ภาคผนวก ง

ผลการออกแบบ

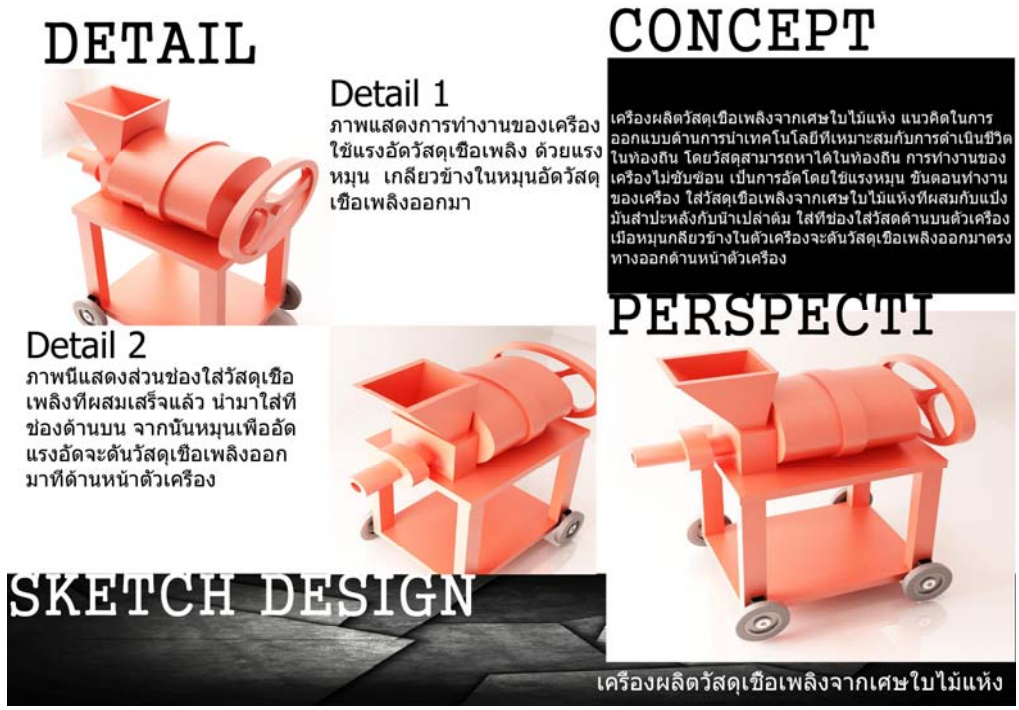
1. ภาพร่างเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงและรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
2. ภาพ Sketch Design
3. เขียนแบบเพื่อการผลิต
4. ภาพต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงและรูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง



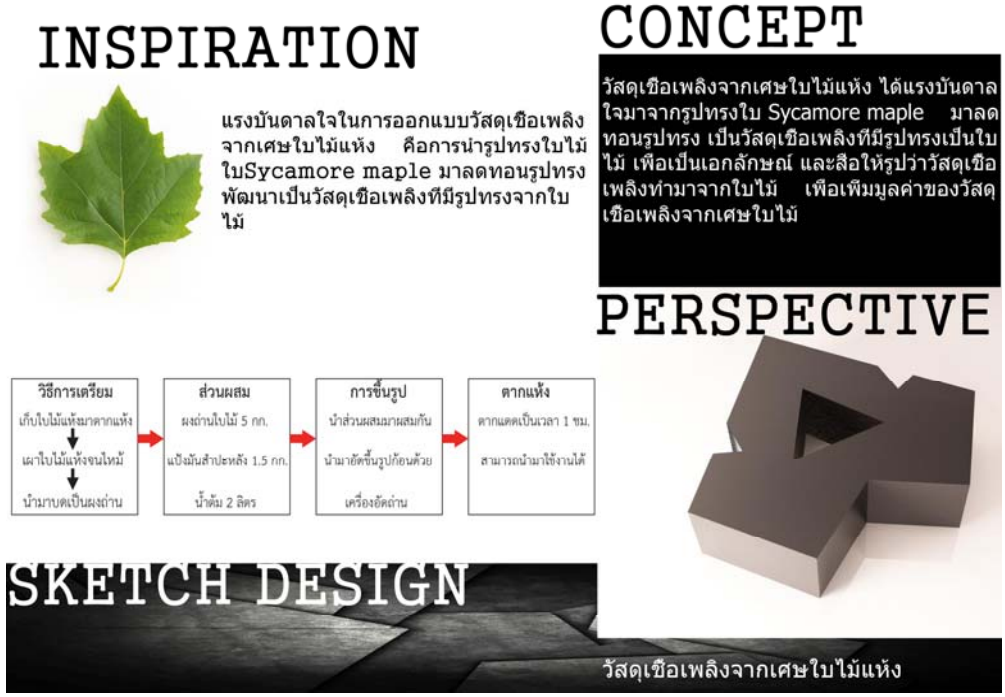
ภาพ ง.1 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 1
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2559)



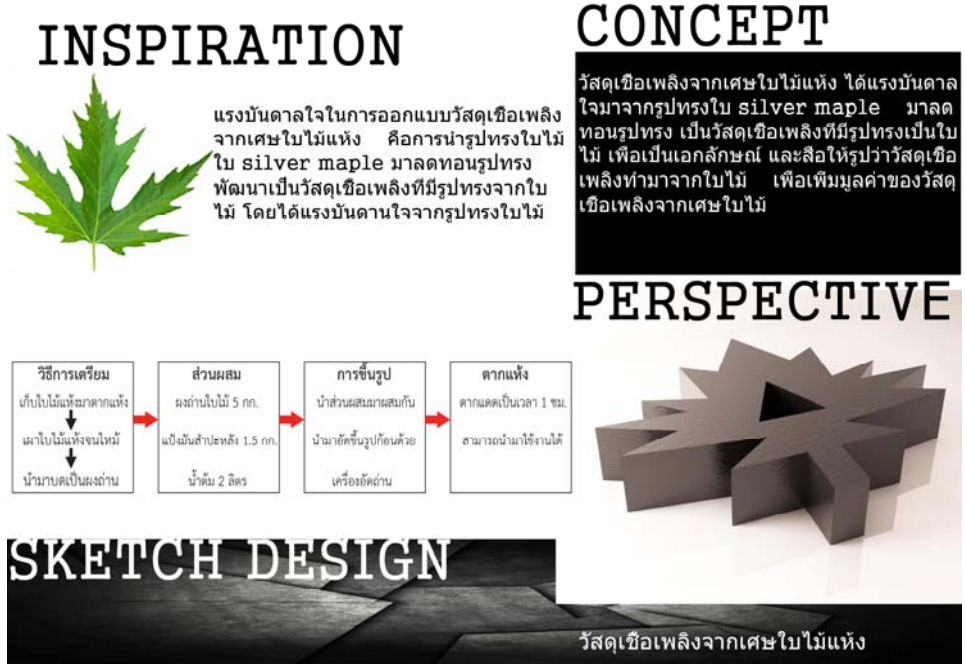
ภาพ ง.2 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 2
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2559)



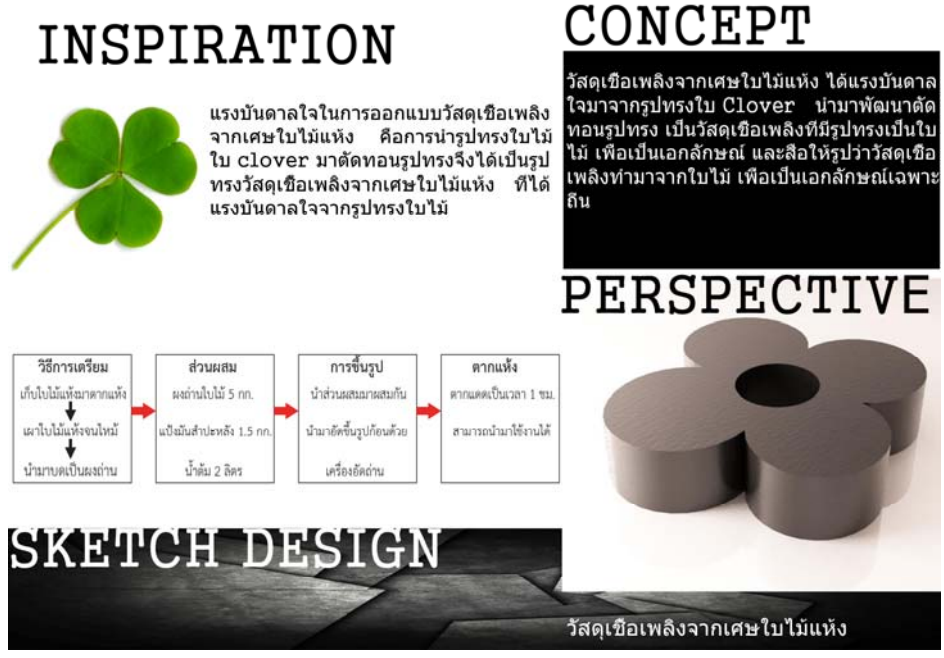
ภาพ ง.3 แสดงแบบ Sketch design เครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 3
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2559)



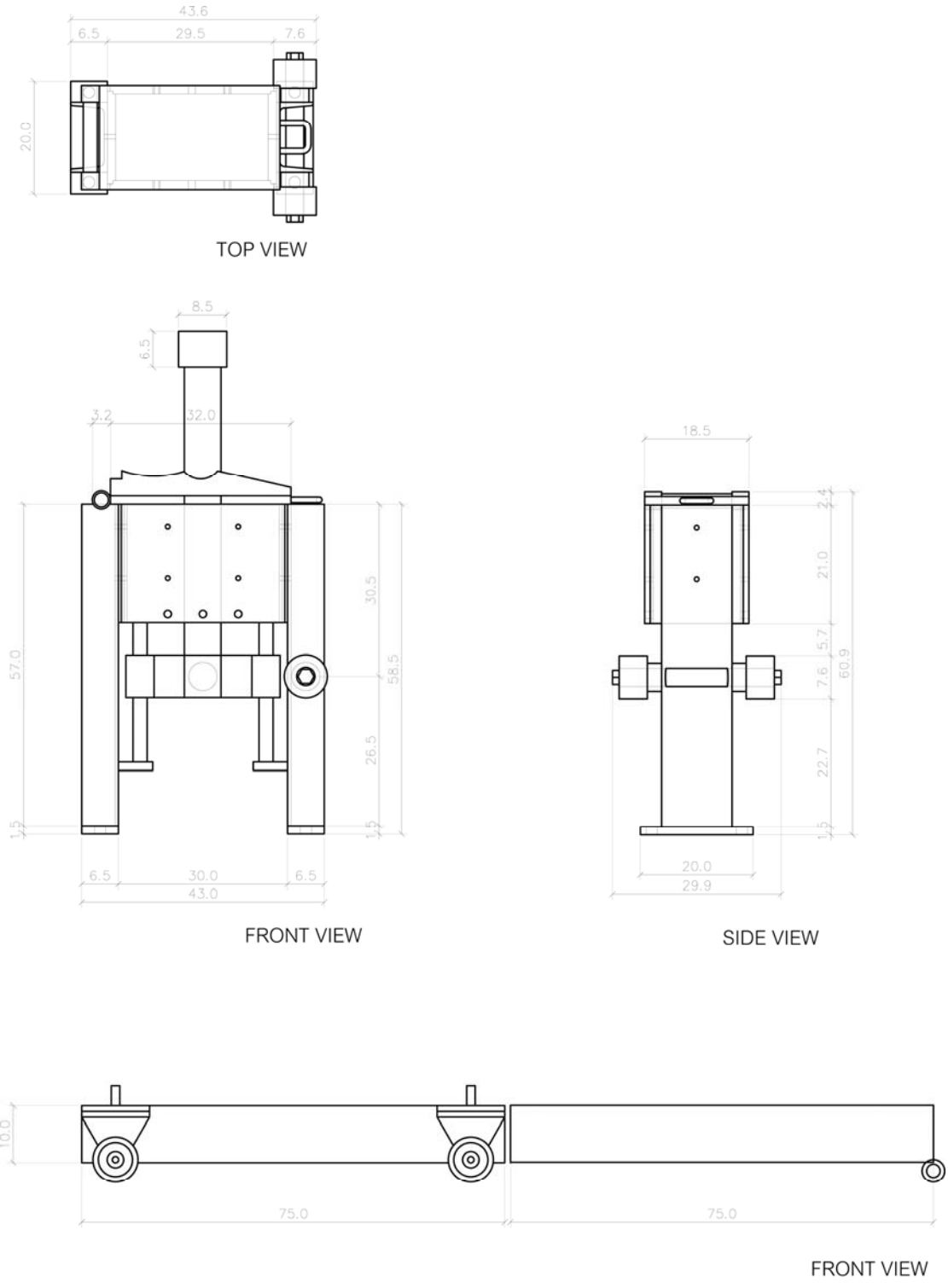
ภาพ ง.4 แสดงแบบ Sketch design รูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 1
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2559)



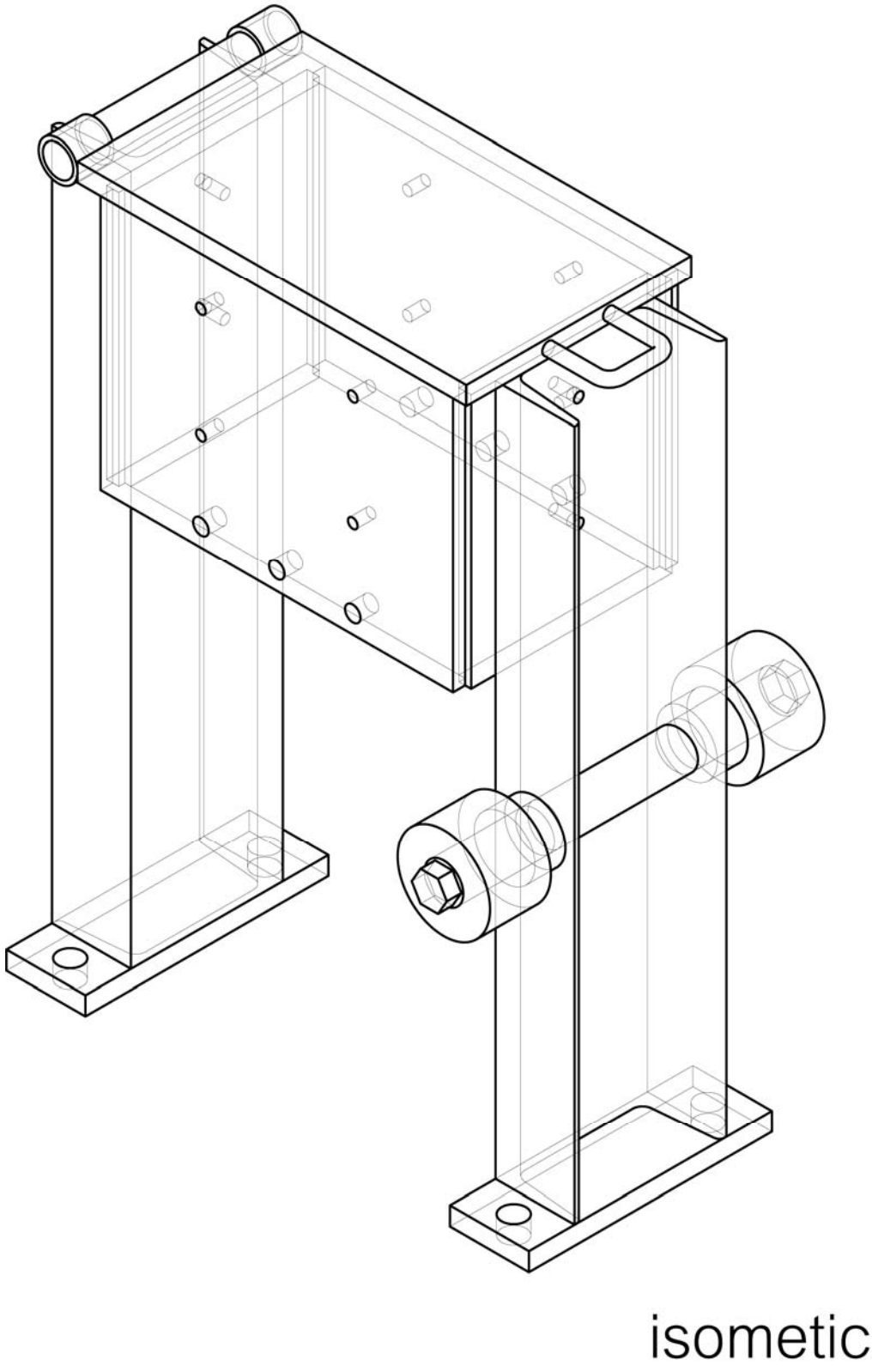
ภาพ ง.4 แสดงแบบ Sketch design รูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 2
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2559)



ภาพ ง.5 แสดงแบบ Sketch design รูปทรงวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้งรูปแบบที่ 3
ภาพโดย : นาย วสวัตต์ โตจีน (2559)



ภาพ ง.6 เขียนแบบเพื่อการผลิต
ภาพโดย : นายวสวัตต์ โตจีน (2560)



ภาพ ง.7 เขียนแบบเพื่อการผลิต
ภาพโดย : นายวสวัตต์ โตจีน (2560)

ภาพ ง.8 ต้นแบบเครื่องผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ภาพโดย : นายวสวัตต์ โตจีน (2561)

ภาพ ง.9 ต้นแบบวัสดุเชื้อเพลิงจากเศษใบไม้แห้ง
ภาพโดย : นายวสวัตต์ โตจีน (2561)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล		วสวัตต์ โตจีน
วัน - เดือน - ปีเกิด		25 มิถุนายน พ.ศ.2529
ที่อยู่ปัจจุบัน		212/10 ซอยกรุงเทพ-นนท์37 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10310
ประวัติการศึกษา	**2545**	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนกำแพงเพชรวิทยาคม
	2551	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาสาขาศิลปกรรมศาสตร์ สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	**2551**	ตำแหน่ง Interior Designer บริษัท SB. furniture
	2555	ตำแหน่ง เจ้าของธุรกิจ บริษัท Madoo Design