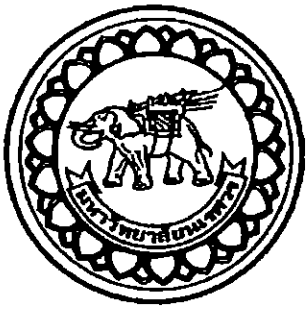


การปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย โดยผสมกับซังข้าวโพด

IMPROVE THE HEAT VALUE OF FUEL BRIQUETTE FROM BAGASSE MIXED WITH CORN COB

นางสาวทิพย์สุคนธ์ อินฆะสอน รหัส 51363517
นายธนพล โหนทองหลาง รหัส 51383195

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 10 ก.ค. 255
เลขทะเบียน 15923827
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ท472 ร1 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อยโดยผสมกับซังข้าวโพด
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวทิพย์สุคนธ์ อินฆะสอน รหัส 51363517
	นายธนพล โหนทองหลาง รหัส 51383195
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์โพธิ์งาม สมกุล)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย โดยผสมกับซังข้าวโพด
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวทิพย์สุคนธ์ อินฒะสอน รหัส 51363517
	นายธนพล โหนทองหลาง รหัส 51383195
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการใช้ซังข้าวโพดเพื่อปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย โดยได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำซังข้าวโพดมาปรับปรุงค่าความร้อน โดยจะทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถมีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยให้ความสนใจที่ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงาน

ผลจากการศึกษาพบว่าซังข้าวโพดสามารถใช้เพื่อปรับปรุงค่าพลังงานความร้อนได้จริงและมีค่าความร้อนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคือ 5,000 kcal/g และมีค่าความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าพลังงานความร้อนคือ อัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงาน โดยจากการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมที่ให้ค่าความร้อนที่สูงที่สุดคือ 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ผ่านการผึ่งแดด โดยให้ค่าพลังงานความร้อน 6,751.02 kcal/g ซึ่งมีต้นทุนอยู่ที่ 6.24 บาท/กิโลกรัม มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 59,360.73 กิโลกรัม โดยทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ผลิตได้ปีละ 41,606.4 กิโลกรัม และมีระยะเวลาคุ้มทุน 1.42 ปี โดยคิดรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงขึ้นได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและความคิดเห็นต่างๆ ในการทำโครงงานตลอด และยังช่วยให้แนวทางในการทำการทดลองและขั้นตอนในการทำโครงงานที่ถูกต้อง

นอกจากนี้ยังมีคุณแต่ง ปัดถา ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่ง ที่คอยให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคต่างๆ ในการทำโครงงาน และอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการทำโครงงานมาโดยตลอด

ทั้งนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านดารเงินและกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยในการทำโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวทิพย์สุคนธ์ อินทะสอน
นายธนพล โหนทองหลาง
พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญรูป.....ฉ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....4
2.1 พลังงาน.....4
2.1.1 พลังงานที่ใช้แล้วสูญสิ้น.....4
2.1.2 พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ไม่หมด.....4
2.2 พลังงานชีวมวล.....4
2.2.1 แหล่งที่มาของชีวมวล.....5
2.2.2 แหล่งพลังงานชีวมวลที่สำคัญของประเทศไทย.....6
2.2.3 ข้อจำกัดในการใช้เศษกากชีวมวลเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิง.....6
2.2.4 คุณสมบัติของชีวมวล.....6
2.3 การเพิ่มความหนาแน่น.....10
2.3.1 ข้อดีของการเพิ่มความหนาแน่น.....10
2.3.2 ข้อเสียของการเพิ่มความหนาแน่น.....10
2.4 เทคนิคเพิ่มการเพิ่มความหนาแน่น.....11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 การอัดเย็นที่ความดันต่ำ 11
2.4.2 การทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลอัดแท่ง 13
2.5 กระบวนการผลิตชีวมวลอัดแท่ง 14
2.5.1 กระบวนการผลิตถ่าน 14
2.5.2 กระบวนการบดย่อย 14
2.5.3 กระบวนการผสม 15
2.5.4 การอัดเป็นแท่ง 15
2.5.5 การทำให้แห้ง 15
2.6 การออกการทดลองทางวิศวกรรม 16
2.6.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง 16
2.6.2 หลักการพื้นฐาน 17
2.6.3 แนวทางในการออกแบบการทดลอง 17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
2.7.1 โครงงานความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย 18
2.7.2 โครงงานฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวล 19
2.7.3 งานวิจัยกรผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง . 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 20
3.1 การศึกษา สำรวจและรวบรวมข้อมูล 20
3.1.1 การศึกษาและสำรวจข้อมูลด้านพลังงาน 20
3.1.2 การศึกษาด้านพลังงานทดแทนประเภทชีวมวล 20
3.1.3 การศึกษาและสำรวจข้อมูลด้านการผลิตชีวมวลอัดแท่ง 20
3.1.4 การศึกษาข้อมูลทางด้านการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 20
3.1.5 การศึกษาการออกแบบการทดลอง 21
3.2 การออกแบบการทดลอง 21
3.2.1 การกำหนดปัจจัย 21
3.2.2 ระดับของปัจจัย 22
3.2.3 สมมติฐานการทดลอง 23
3.2.4 กำหนดการทดลอง 23
3.3 การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.1 ลดปริมาณความชื้นออกจากวัตถุดิบ 23
3.3.2 การผสม 24
3.3.3 การลดขนาดชีวมวลเพื่อเพิ่มความหนาแน่น 24
3.3.4 การอัดแท่ง 24
3.3.5 การตากแห้ง 24
3.4 ทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ 25
3.4.1 การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ 25
3.4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 25
3.5 สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน 25

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 26
4.1 ผลการทดลอง 26
4.2 การวิเคราะห์ผลเชิงสถิติ 28
4.2.1 การตรวจสอบข้อมูล 28
4.2.2 การทดสอบค่าความแปรปรวน 30
4.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล 32
4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 36
4.3.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนในกรณีตั้งโรงงานใหม่ 36
4.3.2 กรณีที่มีการผลิตอยู่แล้ว 38

บทที่ 5 สรุปผล 39

เอกสารอ้างอิง 40

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3
ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตผลทางการเกษตร (พื้นฐานที่รับมา) 8
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง 22
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ปรับปรุงค่าความร้อน
ด้วยซังข้าวโพด 26
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแรปรวนของข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตารางที่4.1 .. 31
ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์การถดถอยข้อมูล 32
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่อัตราส่วนผสม 3:7 35
ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์การถดถอยที่อัตราส่วนผสม 3:7 35
ตารางที่ 4.6 ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ 36
ตารางที่ 4.7 แสดงต้นทุนแปรผันต่อหน่วย 36
ตารางที่ 4.8 จำนวนที่ต้องผลิตเพื่อให้ได้จุดคุ้มทุน 37
ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงราคาต้นทุนของถ่านอัดแท่ง 38

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การบีบอัดชีวมวลโดยใช้ตัวประสาน 11
รูปที่ 2.2 กระบวนการ 16
รูปที่ 3.1 ชานอ้อยก่อนและหลังเผา 23
รูปที่ 3.2 ซังข้าวโพดก่อนและหลังเผา 24
รูปที่ 3.3 เชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดแท่งและเครื่องอัดแท่งแบบสกรู 24
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 27
รูปที่ 4.2 แสดงค่า Normal Probability ของค่าความร้อนที่ได้จากการทดสอบ 28
รูปที่ 4.3 แสดงค่าความผิดพลาดกับจำนวนของการทดลองทั้งหมด 29
รูปที่ 4.4 แสดงค่าผิดพลาดกับค่าเฉลี่ยค่าความร้อน 30
รูปที่ 4.5 แสดง Main Effect : อัตราส่วนผสม 33
รูปที่ 4.6 แสดง Main Effect : ค่าความชื้น 34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีความต้องการทางด้านพลังงานเชื้อเพลิงค่อนข้างสูงแต่ในทางกลับกัน สภาวการณ์ด้านพลังงานของโลกกำลังจะหมดไปทำให้ต้องมีการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในแต่ละปีประเทศไทยจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำเข้าเชื้อเพลิงเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันในประเทศไทยจึงได้เริ่มมีให้ความสนใจในการวิจัยและพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน เพราะว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีแหล่งพลังงานทดแทนประเภทชีวมวลที่ค่อนข้างสูง ซึ่งพลังงานทดแทนประเภทชีวมวลที่ได้รับความสนใจและมีการส่งเสริมอย่างหนึ่งคือ การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อนำมาใช้แทนก๊าซหุงต้มในครัวเรือน ส่วนมากจะผลิตจากชีวมวลที่เป็นของเหลือจากผลผลิตการเกษตรเช่น แกลบ กะลามะพร้าว ฟางข้าว เป็นต้น ซึ่งในจังหวัดพิษณุโลกก็เป็นอีกหนึ่งจังหวัดที่มีการส่งเสริมการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยมีการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด ซึ่งตั้งอยู่ที่ ตำบลหนองกระท้าว อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งจะทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพดเป็นหลัก โดยอาจจะมีการผลิตจากชีวมวลประเภทอื่นอยู่บ้างตามฤดูการเก็บเกี่ยว โดยที่ผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะมีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ 5,000 kcal/g แต่สำหรับเชื้อเพลิงที่ผลิตจากชานอ้อยนั้นได้มีค่าความร้อนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น ผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะทำการเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อยโดยการนำซังข้าวโพดมาผสม เพื่อหาค่าสภาวะที่เหมาะสมในด้านของอัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงานที่สามารถทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานและใช้งานแทนก๊าซหุงต้มและถ่านจากไม้ฟืนได้ ซึ่งเป็นลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมและสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชนและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตชีวมวลอัดแท่งจากชานอ้อยผสมซังข้าวโพด

1.2.2 เพื่อศึกษาหาปริมาณอัตราส่วนผสม ความชื้นที่สามารถทำให้เชื้อเพลิงมีค่าความร้อนผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

1.2.3 เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตและจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อยผสมซังข้าวโพด

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อยผสมซังข้าวโพด

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

เชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถให้ค่าพลังงานความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนคือ 5,000 kcal/g และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ผลิตชีวมวลอัดแท่งจากชานอ้อยผสมกับซังข้าวโพดโดยมีส่วนผสมเป็นแป้งมันกับน้ำ

1.5.2 การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งในรูปแบบของทรงกระบอกกลวง

1.5.3 อัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยวิธีการอัดเย็น

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

1.6.1 กลุ่มถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก

1.6.2 ศาลากลางจังหวัดพิษณุโลก

1.6.3 อาคารภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.4 สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6.5 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ระยะเวลาการดำเนินการเป็นเวลา 9 เดือน ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2554 ถึง กุมภาพันธ์ 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
	ก.ค.	ส.ค	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.8.1 การศึกษา สำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูล	←	→						
1.8.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล		←	→					
1.8.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง			←	→				
1.8.4 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง				←	→			
1.8.5 ทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และวิเคราะห์ผลการทดลอง				←	→	→		
1.8.6 สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่มโครงงาน							←	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 พลังงาน

พลังงาน หมายถึง สิ่งที่ทำให้สิ่งต่างๆเกิดการเคลื่อนที่ เปลี่ยนแปลง เจริญเติบโตหรือทำให้เกิดเป็นงาน พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่ไม่สามารถถูกทำลายได้เพียงแต่ถูกเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน ถ่าน ฟืน ก๊าซธรรมชาติ และยังรวมไปถึงสิ่งอื่นๆที่ทำให้เกิดงานได้อีก เช่น ลม (เอามาหมุนกังหันวิดน้ำเข้านา หรือ เอามาปั่นไฟ) หรือแสงอาทิตย์ (เอามาต้มน้ำร้อนหรือเอามาผลิตพลังไฟฟ้าโดยตรง) เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543) พลังงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

2.1.1 พลังงานที่ใช้แล้วสูญสิ้น

พลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถฟื้นฟูขึ้นใหม่และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหากใช้อย่างไม่ถูกวิธี พลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และพลังงานนิวเคลียร์

2.1.2 พลังงานหมุนเวียน หรือพลังงานใช้ไม่หมด

พลังงานที่ไม่มีวันหมดไป เป็นพลังงานที่มีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ได้แก่ ไม้ กระดาษ ฟืน แกลบ กาก (ชาน) อ้อย ชีวมวล (เช่น มูลสัตว์ และก๊าซชีวภาพ) น้ำ (จากเขื่อนไหลมาหมุนกังหันปั่นไฟ) แสงอาทิตย์ (ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าได้) ลม (หมุนกังหันลมผลิตไฟฟ้า) และคลื่น (กระแทกให้กังหันหมุนปั่นไฟ) และที่ว่าใช้ไม่หมดก็เพราะสามารถหามาทดแทนได้ เช่น ปลูกป่าเอาไม้มาทำฟืน หรือปล่อยน้ำจากเขื่อนมาปั่นไฟ แล้วไหลลงทะเลกลายเป็นไอ และเป็นฝนตกลงมาสู่โลกอีก หรือ แสงอาทิตย์ที่ได้รับจากดวงอาทิตย์อย่างไม่มีวันหมดสิ้น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543)

2.2 พลังงานชีวมวล

เชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นแหล่งให้ความร้อนและแสงสว่างที่สำคัญแหล่งแรกที่มนุษยชาติได้ใช้ ปัจจุบันก็เป็นแหล่งพลังงานสำคัญในลำดับต้นๆ ของประเทศเกษตรกรรมและประเทศกำลังพัฒนา ชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่กักเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และเกิดขึ้นหมุนเวียนซ้ำแล้วซ้ำเล่าอีกได้ในธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงานเพื่อใช้

ทดแทนพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานฟอสซิลซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงไปได้ ชีวมวลอาจถูกมองว่าเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตพืชและสัตว์ หรือกระบวนการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีความหลากหลายของรูปแบบและลักษณะเฉพาะแหล่งตามความหลากหลายและซับซ้อนทางชีววิทยาและสภาพสิ่งแวดล้อม ชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้มาจากแหล่งที่ไม่มีวันหมดไป เพราะวงจรการผลิตชีวมวลคือวงจรของพืชที่มีระยะเวลาสั้น ต่างจากน้ำมันหรือถ่านหินที่ต้องอาศัยการทับถมกันเป็นเวลาหลายล้านปี นอกจากนี้ชีวมวลยังสามารถที่จะผลิตได้ในประเทศ เกษตรกรจึงมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายชีวมวลไปสู่ผู้ใช้ และยังช่วยลดอัตราการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้ด้วย ซึ่งข้อดีต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ คือ การใช้ชีวมวลในการผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลก ในกรณีที่เรามีการผลิตชีวมวลขึ้นมาเพื่อทดแทนชีวมวลที่ใช้ไป เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกหมุนเวียนมาใช้ในชีวมวลที่ผลิตใหม่เท่ากับปริมาณก๊าซที่ถูกผลิตจากการเผาไหม้ชีวมวลนั้นๆ โดยการหายใจของพืช อีกทั้งชีวมวลยังมีปริมาณกำมะถันต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลมาก นั่นหมายถึงจะช่วนลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ชีวมวลประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน รวมทั้งมีปริมาณของไนโตรเจนและธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อยในรูปแบบของคาร์โบไฮเดรตหรือเซลลูโลส ชีวมวลนั้นมีอยู่มากมาย ทั้งที่ได้จากสิ่งมีชีวิตและยังรวมไปถึงสิ่งต่างๆที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลักนรูปแบบอื่นๆ โดยทั่วไปชีวมวลอาจจำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ แบบไม้ (Woody) แบบไม่ใช่ไม้ (Non Woody) และของเสียจากสัตว์

2.2.1 แหล่งที่มาของชีวมวล

2.2.1.1 ผลผลิตจากป่า ไร่นาสวน ต้นไม้ และวัชพืชต่างๆ ทั้งบนบกและในน้ำ เช่น ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน ไม้โตเร็ว ใบไม้ กิ่งไม้ หญ้า พืชล้มลุก จากส่วนเมล็ด เปลือก ผล และจากมวลสาหร่าย พืชน้ำ เป็นต้น

2.2.1.2 ผลผลิตจากพืชเศรษฐกิจ เศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ข้าว อ้อย มัน สำปะหลัง ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน แกลบ ฟาง ชานอ้อย ยอดใบอ้อย เหง้ามัน ซังข้าวโพด ทะลายปาล์ม

2.2.1.3 เศษวัสดุและของเสียจากกระบวนการและการประกอบการของภาคอุตสาหกรรม เช่น ชี้เลื่อย ฟลีเซอรีน ส่าเหล้า กากอาหาร รวมไปถึงของเสียจากโรงงานแปรรูป ของเสียประเภทพลาสติก และกากตะกอน จากโรงบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม

2.2.1.4 ของเสียจากแหล่งชุมชน เช่น ขยะชุมชน กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

2.2.1.5 ผลิตภัณฑ์และของเสียจากสัตว์ เช่น ไขมัน มูลสัตว์ เป็นต้น

แหล่งพลังงานชีวมวลปฐมภูมิที่ชัดเจนที่สุด ได้แก่ ไม้ฟืน ซึ่งมีความสะดวกในการใช้และมีการใช้กันมากอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในชนบท ในเขตเมืองก็มีการใช้ไม้ฟืนในอุตสาหกรรมและโรงงานขนาดเล็ก แหล่งที่มาของไม้ฟืนเหล่านี้หาได้ตามป่าไม้ พื้นที่ป่ารกร้าง ป่าปลูก และต้นไม้ตามหัวไร่ปลายนา หรือในสวน ซึ่งจะเป็นส่วน ลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ หรือบางครั้งอาจรวมถึงโคนและรากด้วย

ในพื้นที่ที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ แหล่งไม้ฟืนจะหาได้จากการเก็บ ตัด ฟัน ไม้ฟืนที่ตายแล้ว ในบางพื้นที่ที่มีจำกัด อาจจะได้จากการตัดโค่นไม้สดมาเลย

แหล่งพลังงานชีวมวลทุติยภูมิได้จาก ชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เศษกากจากกระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม ชีวมวลจากสัตว์เลี้ยง หรือจากชีวมวลที่ผ่านกระบวนการแปลงสภาพมาแล้ว เศษกากวัสดุที่ผลิตภายในประเทศจะแปรผันและขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ ซึ่งแต่ละชนิดมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า เช่น กากมันสำปะหลังและส่าเหล้า เพราะมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 80 - 90 บางชนิดต้องนำมาย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ เช่น เศษไม้ยางพารา เป็นต้น

2.2.2 แหล่งพลังงานชีวมวลที่สำคัญของประเทศไทย มีดังนี้

2.2.2.1 แกลบจากโรงสีข้าว

2.2.2.2 กากอ้อยจากโรงงานน้ำตาล

2.2.2.3 กากปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

2.2.2.4 เศษไม้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา สวนยางพารา และโรงงานผลิตไม้อัด

2.2.2.5 ซังข้าวโพดจากการแยกเมล็ดข้าวโพดออก ซึ่งกระจายอยู่ตามไร่ข้าวโพด

2.2.2.6 กากมะพร้าวจากสวนมะพร้าว ร้านขายส่งจากลูกมะพร้าว และโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าว

2.2.2.7 ส่าเหล้าจากโรงงานผลิตเอทิลแอลกอฮอล์

2.2.2.8 กากมันสำปะหลังจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

2.2.3 ข้อจำกัดในการใช้เศษกากชีวมวลเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิง

2.2.3.1 ความหนาแน่นต่ำ ปริมาตรมาก และขนย้ายได้ยาก ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการขนส่งไปไกลจากสถานที่ผลิต

2.2.3.2 การนำเศษวัสดุทางการเกษตรออกไปจากพื้นที่การเกษตรจำนวนมาก ทำให้สารอาหารในดินลดลง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต

2.2.3.3 เศษวัสดุการเกษตรเหล่านี้จะมีเฉพาะในฤดูกาลที่มีการผลิต ในช่วงเวลาอื่นของปีจะไม่มี หากต้องการมีไว้ใช้ตลอดปีจำเป็นต้องมีสถานที่เก็บรักษาขนาดใหญ่ซึ่งมีราคาแพงและอาจมีปัญหาในการจัดการได้

2.2.4 คุณสมบัติของชีวมวล

2.2.4.1 ค่าความร้อน

ค่าความร้อน (Heating Value) คือ พลังงานความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักที่ปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่อุณหภูมิอ้างอิง แล้วผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้มี

อุณหภูมิสุดท้ายเท่ากับอุณหภูมินี้ ค่าความร้อนที่ใช้มีทั้งค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับสถานะของน้ำที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ ถ้าค่าความร้อนต่ำ คือ ค่าความร้อนที่ให้ออกมาหลังการเผาไหม้สมบูรณ์ เมื่อน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดจากผลผลิตการเผาไหม้อยู่ในสถานะไอ ส่วนค่าความร้อนสูง คือ ค่าความร้อนที่ให้ออกมาหลังการเผาไหม้สมบูรณ์เมื่อน้ำที่อยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดจากผลผลิตการเผาไหม้อยู่ในสถานะของเหลว โดยค่าความร้อนสูงมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังนี้

$$HHV(MJ/kg) = LHV(MJ/kg) + 0.02395(9H + MC_t) \quad (2.1)$$

ในการหาค่าความร้อนมักจะหาจากการทดลองโดยใช้บอมแคลอรีมิเตอร์ ค่าความร้อนของชีวมวลมีค่าประมาณกลางๆ คือ 10-20MJ/kg โดยค่าความร้อนของชีวมวลกลุ่มไม้จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มไม่ใช่ไม้เล็กน้อย ค่าความร้อนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและคุณสมบัติของเชื้อเพลิงในรูปของสัดส่วนคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) ไนโตรเจน (N) และกำมะถัน (S) หรือในรูปของสัดส่วนคาร์บอนคงตัว (FC) สารระเหย (VM) ความชื้น (MC_t) และเศษเถ้า หรือได้จากการใช้สูตรอย่างง่ายคำนวณ เช่น สูตรของดูลอง โดยใช้ค่าสัดส่วนโดยมวลของแต่ละธาตุที่เกี่ยวข้อง

$$HHV(MJ/kg) = 33.585C + 1141.924H - 12.908S - 15.237O - 3.538O^2 \quad (2.2)$$

สูตรของเดเมียบาส

$$HHV\,(MJ/kg) = 33.5C + 142.3H - 15.4O - 24.5N \quad (2.3)$$

$$HHV\,(MJ/kg) = 31.2FC + 15.34VM \quad (2.4)$$

2.2.4.2 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ที่จะแสดงออกมานั้นเป็นสัดส่วนน้ำหนักของความชื้นต่อน้ำหนักมวลเชื้อเพลิงแห้งหรือน้ำหนักมวลเชื้อเพลิงรวมทั้งหมด

$$MC_t = m_{H_2O} / m_{total} \quad (2.5)$$

หรือ

$$\text{ความชื้นมาตรฐานเปียก(ร้อยละ)} = \left(m_1 - \frac{m_2}{m_1}\right) \times 100 \quad (2.6)$$

$$\text{ความชื้นมาตรฐานแห้ง(ร้อยละ)} = \left(m_1 - \frac{m_2}{m_2} \right) \times 100 \qquad (2.7)$$

ปริมาณความชื้นของชีวมวลจะขึ้นอยู่กับพันธุ์ไม้ เช่น ไม้สน ยางพารา กระถิน ต้นสัก ชนิดและส่วนประกอบ เช่น แกนไม้ เปลือกไม้ และกระบวนการเตรียม เช่น ชีวมวลที่ได้จากการตัดแต่ง การสกัดเปลือก ชีวมวลจากโรงเลื่อย โรงผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น ซึ่งมีความหลากหลายมาก ในช่วงร้อยละ 10 – 60 จากเนื้อไม้ที่มีความพรุนและธรรมชาติของการรับและสูญเสียความชื้นได้นี้ นำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับจุดอิ่มตัวเส้นใย (Fiber Saturation Point) ซึ่งมีนิยามว่าเป็นระดับปริมาณความชื้นที่ช่องรูพรุนหรือพื้นผิวภายในเส้นใยของไม้ถูกปกคลุมด้วยชั้นน้ำซึ่งตรึงอยู่บนผิวได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน ฉะนั้นจุดอิ่มตัวเส้นใยนี้จึงเป็นจุดที่บ่งบอกถึงการหดตัวหรือการบวมของเนื้อไม้หากมีการดึงน้ำออกหรือเติมน้ำเข้าในเนื้อไม้ โดยทั่วไปจุดอิ่มตัวเส้นใยของไม้จะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 23 – 27 ของมวลรวมทั้งหมด

2.2.4.3 การวิเคราะห์แบบประมาณและแบบแยกธาตุ

ในการแสดงคุณลักษณะเชื้อเพลิงแข็งมักจะใช้การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) และแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis) การวิเคราะห์แบบประมาณจะระบุปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และปริมาณเศษเถ้า ตามสภาพความเป็นจริงของเชื้อเพลิง ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหนึ่งคือแบบพื้นฐานเปียก (Wet Basis) หรือแบบพื้นฐานที่รับมา (As-Receive Basis) และสองแบบพื้นฐานแห้ง (Dry Basis) จากการอบวัสดุเชื้อเพลิงให้ร้อนในภาชนะปิดภายใต้บรรยากาศของก๊าซควบคุมเพื่อไล่ความชื้นออกให้หมด ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ชีวมวลแบบประมาณแสดง ในตารางที่ 2.4 ซึ่งมีข้อสังเกตคือ อัตราส่วนระหว่างสารระเหยต่อคาร์บอนคงตัวอยู่ที่ประมาณ 2.5 - 3.5 เท่าสำหรับไม้ และ 2.5 - 5.2 เท่าสำหรับวัสดุการเกษตร ปริมาณเถ้าในชีวมวลเศษวัสดุการเกษตรมีแนวโน้มสูงกว่าชีวมวลประเภทไม้ ส่วนการวิเคราะห์แบบแยกธาตุจะระบุถึงปริมาณธาตุต่างๆในเชื้อเพลิง ซึ่งปกติจะเป็นคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และกำมะถัน ตัวอย่างการวิเคราะห์ชีวมวลแบบแยกธาตุแสดง ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตผลทางการเกษตร (พื้นฐานที่รับมา)

ชนิด	ความชื้น (ร้อยละ)	สารระเหย (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	เศษขี้เถ้า (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (kJ/kg)
แกลบ	8.2	58.9	19.7	13.2	14,200
ฟางข้าว	8.1	61.1	15.5	15.3	13,100
ต้นข้าวโพด	8.4	70.3	16.0	5.3	12,900
ซังข้าวโพด	-	-	-	2.4	16,300
ชานอ้อย	7.9	71.2	13.1	7.7	13,400

ตารางที่ 2.1คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตผลทางการเกษตร (พื้นฐานที่รับมา) (ต่อ)

ชนิด	ความชื้น (ร้อยละ)	สารระเหย (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	เศษขี้เถ้า (ร้อยละ)	ค่าความร้อน (kJ/kg)
ต้นปาล์ม	48.4	38.7	11.7	1.2	7,500
เส้นใยปาล์ม	31.8	48.6	13.2	6.4	11,800
ไม้ฟืน	20-40	70-80	10	0.5	16,000
ขี้เลื่อย	12.3	70.5	16.4	0.8	18,000
ขยะชุมชน	8.5	79.0	9.4	4.1	23,500

ที่มา : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล.หน้า17

2.2.4.4 ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ซึ่งเป็นค่าไร้มิติที่ใช้เปรียบเทียบความหนาแน่นของเชื้อเพลิงกับความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งที่สภาวะนี้ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$$S = \frac{\rho_f}{\rho_{H_2O}} \tag{2.8}$$

ความถ่วงจำเพาะมีผลโดยตรงต่อความพรุนหรือปริมาตรช่องว่าง ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ค่าการนำความร้อน และค่าความหนาแน่นบัลก์ของวัสดุ เนื่องจากไม้มีความพรุน โดยปกติค่าความถ่วงจำเพาะของผนังเซลล์จะอยู่ในช่วง 1.46 - 1.54

2.2.4.5 ค่าความพรุนหรือปริมาตรช่องว่าง

ค่าความพรุนหรือปริมาตรช่องว่างจะมีผลต่อการแพร่เข้าผสมของโมเลกุลอากาศกับเนื้อไม้ สำหรับเนื้อไม้แห้งจากการอบ ค่าสัดส่วนปริมาตรช่องว่างสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{(1-S)}{S_{cell}} \tag{2.9}$$

ค่าความถ่วงจำเพาะของผนังเซลล์ใช้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 จะเห็นได้ว่าเมื่อเนื้อไม้ถกทำให้แห้งแล้วจะมีปริมาตรช่องว่างราวๆร้อยละ 23 - 43 ของเชื้อเพลิง ซึ่งมาจากช่องรูพรุนในส่วนของเส้นใยเทรคีดส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 - 45 ไมโครเมตร ยาว 3 - 4 มิลลิเมตร และช่องและลำไม้อื่นๆ ซึ่งช่องรูพรุนเหล่านี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล

2.2.4.6 ความหนาแน่นของก้อนเชื้อเพลิง

เป็นการวัดต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่อยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (2.10)$$

โดยที่ คือ ρ ความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวลรวมของวัตถุ (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

V คือ ปริมาตรของวัตถุ (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)

2.3 การเพิ่มความหนาแน่น

การใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุทางการเกษตรและจากป่าไม้จะทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากลักษณะของชีวมวลที่หลากหลาย ไม่สม่ำเสมอและเป็นปัญหาได้ ข้อด้วยจุดนี้สามารถแก้ไขได้โดยการอัดเศษวัสดุเหล่านี้ให้เป็นแท่งเพื่อเพิ่มความหนาแน่น และทำให้ได้รูปร่างเหมาะสมเป็นระเบียบเรียบร้อยกระบวนการนี้เรียกว่า การเพิ่มความหนาแน่น (Densification) กระบวนการเพิ่มความหนาแน่นของชีวมวลเป็นที่สนใจของหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย เพราะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเศษวัสดุได้ ทำให้ได้ใช้ประโยชน์จากแหล่งชีวมวลที่มี กระบวนการนี้ไม่ใช่กระบวนการใหม่แต่อย่างใด มีหลักฐานแสดงถึงสิทธิบัตรของกระบวนการนี้ออกมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880 ในครั้งแรกๆ มีการนำกระบวนการนี้ไปใช้กับการผลิตอาหารสัตว์อัดเม็ด (Reed and Bryant, 1978) การแปลงสภาพเศษวัสดุให้มีความหนาแน่นมากขึ้นและมีรูปร่างสม่ำเสมอมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

2.3.1 ข้อดีของการเพิ่มความหนาแน่น

2.3.1.1 ช่วยเพิ่มค่าความร้อนของวัสดุต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

2.3.1.2 ได้ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาและขนส่งได้สะดวก

2.3.1.3 ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและขนาดรูปร่างที่สม่ำเสมอ

2.3.1.4 ช่วยแก้ปัญหาการกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้

2.3.1.5 ได้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ฝืน ลดการตัดไม้ทำลายป่า

2.3.2 ข้อเสียของการเพิ่มความหนาแน่น

2.3.2.1 เป็นกระบวนการที่ใช้เงินลงทุนและพลังงานสูง

2.3.2.2 มีปัญหาในการเผาไหม้บางประการ เช่น การเกิดควัน การจุดติดไฟยาก

2.4 เทคนิคการเพิ่มความหนาแน่น

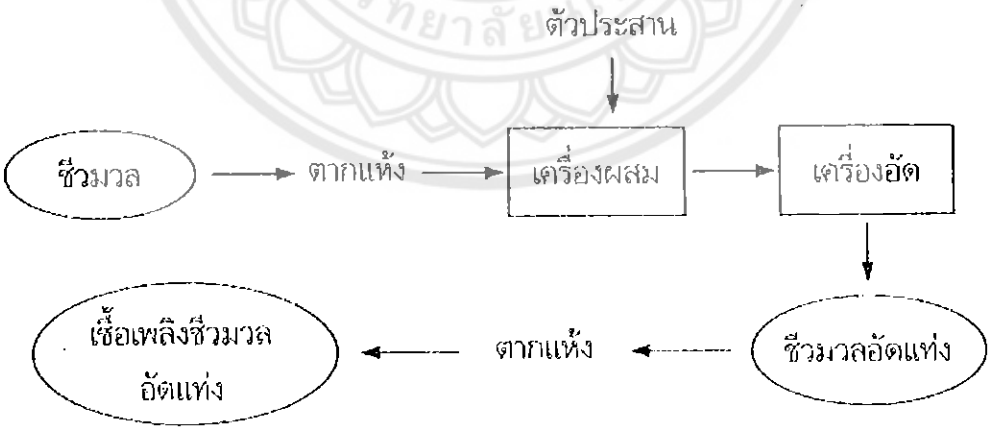
การเพิ่มความหนาแน่นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทหลักๆ ตามสภาวะการปฏิบัติงาน คือ ชนิด A คือ การอัดร้อนที่ความดันสูง หรือชนิด B คือ การอัดเย็นที่มีความดันต่ำ หรือหากแบ่งตามประเภทวิธีปฏิบัติงาน สามารถแบ่งออกได้เป็น แบบอัดต่อเนื่อง หรือแบบอัดไม่ต่อเนื่อง (Bhattachaya and Shrestha, 1990) ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ทั้งสองแบบคละกันไป แต่แบบที่สำคัญที่สุด คือ กระบวนการอัดร้อนที่ความดันสูงแบบต่อเนื่อง

2.4.1 การอัดเย็นที่ความดันต่ำ

กระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบการอัดเย็นที่ความดันต่ำต้องการความดันและอุณหภูมิต่ำตามชื่อกระบวนการ ซึ่งอาจจะใช้หรือไม่ใช้ตัวประสานก็ได้

2.4.1.1 การบีบอัดแบบใช้ตัวประสาน

การบีบอัดแบบใช้ตัวประสานจะเหมือนกับกระบวนการที่ใช้อัดแท่งถ่านหิน โดยตัวประสานที่เติมเข้าไปจะช่วยเป็นกาวเกาะระหว่างเนื้อวัสดุ จึงไม่มีความจำเป็นต้องมีการทำให้ลิกนินอ่อนตัวและบีบอัดที่ความดันและอุณหภูมิต่ำได้ รูปที่ 2.13 แสดงแผนภูมิการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการบีบอัดชีวมวลโดยใช้ตัวประสานเครื่องจักรที่ใช้มีการพัฒนามานาน แต่ตัวประสานที่เหมาะสมยังต้องมีการทดลองทดสอบกันต่อไป ตัวประมานที่ดีควรมีราคาถูก ไม่ซับน้ำ และไม่มีคุณสมบัติในการสึกกร่อน ปริมาณเศษเถ้าในตัวประสานควรมีน้อยมิฉะนั้นจะมีผลต่อความร้อนโดยรวมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง



รูปที่ 2.1 การบีบอัดชีวมวลโดยใช้ตัวประสาน

ที่มา : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล.หน้า42

ก. ตัวประสานสามารถแบ่งออกได้เป็น ดังนี้

ก.1 สารอินทรีย์ ซึ่งอาจจะกันน้ำได้ เช่น น้ำมันดิน บิทูเมน เรซิน หรือกันน้ำไม่ได้ เช่น น้ำแป้ง โมลาส

ก.2 สารอนินทรีย์ ไม่ละลาย เช่น ปูนซีเมนต์ ดินเหนียว หรือละลายได้ เช่น ปูนขาว

ก.3 สารผสมของทั้งสองแบบข้างต้น เช่น เรซินกับน้ำมันดิน หรือแป้งกับบิทูเมน

ข. แบ่งออกเป็นสามกลุ่มทั่วๆไป

ข.1 ตัวประสารชนิดโครงข่าย (Matrix Type) ใช้ผสมเนื้อวัสดุที่จะอัดให้เกาะตัวกันกับตัวประสานประเภทนี้เป็นเนื้อเดียว โดยจะต้องใช้ตัวประมานเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างตัวประมานชนิดนี้ ได้แก่ พาราฟิน ดินเหนียว กากจากการกลั่นปริโตรเลียม น้ำมันดินจากไม้ เป็นต้น

ข.2 ตัวประสานชนิดแผ่นฟิล์ม (Film Type) ปกติตัวประสานชนิดนี้จะใช้รูปแบบของสารละลายในน้ำ ผลิตภัณฑ์ได้จะมีความแข็งแกร่งขึ้นเมื่อมีการซับน้ำออกให้แห้งแล้วหลังการอัดแท่ง ตัวอย่างตัวประสานชนิดนี้ได้แก่ โซเดียมซิลิเกต เบนโตไนท์ โมลาส ยางเหนียว กาว เป็นต้น

ข.3 ตัวประสานเคมี (Chemical Type) การทำงานของตัวประสานชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิผลของปฏิกิริยาเคมีระหว่างส่วนประกอบของตัวประมานหรือปฏิกิริยาเคมีระหว่างตัวประสานกับวัสดุอัดแท่งตัวอย่างของตัวประสานชนิดนี้ ได้แก่ การผสมระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับโมลาส

2.4.1.2 การบีบอัดแบบไม่ใช้ตัวประสาน

การอัดแท่งเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิและความดันต่ำโดยไม่ใช้ตัวประสานจะทำเฉพาะกับชีวมวลที่สลายตัวแล้ว (Decayed Biomass) เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่กองทิ้งไว้ข้ามปี กองกากอ้อย กองเปลือกเมล็ดต่างๆ เป็นต้น ชีวมวลสดสามารถจะอัดแท่งได้โดยวิธีนี้ หากได้ผ่านกระบวนการหมักย่อยมาก่อนระดับหนึ่ง

ก. การอัดเปียก ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ก.1 อัดผ่านช่องลดขนาดให้ได้แท่งเชื้อเพลิงอัดแน่นที่นุ่มและความชื้นสูง

ก.2 แล้วเข้าสู่การทำให้แห้ง ในช่วงที่วัสดุชีวมวลเกิดการย่อยสลายโครงสร้างและส่วนประกอบของวัตุจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ฉะนั้นในการบีบอัดและขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งประเภทนี้จะทำได้สะดวกและใช้พลังงานต่อเชื้อเพลิงจากกระบวนการนี้จะจุดติดไฟง่ายและเผาไหม้ได้ดี พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการจะใช้ในขั้นตอนการทำแห้ง เทคโนโลยีแบบนี้มีใช้มากในประเทศไทย ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย

การอัดแห้ง สำหรับกระบวนการนี้ ชีวมวลที่ย่อยสลายแล้วจะถูกรีดน้ำทำให้แห้งก่อน แล้วจึงนำกากที่แห้งแล้วเหล่านี้ไปบีบอัดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.4.2 การทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลอัดแท่ง

วิธีการทดสอบคุณสมบัติของชีวมวลอัดแท่งยังไม่มีการทำให้เป็นมาตรฐาน วิธีทดสอบมีอยู่หลากหลาย (Richards, 1990; Demirbas, 1999; Chin and Siddiqui, 2000; Rabier et al, 2006 Hartley and Wood, 2008 Shaw et al, 2009) และอาจจะแบ่งคุณสมบัติของชีวมวลออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ การทนสภาพอากาศ และการนำไปใช้ประโยชน์

2.4.2.1 การทดสอบทางเคมี

สามารถทำได้โดยใช้วิธีมาตรฐานต่างๆ ที่มีอยู่แล้วในการหาคุณสมบัติทางเคมี เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี การวิเคราะห์แบบประมาณและแบบแยกธาตุ รวมถึงการหาค่าความร้อน

2.4.2.2 การทดสอบทางกายภาพ

โดยหลักๆ แล้ววิธีนี้จะทำการทดสอบหาคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ความแข็งแรงในการรับแรงกด ความหนาแน่น ความทนทานต่อการสึกหรอ และความทนทานต่อการแตกกร่อน ความแข็งแรงในการรับแรงกดเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการเกาะยึดของเนื้อวัตถุดิบ ค่าความแข็งแรงหาได้โดยการใส่แรงอัดไปที่ชีวมวลอัดแท่งจนถึงจุดที่เกิดการแตกหัก ค่าความหนาแน่นหาได้จากการชั่งน้ำหนักในอากาศและในน้ำโดยเคลือบพาราฟินบางๆ เพื่อป้องกันการซับน้ำ ความทนทานต่อการสึกหรอและการแตกกร่อนแสดงถึงแรงการเกาะยึดของวัตถุดิบและความทนทานต่อการเคลื่อนย้ายลำเลียง การทดสอบความทนทานต่อการสึกหรอทำได้ด้วยการโยนกลิ้งในถังหมุนภายในเวลาที่กำหนด โดยถังหมุนจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วรอบคงที่และมีใบกวนให้ชีวมวลอัดแท่งขยับไปมา แล้วนำทั้งหมดมากรองผ่านตะแกรง สัดส่วนร้อยละของวัตถุดิบที่ค้างจากการกรองร่อนด้วยตะแกรงขนาดหนึ่งจะใช้เป็นตัวชี้วัดถึงความทนทานต่อการสึกหรอ การทดสอบความหนาแน่นทนทานต่อการแตกกร่อนของชีวมวลอัดแท่งทำได้ด้วยการปล่อยให้ตกจากที่สูงค่าหนึ่งแล้วนำทั้งหมดมากรองผ่านตะแกรงและวัดปริมาณสัดส่วนร้อยละของวัตถุดิบที่ค้างตะแกรง

2.4.2.3 การทดสอบการทนสภาพอากาศ

วิธีนี้จะเป็นการบ่งชี้ความทนทานต่อสภาพอากาศของชีวมวลอัดแท่ง เช่น การให้อยู่ในวัฏจักรการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน ลม เป็นต้น แล้วพิจารณาผลที่เกิดขึ้นกับเชื้อเพลิง

2.4.2.4 การทดสอบการนำใช้ประโยชน์

ปกติการทดสอบแบบนี้จะเป็นการทดสอบการเผาไหม้ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี โดยมีการประเมินทางปริมาณและคุณภาพ เช่น

ก. การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้กับเตาหุงต้มมาตรฐาน

ข. ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาระหว่างการเผาไหม้

ค. ปริมาณกลิ่นและควันจากการเผาไหม้

ง. การเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างระหว่างการเผาไหม้

จ. ความสามารถในการจุดติดไฟ

2.5 กระบวนการผลิตชีวมวลอัดแท่ง

กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจะมีขั้นตอน ดังนี้

2.5.1 กระบวนการผลิตถ่าน

ถ่าน คือ ไม้ที่ได้จากการเผาไหม้ภายในบริเวณที่มีอากาศอยู่เบาบาง เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการก็จะช่วยกำจัดน้ำ น้ำมันดิน และสารประกอบอื่นๆออกจากไม้ ซึ่งถ่านที่ได้จากการเผาไหม้จะมีค่าคาร์บอนที่สูงและความชื้นน้อยทำให้ปริมาณพลังงานสูงไปด้วย โดยมีค่าสองเท่าของพลังงานไม้แห้ง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อไม้เปลี่ยนเป็นถ่าน "Carbonization" ซึ่งจะแยกกระบวนการนี้ออกมาเป็น 4 ขั้นตอน

2.5.1.1 การเผาไหม้ (Combustion) เป็นกระบวนการที่ต้องปริมาณออกซิเจนจำนวนระหว่างการคาร์บอนไนเซชั่น

2.5.1.2 จะเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากเนื้อวัสดุ ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิที่ 270 องศาเซลเซียส ความชื้นจะค่อยๆ หมดไป สังเกตได้จากปริมาณไอน้ำสีขาวที่เกิดขึ้นจนหนาทึบ

2.5.1.3 จะเป็นปฏิกิริยาที่คายความร้อนโดยจะเกิดขึ้นในที่ช่วงอุณหภูมิ 250 - 300 องศาเซลเซียส ในระหว่างการคายจะเกิดก๊าซต่างๆ ขึ้น ส่วนใหญ่จะเป็น CO และ CO_2 และสารพวกน้ำมันดิน ในขั้นตอนนี้องค์ประกอบที่ระเหยได้ที่ยังคงอยู่ในกระบวนการจะถูกขับออกไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์บอนของถ่านเพิ่มขึ้น

2.5.1.4 เป็นการนำถ่านมาทำให้เย็นซึ่งจะใช้เวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับเตาเผาที่ใช้ในการผลิต และคุณภาพของถ่านที่ผู้ใช้ยอมรับได้คือ ต้องมีค่าคาร์บอนร้อยละ 70 สารระเหยต้องได้น้อยกว่าร้อยละ 25 ขี้เถ้าประมาณร้อยละ 5 และความหนาแน่นประมาณ 0.25 - 0.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถ่านจะมีคุณสมบัติเปราะบางปานกลาง

(ธารินี มหายศนันท์. 2548: 11)

2.5.2 กระบวนการบดย่อย

ลักษณะผงถ่านที่นำมาใช้ในการอัดแท่งนั้นจะต้องละเอียดพอที่จะนำไปขึ้นรูปได้พอดี วิธีบดย่อยนั้นสามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบด เครื่องสับและเครื่องป่นวัสดุ หรือวิธีง่ายสุดคือการบดด้วยมือโดยอาจใช้ครกกับสาก ซึ่งจากการอัดรูปผงถ่านหินขนาดต่างๆ พบว่าปริมาณตัว

ประสานที่เท่ากันผงถ่านหินขนาดเล็กมีแนวโน้มการขึ้นรูปได้ดีกว่าและสามารถรับน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดแท่งแตกหักได้ดีกว่าผงถ่านถ่านหินขนาดใหญ่ (ธารินี มหายศนันท์ 2548: 11)

2.5.3 กระบวนการผสม

การผสมอัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งจาก ชานอ้อยและซังข้าวโพด จากในกระบวนการผลิต 8 อัตรา ประกอบด้วยส่วนของชานอ้อยและซังข้าวโพดโดยมีอัตราการผสมดังนี้ 1 : 9, 2 : 8, 3 : 7, 4 : 6, 5 : 5, 6 : 4, 7 : 3, 8 : 2 และ 9 : 1 เป็นการผสมวัสดุที่ถูกป่นย่อยแล้วกับสารที่จะช่วยประสานวัสดุให้ติดกันง่ายขึ้น ลักษณะของตัวประสานที่ดีนั้นนอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอณุภาคสูงแล้ว ที่อุณหภูมิใช้งานยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านทั่วถึง ในการทำถ่านลิกไนท์อบ พบว่าลิกไนท์เมื่อผ่านกรรมวิธีอบแล้วจะขาดคุณสมบัติในการจับตัวเมื่อได้รับแรงกด ดังนั้นจึงต้องมีตัวประสานช่วย ซึ่งในประเทศไทยพบว่ากากน้ำตาลและแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่ดี ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานนั้นมีค่าความร้อนสูงกว่าและมีปริมาณขี้เถ้าต่ำกว่าการใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน แต่ข้อเสียคือ ต้องใช้ปริมาณมากกว่าและเมื่อทิ้งในไว้ในที่ชื้น ก็จะดูดความชื้นในอากาศเข้าไปทำให้อ่อนตัวลง (ธารินี มหายศนันท์ 2548 : 10) ดังนั้นในการจะเลือกใช้วัสดุที่เป็นตัวประสาน ควรคำนึงถึงคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ราคาถูก มีแรงยุดเกาะที่ดี ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นขณะไหม้ และสามารถหาได้ง่ายสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ไม่ได้ใช้ตัวเชื่อมประสานใดๆ เมื่ออัดเสร็จแล้วต้องนำไปใช้เลยเพราะมีความเปราะมาก ทำให้หักเป็นท่อนๆและป่นกระจายได้ง่าย จึงไม่สามารถเก็บรักษาได้นานๆ (ธารินี มหายศนันท์ 2548 : 10)

2.5.4 การอัดเป็นแท่ง

ขั้นตอนในการอัดส่วนผสมเป็นแท่งนี้เป็นขั้นตอนในการกำหนดรูปร่างและความหนาแน่นของเนื้อถ่านอัดแท่ง โดยกำหนดรูปทรงถ่านอัดแท่งที่มีทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และด้านลึก ซึ่งรูปร่างจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดคือ การใช้มือปั้นและอัดส่วนผสมเป็นแท่ง แม้ว่าแรงอัดจะมีไม่มากนัก (ธารินี มหายศนันท์ 2548: 10) ซึ่งได้ศึกษาว่าฟืนอัดที่มีค่าความหนาแน่นระหว่าง 0.35 - 3.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การติดไฟง่าย แลไฟไม่มอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง แต่ถ้าความหนาแน่นสูงกว่านี้จะติดไฟยากและอาจมอดเมื่อเติมเชื้อเพลิง ดังนั้นจะเห็นว่าถ้าความหนาแน่นเหมาะสมจะช่วยให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่าย ให้ความร้อนนาน แต่ถ้าความหนาแน่นน้อยเกินไป จะเกิดการลุกไหม้และมอดเร็วไม่สะดวกต่อการใช้งาน เพราะต้องเติมเชื้อเพลิงบ่อย แต่หากความหนาแน่นมากเกินไปจะทำให้ลุกไหม้ยากและอาจมอดเมื่อมีการเติมเชื้อเพลิง

2.5.5 การทำให้แห้ง

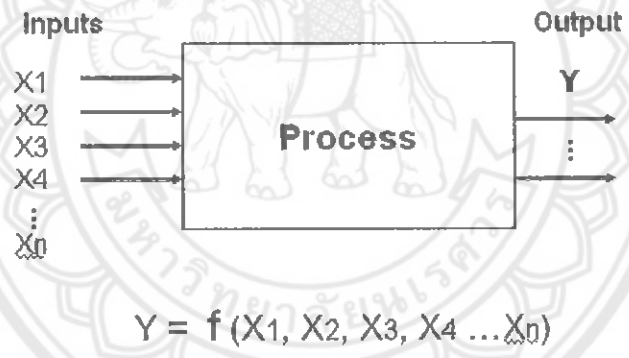
เนื่องจากเชื้อเพลิงอักแท่งที่ได้ยังมีปริมาณความชื้นอยู่สูง จึงต้องนำไปตากให้แห้งเพื่อลดความชื้นในตัวเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งตามมาตรฐานให้ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก และเพื่อทำให้

เชื้อเพลิงแข็งเกาะตัวกันแน่นซึ่งวิธีที่ง่ายและประหยัดคือการนำไปตากแดดจนกว่าถ่านจะแห้งสนิท (ธารินี มหายศนันท์ 2548 : 11)

2.6 การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม

การออกแบบการทดลอง หรือ Design of Experiment (DOE) เป็นเครื่องมือคุณภาพที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมมานานพอสมควรแล้ว อย่างไรก็ตามเครื่องมือนี้มักไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมไทย เนื่องจากมักถูกมองว่าเป็นเครื่องมือคุณภาพชั้นสูง ใช้ยาก ผู้ใช้ต้องมีความรู้ทางสถิติชั้นสูงเป็นอย่างดี คำร่ำลือดังกล่าวอาจจะเป็นเรื่องจริงในอดีต แต่ในปัจจุบันการเรียนรู้เรื่องการออกแบบการทดลองไม่ยากอย่างที่คิด เนื่องจากมี Statistical Software เกิดขึ้นทำให้สามารถการคำนวณที่ซับซ้อนทางสถิติได้

การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของ Input (Factors) อย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ Output (Response) ที่เกิด ขึ้นรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการ

ที่มา : www.trecon.co.th/download/doe.pdf

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่ากระบวนการมีปัจจัย (Factor) หรือ input (X_1, X_2, X_3, X_4) ต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่า Y ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพ (Quality Characteristic) ของกระบวนการ ในการออกแบบการทดลองเราต้องการที่จะทำการทดลองอย่างเป็นระบบเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์เชิงสถิติของ Y และ X ต่างๆ โดยที่พยายามใช้ทรัพยากรในการทดลองให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความสัมพันธ์เชิงสถิติที่ได้จะทำให้เรามี ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ (Process Knowledge) เพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการต่อไป

2.6.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

2.6.1.1 เพื่อหาตัวแปรที่มีผลมากที่สุดต่อผลตอบ y

2.6.1.2 เพื่อหาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ y อยู่ที่ค่าที่ต้องการ

2.6.1.3 เพื่อหาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ y มีค่าน้อย

2.6.1.4 เพื่อหาวิธีการตั้งค่าของ X ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ผลของตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุม Z ได้มีค่าน้อย

2.6.2 หลักการพื้นฐาน

ถ้าต้องการให้การทดลองเกิดประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผลได้สูงสุด เราจะต้องมีการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วย สำหรับการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อที่จะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งการออกแบบการทดลองเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น และถ้าปัญหาที่สนใจเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลอง วิธีการทางสถิติจะเป็นเพียงวิธีเดียวที่จะนำไปวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญ 2 สิ่งสำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองคือ การออกแบบการทดลอง และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

หลักการที่สำคัญที่เป็นพื้นฐานของการออกแบบการทดลองก็คือ Replication, Randomization และBlocking มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.2.1 Replication

คือการทดลองซ้ำๆ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ

ก. ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้

ข. ถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลองเรพลิเคชั่นจะทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

2.6.2.2 Randomization

คือ การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับการทดลองเป็นแบบสุ่ม ซึ่งข้อมูลจะต้องเป็นตัวแปรสุ่มแบบอิสระโดยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏผลในการทดลองได้

2.6.2.3 Blocking

เป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มความเที่ยงตรงให้กับการทดลอง การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจในบล็อกแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิ้ง

2.6.3 แนวทางในการออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนในการดำเนินงานอาจทำได้ดังนี้

2.6.3.1 ทำความเข้าใจถึงปัญหา พยายามที่จะพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.6.3.2 เลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต ต้องเลือกปัจจัยที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระยะการทำการทดลอง กำหนดขอบเขตของปัจจัยและกำหนดระดับ ซึ่งต้องคำนึงด้วยว่าจะควบคุมปัจจัย

เหล่านี้ ณ จุดที่กำหนดอย่างไรและจะวัดผลตอบได้อย่างไร ดังนั้น เรามีความจำเป็นที่จะต้องตรวจดูว่าปัจจัยที่กำหนดทั้งหมดมีความสำคัญหรือไม่ และถ้าวัตถุประสงค์ของการกรองปัจจัย เราควรกำหนดให้ระดับต่างๆในการทดลองมีจำนวนน้อยๆ การเลือกขอบเขตเช่นเดียวกันเราควารเลือกให้มีความกว้างของขอบเขตมากๆ ก่อน แล้วเมื่อเราเรียนรู้เพิ่มว่าตัวแปรใดมีความสำคัญและระดับใดให้ผลที่ดีที่สุด เราอาจจะลดขอบเขตให้แคบลงได้

2.6.3.3 เลือกตัวแปรผลตอบ ผู้ทดลองจะต้องมั่นใจว่าตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ เราจึงต้องกำหนดให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรผลตอบและจะวัดตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างไร

2.6.3.4 การเลือกการออกแบบการทดลอง ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ง่ายมาก ซึ่งการเลือกจะเกี่ยวข้องกับการพิจารณาตัวอย่าง การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองเก็บข้อมูลและการตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีใด ในการเลือกการออกแบบ เราจำเป็นต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการทดลองและส่วนมากเราจะทราบตั้งแต่เริ่มต้นแล้วว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อตัวแปรผลตอบ ดังนั้นเราจะหาว่าปัจจัยตัวใดที่ทำให้เกิดค่าความแตกต่าง

2.6.3.5 ทำการทดลอง เราจะต้องติดตามกระบวนการทดลองอย่างใกล้ชิด เพื่อให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ เพราะถ้าเกิดความผิดพลาดจะทำให้การทดลองนั้นใช้ไม่ได้

2.6.3.6 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ เราจะใช้วิธีการทางสถิติมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ซึ่งข้อได้เปรียบของวิธีการทางสถิติก็คือทำให้มีเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ

2.6.3.7 สรุปและข้อเสนอแนะ เมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลแล้ว เราต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติและนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น นอกจากนี้แล้วการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล ควรจะทำขึ้นเพื่อที่จะตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นด้วย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 โครงงานความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วยสดและเปลือกกล้วยแห้งสำหรับนำมาใช้ทดแทนถ่านไม้และแก๊สหุงต้ม โดยนำมาอัดเย็นให้เป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 5 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 3.6 เซนติเมตร โดยมีทั้งหมด 7 รูปแบบคือ เปลือกกล้วยสดอัดแท่งและเปลือกกล้วยตากแห้งผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน 4 : 1 : 2, 4 : 1 : 2.5, 4 : 1 : 3, 4 : 1.5 : 2.5, 4 : 2 : 2.5 และ 4 : 2.5 : 2.5 โดยปริมาตร เพื่อทดสอบเปรียบเทียบค่าความร้อนจากการที่ได้จากการเผาไหม้ รวมทั้งวิเคราะห์ราคาต้นทุนต่อกิโลกรัมและค่าความร้อนที่ได้ต่อราคาต้นทุน

(ที่มา : ปริญญานิพนธ์ความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย.คณะวิศวกรรม-ศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร.08/09/2554)

2.7.2 โครงงานฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวล

งานวิจัยนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลชีวมวลภายในประเทศปี 2543 ได้แก่ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 13 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด อ้อย ปาล์ม มันสำปะหลัง ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ฝ้าย มะพร้าว สับปะรด วัชพืช และ มูล 9 ชนิด ได้แก่ โค กระบือ สุกร ไก่ เป็ด แพะ ม้า ช้าง และคน จัดเก็บให้เป็นหมวดหมู่ในรูปแบบ ตาราง กราฟ แผนที่ สัญลักษณ์ และรูปภาพต่างๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลดังกล่าวไปพัฒนา เปรียบเทียบ ค้นคว้า และเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลชีวมวลในรูปแบบเว็บไซต์ เพื่อสะดวกต่อการนำไปพัฒนา สืบค้นและการเพิ่มเติมข้อมูลที่ทันสมัย

(ที่มา : ปริญญานิพนธ์ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวล.คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.08/09/2554)

2.7.3 งานวิจัยการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยทาการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) มลภาวะ ต้นทุนต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่ง ผู้วิจัยได้ทาการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาผสมกัน 5 อัตราส่วน ลักษณะถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีครีบโดยรอบจานวน 5 ครีบ และมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร แรงอัด 33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้าหนัก ทาการทดสอบโดยการเผาไหม้เพื่อวัดผลในห้องปฏิบัติการทดสอบเพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะทางความร้อนและมลภาวะ ซึ่งสรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,580.10 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 3 : 7 มีค่าสมรรถนะทางความร้อน เท่ากับ 5,003 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ให้ค่าสมรรถนะทางความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มผช.) มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 5.35 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อมีกาลังการผลิตที่ 400 กิโลกรัม/วัน จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลาประมาณ 1.4 ปี

(ที่มา : ปริญญานิพนธ์การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง.บัณฑิตวิทยาลัย.มหาวิทยาลัยยศรีนครินทรวิโรฒ.08/09/2554

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 การศึกษา สำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูล

เป็นการศึกษาข้อมูล ทฤษฎีต่างๆที่นำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงาน รวมไปถึงทำการสำรวจค้นหาและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการทำโครงงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้ทำการศึกษา สำรวจและเก็บรวบรวมมีดังต่อไปนี้

3.1.1 การศึกษาและสำรวจข้อมูลด้านพลังงาน

เป็นการทำการศึกษาถึงประเภทของพลังงานที่มีอยู่บนโลก สัดส่วนการใช้พลังงานประเภทต่างๆ ความเป็นมาของการริเริ่มวิจัย และพัฒนาด้านพลังงานทดแทน ความหมายของพลังงานทดแทน รวมไปถึงประเภทของพลังงานทดแทนและเทคโนโลยีในการผลิต

3.1.2 การศึกษาด้านพลังงานทดแทนประเภทชีวมวล

ทำการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของพลังงานชีวมวล ความหมายของชีวมวล ประเภทของชีวมวลที่มีอยู่ในประเทศไทย แหล่งกำเนิด รวมไปถึงเทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล

3.1.3 การศึกษาและสำรวจข้อมูลด้านการผลิตชีวมวลอัดแท่ง

เป็นการศึกษาและสำรวจข้อมูลด้านการส่งเสริมการผลิตชีวมวลอัดแท่งหรือที่เรียกกันทั่วไปว่าถ่านอัดแท่ง สถานที่ที่มีการทำการผลิตเพื่อศึกษาขั้นตอนในการผลิตโดยเลือกทำการศึกษากระบวนการและขั้นตอนในการผลิตถ่านอัดแท่ง จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดที่ ต.หนองกระท้าว อ.นครไทย จ.พิษณุโลก รวมไปถึงศึกษามาตรฐานถ่านอัดแท่งที่จะสามารถวางจำหน่ายได้ ซึ่งเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

3.1.4 การศึกษาข้อมูลทางด้านการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ทำการศึกษาถึงขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของเชื่อเพลิงอัดแท่ง ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยยึดตามมาตรฐานที่กำหนด โดยจะใช้ขั้นตอนการทดสอบค่าความร้อนในการเผาไหม้ โดยขั้นตอนการทดสอบค่าพลังงานความร้อนจะยึดตามมาตรฐาน ASTM D 5865 โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.4.1 การทดสอบค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D 5865 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. อุปกรณ์ที่ใช้

ก.1 เครื่อง Oxygen Bomb Calorie meter

ก.2 แก๊สออกซิเจน

ก.3 น้ำ

ก.4 ลวดฟิวส์

ก.5 ถ้วยใส่ตัวอย่าง

ก.6 ตัวอย่างบดละเอียดปริมาณ 0.2 g

ก.7 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

ข. วิธีการ

ข.1 นำตัวอย่างบดละเอียดจำนวน 2 กรัมและลวดฟิวส์ยาว 8 ซม.บรรจุลงในลูกบอมบ์และปิดให้สนิท

ข.2 ทำการอัดแก๊สออกซิเจนเข้าไปจนเต็มลูกบอมบ์

ข.3 บรรจุน้ำลงในถังของเครื่องบอมบ์

ข.4 นำลูกบอมบ์วางลงในเครื่องแล้วปิดฝาเครื่อง

ข.5 เริ่มสตาร์ทเครื่อง รอประมาณ 9 นาที และอ่านค่าทางคอมพิวเตอร์

ข.6 ทำซ้ำจนกว่าจะครบตัวอย่าง

ข.7 บันทึกผลลงในตาราง

3.1.5 การศึกษาการออกแบบการทดลอง

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านสถิติ การเลือกตัวแปรปัจจัย การเลือกระดับปัจจัย วิธีการวิเคราะห์ผล รวมไปถึงการศึกษาถึงโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ โดยจะเลือกใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ

3.2 การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากโครงงานนี้ต้องการปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อยเพื่อให้มีค่าความร้อนจากการเผาไหม้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยใช้ซังข้าวโพดมาเป็นส่วนผสมในวัตถุดิบตั้งต้น เราจึงต้องทำการศึกษาถึงสิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยใช้วิธีการของการออกแบบการทดลอง

3.2.1 การกำหนดปัจจัย

สำหรับปัจจัยที่เลือกใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย

3.2.1.1 ปริมาณอัตราส่วนของวัตถุดิบ สำหรับการใช้ซังข้าวโพดผสมกับชานอ้อยเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งเป็นการผสมกันของวัตถุดิบ 2 ชนิด อัตราส่วนของปริมาณวัตถุดิบระหว่างชานอ้อยกับซังข้าวโพดที่ใช้ผสมกันก็มีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเช่นเดียวกัน

3.2.1.2 สภาวะการเตรียมชิ้นงาน จะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งจะส่งผลต่อค่าความร้อนที่ได้

3.2.2 ระดับของปัจจัย

สำหรับระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแต่ละตัวแปรปัจจัยคือ

3.2.2.1 ปริมาณอัตราส่วนของวัตถุดิบ เราจะทำการศึกษาที่ 9 ระดับปัจจัย คือ ที่อัตราส่วนผสมระหว่างชานอ้อยและซังข้าวโพดดังตารางที่ 3.1 เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

อัตราส่วนผสม	
ชานอ้อย	ซังข้าวโพด
9	1
8	2
7	3
6	4
5	5
4	6
3	7
2	8
1	9

3.2.2.2 สภาวะการเตรียมชิ้นงาน สำหรับระดับปัจจัยเราจะทำการกำหนดเป็น 2 ระดับปัจจัย คือ เชื้อเพลิงที่ผ่านการผึ่งแดดและไม่ผ่านการผึ่งแดด

3.2.3 สมมติฐานการทดลอง

3.2.3.1 สมมติฐานผลกระทบหลักที่ 1

H_0 : อัตราส่วนผสมไม่มีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

H_1 : อัตราส่วนผสมมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.2.3.2 สมมติฐานผลกระทบหลักที่ 2

H_0 : สภาวะการเตรียมชิ้นงานไม่มีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

H_1 : สภาวะการเตรียมชิ้นงานมีผลกระทบต่อคาความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

3.2.3.3 สมมติฐานผลกระทบร่วม

H_0 : อัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงานไม่มีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

H_1 : อัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงานมีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

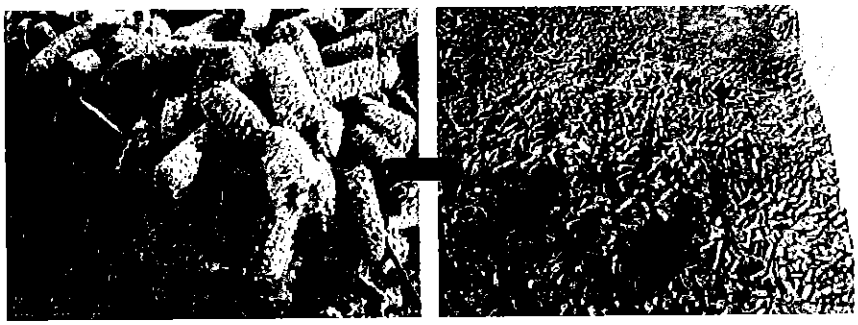
3.2.4 กำหนดการทดลอง

ในการทดลองจะทำการทดลองเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้งหมด 9 อัตราส่วน โดยแต่ละอัตราส่วนจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ผ่านการผึ่งแดดและไม่ผ่านการผึ่งแดด โดยจะมีการทำซ้ำ 1 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการทดลองแรก ซึ่งจะทำให้การทดลองมีทั้งหมด 36 การทดลอง

3.3 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.3.1 นำชานอ้อยที่ผ่านการตากแห้ง บรรจุลงในถัง 50 ลิตรปิดฝาให้แน่น จากนั้นนำถังที่มีอ้อยบรรจุอยู่ ใส่ลงในถัง 200 ลิตร เทแกลบให้เต็ม และจุดไฟเผาแกลบ ทำการเผาประมาณ 1 วัน จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.1 สำหรับซังข้าวโพด จะใช้วิธีเทลงบ่อที่ก่อด้วยอิฐบล็อก จนเต็มบ่อและจุดไฟเผา ใช้เวลาเผาประมาณ 1 วันเช่นเดียวกัน จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.1 รูปชานอ้อยก่อนเผาและหลังเผา

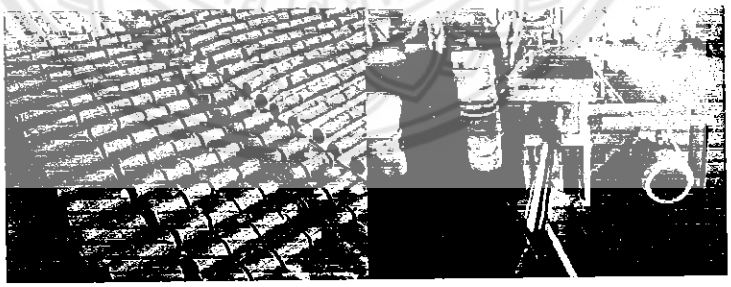


รูปที่ 3.2 ซังข้าวโพดก่อนเผาและหลังเผา

3.3.2 นำซังข้าวโพดกับชานอ้อยที่ผ่านการเผาแล้ว มาเข้าขั้นตอนการผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยแต่ละอัตราส่วนจะผลิตในปริมาณ 1 กิโลกรัม โดยจะมีปริมาณชานอ้อยต่อซังข้าวโพดดังตารางที่ 3.1 โดยแต่ละสูตรที่แสดงในตารางที่ 3.3 จะผสมกับตัวเชื่อมประสานคือ น้ำ 1 ลิตรและแป้งมัน 100 กรัม (ตามกระบวนการผลิตปกติของเชื้อเพลิงอัดแท่งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ. นครไทย จ.พิษณุโลก)

3.3.3 จากนั้นนำส่วนผสมในแต่ละสูตรมาทำการบดย่อย โดยทำการบดทีละ 1 อัตราส่วนและนำใส่ถังไว้ และนำแต่ละอัตราส่วนไปบดละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องอัดแบบสกรู

3.3.4 นำวัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดแล้ว ไปอัดเป็นแท่งด้วยการอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบสกรูดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เชื้อเพลิงที่ผ่านการอัดแท่งและเครื่องอัดแท่งแบบสกรู

3.3.5 นำถ่านอัดแท่งที่ได้มาทำการผึ่งแดดเพื่อลดความชื้นเป็นเวลา 3 วัน และนำมาทดสอบคุณสมบัติตามที่ต้องการ

3.4 ทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.4.1 การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดให้เชื้อเพลิงอัดแท่งต้องมีค่าความร้อน 5000 kcal/g และมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ดังนั้นในการทดสอบคุณสมบัติจึงทำการทดสอบค่าความร้อนดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.1.4

3.4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเราจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติ โดยใช้วิธีการของการออกแบบการทดลอง โดยเลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล เนื่องจากการทดลองเป็นการศึกษาอิทธิพลของ 2 ตัวแปรปัจจัยที่มีต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง การพิสูจน์สมมติ-และค่าที่เหมาะสมของตัวแปรปัจจัยที่ทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังศึกษาถึงจุดคุ้มทุนของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งอีกด้วย

3.5 สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่ม

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและทดลอง มาทำการเขียนรายงานสรุปผลและจัดพิมพ์รูปเล่ม

16923827
ปร.
ท472ก
2554

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการทำการทดลองนำซังข้าวโพดมาใช้เพื่อปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย เพื่อให้ค่าความร้อนผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ผลการทดลองดังนี้

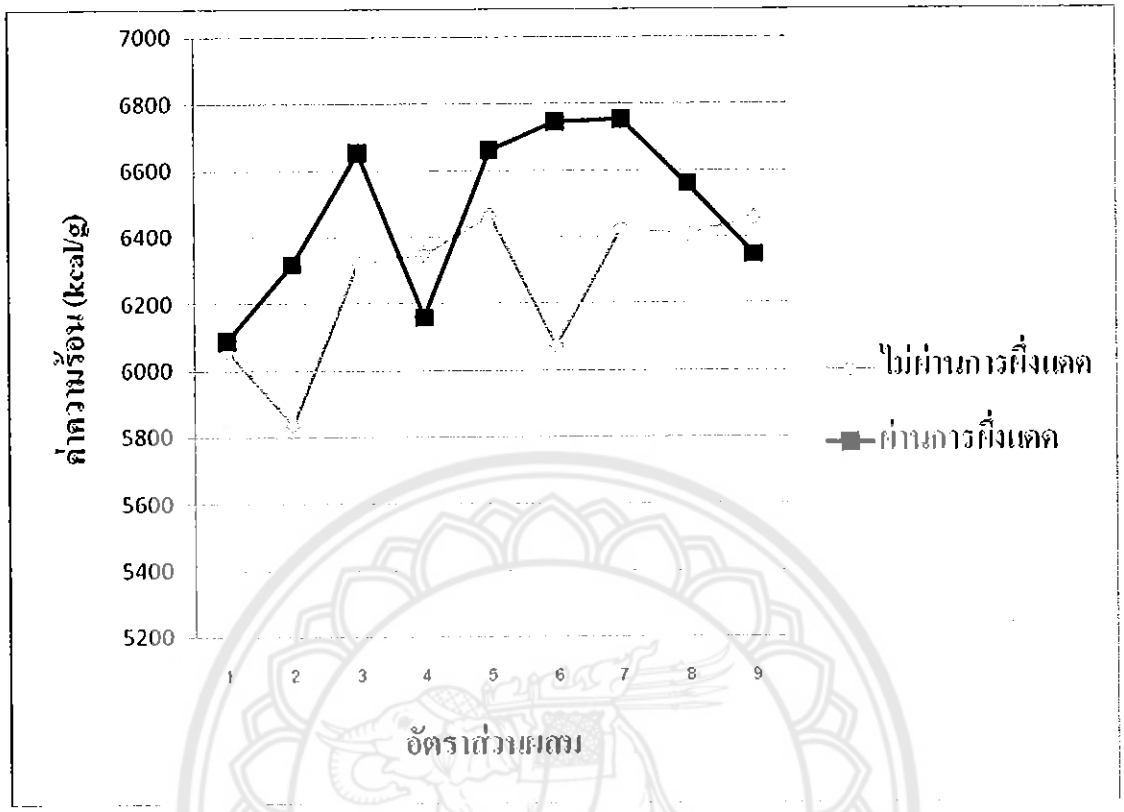
4.1 ผลการทดลอง

จากการทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการผสมซังข้าวโพดเพื่อปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชานอ้อย ตามกระบวนการผลิตที่ใช้ในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก เมื่อนำมาทดสอบค่าความร้อนด้วยขั้นตอนตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1.4.1 โดยมีการทำการทดสอบค่าความร้อนซ้ำ 1 ครั้งเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลาและค่าใช้จ่าย ทำให้มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 36 การทดลอง ซึ่งได้ผลตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ปรับปรุงค่าความร้อนด้วยซังข้าวโพด

อัตราส่วนผสม (ซังข้าวโพด: ชานอ้อย) (*100กรัม)	สภาวะการเตรียมชิ้นงาน					
	ไม่ผ่านการผึ่งแดด			ผ่านการผึ่งแดด		
	การทดลองที่1	การทดลองที่2	ค่าเฉลี่ย	การทดลองที่1	การทดลองที่2	ค่าเฉลี่ย
9:1	6053.26	6065.17	6059.22	6043.99	6130.33	6087.16
8:2	5774.79	5896.16	5835.48	6267.79	6364.59	6316.19
7:3	6203.48	6439.91	6321.69	6662.27	6638.89	6650.58
6:4	6340.92	6355.26	6348.09	6347.48	5965.50	6156.49
5:5	6463.94	6466.32	6465.13	6666.42	6704.08	6658.25
4:6	6189.89	5958.59	6074.24	6721.62	6766.64	6744.013
3:7	6454.71	6399.76	6427.24	6735.92	6766.12	6751.02
2:8	6433.30	6387.55	6410.43	6539.63	6568.20	6556.92
1:9	6496.68	6414.35	6455.52	6424.07	6265.29	6344.68

จากตารางที่ 4.1 สามารถนำมาแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยการสร้างกราฟได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งของแต่ละอัตราส่วนผสมที่สภาวะการเตรียมชิ้นงานแตกต่างกัน โดยกำหนดให้

อัตราส่วนผสมที่ 1 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 900 กรัม ซังข้าวโพด 100 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 2 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 800 กรัม ซังข้าวโพด 200 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 3 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 700 กรัม ซังข้าวโพด 300 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 4 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 600 กรัม ซังข้าวโพด 400 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 5 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 500 กรัม ซังข้าวโพด 500 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 6 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 400 กรัม ซังข้าวโพด 600 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 7 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 300 กรัม ซังข้าวโพด 700 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 8 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 200 กรัม ซังข้าวโพด 800 กรัม

อัตราส่วนผสมที่ 9 คือ อัตราส่วนผสม ชานอ้อย 100 กรัม ซังข้าวโพด 900 กรัม

เป็นกราฟที่แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่เก็บจากการทดลองมีลักษณะของความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง และพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าขึ้นลงไม่คงที่ ซึ่งสามารถหาข้อสรุปเกี่ยวกับอิทธิพลของอัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงานต่อค่าความร้อน โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

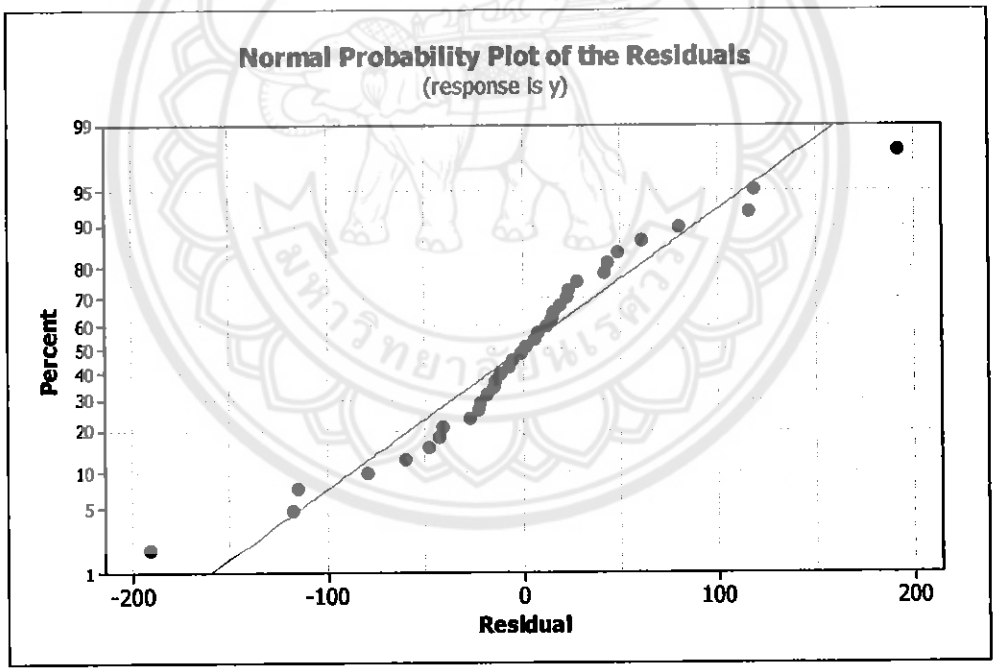
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ

4.2.1 การตรวจสอบข้อมูล

เป็นการตรวจสอบรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งข้อสมมติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองกรณีหลายปัจจัยกล่าวว่า หากค่าความผิดพลาดในการทดลองมีการกระจายแบบปกติและมีความเป็นอิสระต่อกันด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนคงที่แต่ไม่ทราบค่า มีความถูกต้องตามข้อสมมติ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งการตรวจสอบเพื่อหาความเหมาะสมของตัวแบบจำลองจากข้อสมมติควรจะกระทำทุกครั้งภายหลังจากการเก็บข้อมูลจากการทดลองเสร็จสิ้น

4.2.1.1 การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ

ในการตรวจสอบข้อสมมติทางด้านการกระจายแบบปกติของข้อมูลสามารถกระทำได้โดยใช้การพล็อทความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability) ของค่าความผิดพลาดถ้าข้อสมมติเป็นจริง กราฟดังกล่าวควรจะมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปจากผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 ได้ผลดังรูปที่ 4.2



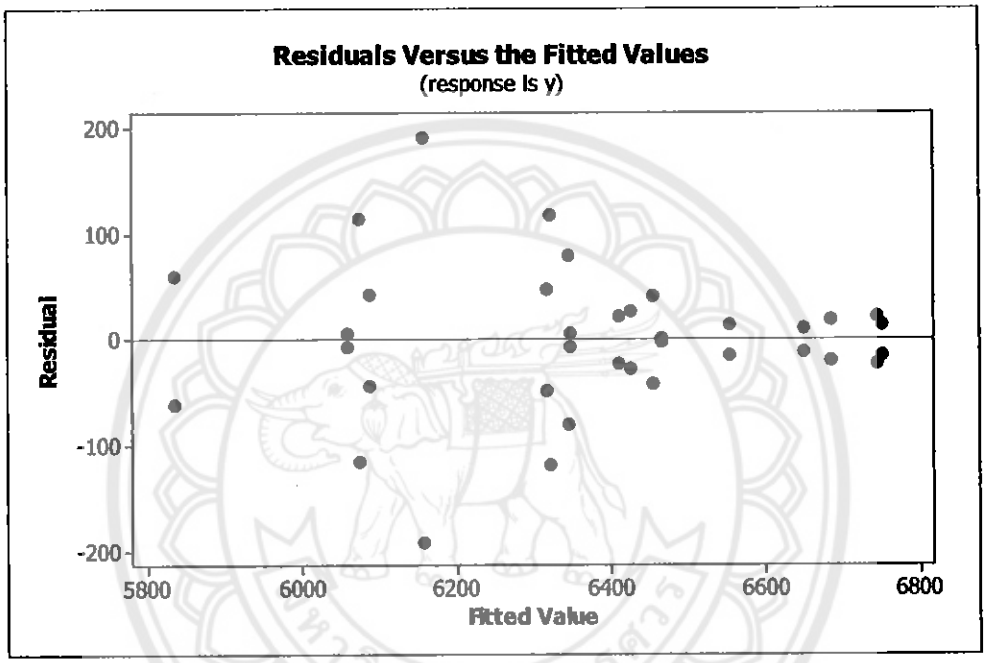
รูปที่ 4.2 แสดงค่า Normal Probability ของค่าความร้อนที่ได้จากการทดสอบ

จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่าตกค้างของค่าความร้อนที่แสดงบนกราฟมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ ผู้จัดทำจึงได้ทำการพิจารณาค่า P-value ของค่าสถิติทดสอบ Kolmogorov – Smirnov โดยจะพิจารณาจากค่าระดับนัยสำคัญ (P-value) ถ้าระดับนัยสำคัญที่กำหนดมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวน แสดงว่าข้อมูลมีการกระจาย

ความน่าจะเป็นแบบไม่ปกติ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.150 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูล,มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

4.2.1.2 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่

เป็นการพล็อทระหว่างค่าความผิดพลาดกับค่าประมาณการทดลองที่ระดับที่ i ใดๆ ซึ่งค่าความผิดพลาดดังกล่าวควรมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้ผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 ได้ผลดังรูปที่ 4.3

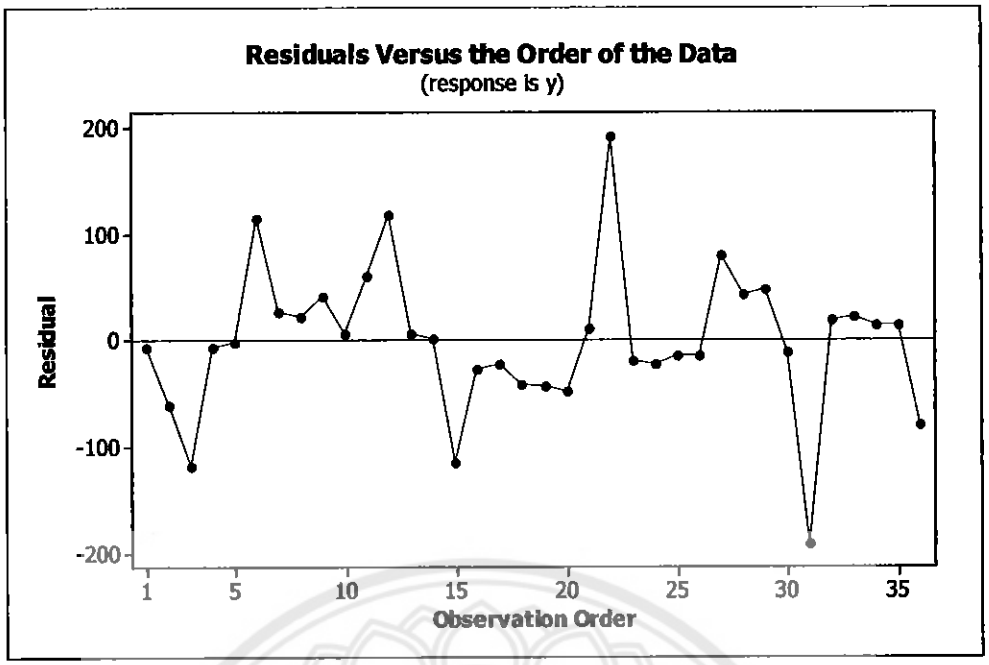


รูปที่ 4.3 แสดงค่าความผิดพลาดกับจำนวนของการทดลองทั้งหมด

จากรูปที่ 4.3 พบว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายที่ไม่แน่นอน และเรียงตัวอยู่ภายในแถบแนวนอนรอบๆ 0 และเป็นลักษณะเป็นเส้นตรง จึงสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเสถียรของความแปรปรวน

4.2.1.3 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

เป็นการพล็อทค่าความผิดพลาด โดยค่าความผิดพลาดดังกล่าวจะต้องมีการกระจายแบบไม่มีรูปแบบที่แน่นอนจากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้ผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 ได้ผลดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงค่าผิดพลาดกับค่าเฉลี่ยค่าความร้อน

จากรูปที่ 4.4 พบว่าส่วนตกค้างของข้อมูลการทดลองมีการกระจายอยู่รอบๆ เส้นศูนย์และส่วนตกค้าง มีลักษณะเรียงตัวขึ้นๆลงๆรอบเส้นศูนย์ แต่จะมีในบางช่วงที่กราฟมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากการสุ่มตัวอย่างมาทดสอบค่าความร้อนยังไม่ดีพอและจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบยังไม่เพียงพอ ทำให้กราฟมีลักษณะคล้ายจะมีรูปแบบที่แน่นอน แต่จะพบว่ากราฟมีรูปแบบที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ไม่สามารถคาดเดาค่าล่วงหน้าได้จึงสรุปได้ว่า กราฟไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงว่ามีความเป็นอิสระของข้อมูล

4.2.2 การทดสอบค่าความแปรปรวน

การทดสอบความแปรปรวนของปัจจัย คือ อัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงาน เพื่อหาข้อสรุปว่ามีผลต่อค่าความร้อนหรือไม่ โดยจะทำการพิจารณาจากค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P-value) ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่านัยสำคัญจากการทดลองมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α=0.05) และจะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อค่านัยสำคัญจากการทดลองมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α=0.05) ซึ่งจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ได้แสดงผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตารางที่4.1

Source	Degree Of freedom	Sum Of Squares	Mean Square	F	P-value
X_1	8	1,228,398	153,550	16.75	0.000
X_2	1	397,907	397,907	43.40	0.000
X_1* X_2	8	613,753	76,719	8.37	0.000
Error	18	165,019	9,168		
Total	35	2,405,077			

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.2 สามารถสรุปได้ดังนี้

กำหนดให้ X_1 คือ อัตราส่วนผสม

X_2 คือ สภาวะการเตรียมชิ้นงาน

X_1* X_2 คือ อัตราส่วนผสม * ค่าความชื้น

4.2.2.1 สมมติฐานของผลกระทบหลักที่ 1 คือ

H_0 : อัตราส่วนผสมไม่มีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

H_1 : อัตราส่วนผสมมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P-value) ของอัตราส่วนผสม (X_1) มีค่าเข้าใกล้ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 ทำให้ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบมีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือเมื่ออัตราส่วนผสมของวัตถุดิบเปลี่ยนไปค่าความของเชื้อเพลิงอัดแท่งก็จะเปลี่ยนไปด้วย

4.2.2.2 สมมติฐานของผลกระทบหลักที่ 2 คือ

H_0 : สภาวะการเตรียมชิ้นงานไม่มีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

H_1 : สภาวะการเตรียมชิ้นงานมีผลกระทบต่อคาความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากตารางที่ 4.2 พบว่าค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P-value) ของสภาวะการเตรียมชิ้นงาน (X_2) มีค่าเข้าใกล้ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 ทำให้ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 จึงสรุปได้ว่า ความชื้นมีผลกระทบต่อค่าความร้อนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือ เมื่อเปลี่ยนสภาวะการเตรียมชิ้นงาน ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งก็จะเปลี่ยนไปด้วย

4.2.2.3 สมมติฐานของผลกระทบร่วม คือ

H_0 : อัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงานไม่มีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

H_1 : อัตราส่วนผสมและสภาวะการเตรียมชิ้นงานมีผลกระทบต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P-value) ของอัตราส่วนผสม*สภาวะการเตรียมชิ้นงาน (X_1 * X_2) มีค่าเข้าใกล้ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่านัยสำคัญที่กำหนดคือ 0.05 ทำให้ปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบและสภาวะการเตรียมชิ้นงานมีผลกระทบต่อค่าความร้อนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่น คือ เมื่ออัตราส่วนผสมของวัตถุดิบและสภาวะการเตรียมชิ้นงานเปลี่ยนไป ค่าความของเชื้อเพลิงอัดแท่งก็จะเปลี่ยนไปด้วย

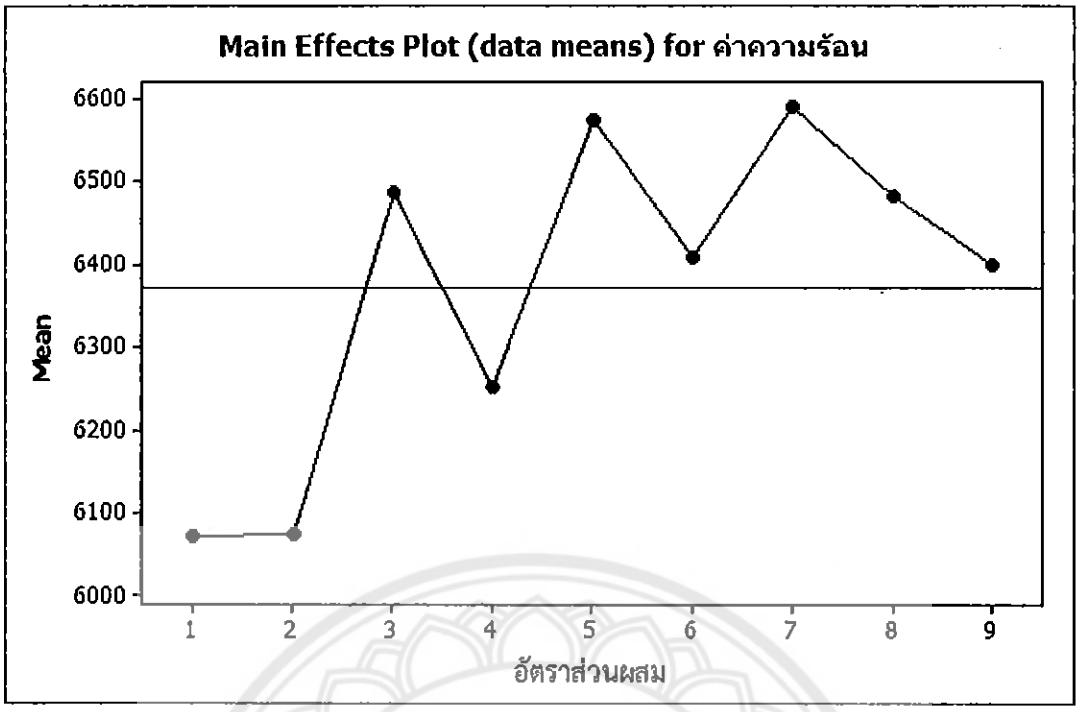
4.2.3 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลในหัวข้อที่ 4.2.2 ซึ่งทำให้เราทราบว่าแต่ละปัจจัยมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยในการทดลองว่ามีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งอย่างไร โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์การถดถอยข้อมูล

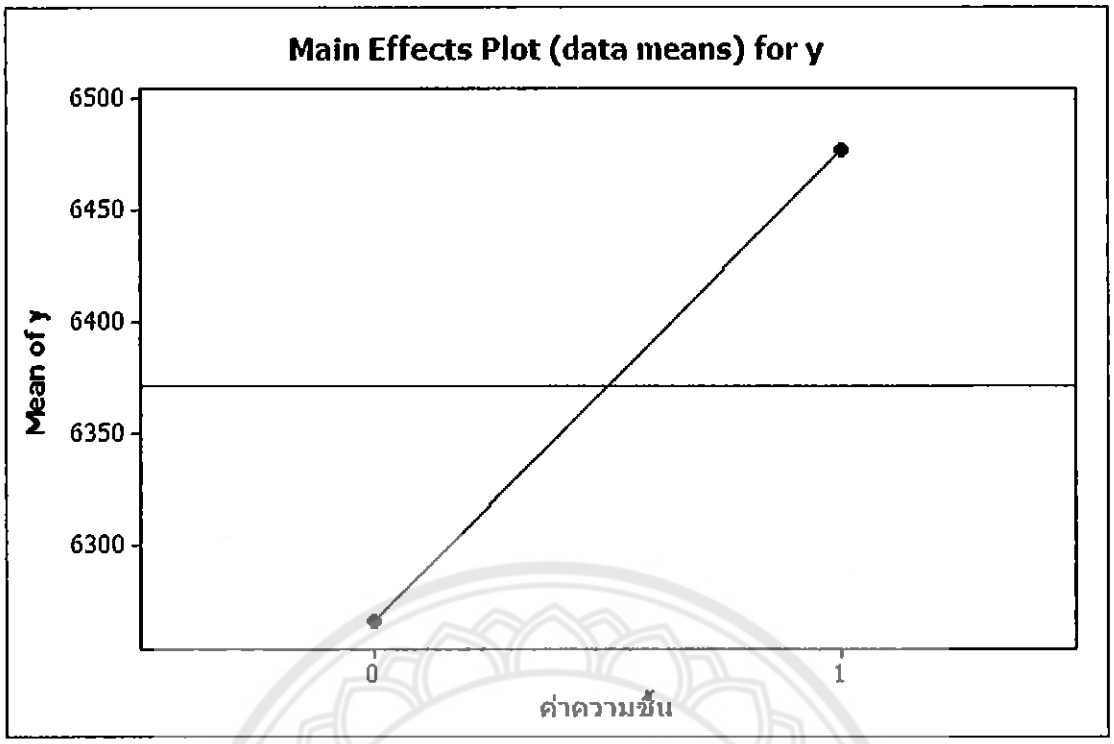
Predictor	Coef.	P - Value
Constant	5995.7	0.000
อัตราส่วนผสม	54.12	0.009
ค่าความชื้น	269.9	0.090
อัตราส่วนผสม*ค่าความชื้น	-11.93	0.666
Std. Error of the Estimate = 212.280		
R = 0.344		

จากตารางที่ 4.3 ได้ค่า R = 0.344 หมายความว่า ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยที่สนใจศึกษาในกระบวนการทดลองมีความสัมพันธ์กันต่ำ ซึ่งทำให้ทราบได้ว่าสมการถดถอยไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้ ดังนั้น ผู้จัดทำโครงงานจึงได้ทำการวิเคราะห์ ผลกระทบปัจจัยเดี่ยว (Main Effect) เพิ่มเติมโดยจะเป็นการศึกษาแยกทีละปัจจัย เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยที่มีต่อผลกระบวนการทดลอง ซึ่งทำให้สามารถเห็นผลการทดลองของแต่ละปัจจัยได้ชัดเจนมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดง Main Effect : อัตราส่วนผสม

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าอัตราส่วนผสมมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิง**อัดแท่ง แต่ไม่สามารถอธิบาย**แนวโน้มของผลการทดลองได้ เนื่องจากลักษณะของกราฟมีทิศทางขึ้นๆ ลงๆ **จึงไม่สามารถระบุ**แนวโน้มที่แน่นอนได้ เนื่องมาจากความผิดพลาดที่เป็นผลมาจากกรรมวิธี**การผลิตและขั้นตอนการทดสอบ**ค่าความร้อน



รูปที่ 4.5 แสดง Main Effect : ค่าความชื้น โดยกำหนดให้
0 คือ สภาวะการเตรียมชิ้นงานแบบไม่ผึ่งแดด
1 คือ สภาวะการเตรียมชิ้นงานที่ผ่านการผึ่งแดด

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าสภาวะการเตรียมชิ้นานมีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยกลุ่มที่ให้ค่าความร้อนที่ดีที่สุดคือ คือ เชื้อเพลิงที่ผ่านการผึ่งแดด และจะเห็นได้ว่า กราฟมีแนวโน้มเป็นลักษณะเป็นเส้นตรง

ผู้จัดทำโครงงานจึงต้องการนำเสนอความสัมพันธ์ของสภาวะการเตรียมชิ้นงาน โดยเลือกอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงทั้งหมด 9 ระดับ ได้เลือกกระดาษอัตราส่วนที่ 3:7 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุด ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานต้องทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นตรงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ผล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

ผู้จัดทำโครงงานได้นำข้อมูลในตารางที่ 4.1 ที่อัตราส่วนผสมระหว่างชานอ้อยต่อซังข้าวโพด 3:7 มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่อัตราส่วนผสม 3:7

Source	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Square	F	P - value
สภาวะการเตรียมชิ้นงาน	104837	1	104837	106.6	0.009
Error	1966	2	983		
Total	106802	3			

4.2.3.2 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

ผู้จัดทำโครงงานได้นำข้อมูลในตารางที่ 4.1 ที่อัตราส่วนผสมระหว่างชานอ้อยต่อซังข้าวโพด 3:7 มาทำการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล ดังสมการ $y = \beta_0 + \beta_1 x_1$ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ **4.5** การวิเคราะห์การถดถอยที่อัตราส่วนผสม 3:7

Predictor	Coef.	P - value
Constant	6427.24	0.000
x_1	323.79	0.009
Std. Error of the Estimate = 31.3510		
R = 0.97		

จากตารางที่ 4.5 สามารถสร้างสมการถดถอย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้

$$Y = 6427.24 + 324X_1 \qquad (4.1)$$

โดยกำหนดให้ y คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

X_1 คือ สภาวะการเตรียมชิ้นงาน

โดยความเหมาะสมในการนำสมการถดถอยไปใช้งานนั้น สามารถพิจารณาได้จากค่า R ที่ได้จากตารางที่ 4.5 มีค่าเท่ากับ R = 0.97 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 สามารถสรุปได้ว่า สมการมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับดี หรือสมการมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

4.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีตั้งโรงงานใหม่ และโรงงานเดิมที่มีการผลิตอยู่แล้ว

4.3.1 การวิเคราะห์จุคุ้มทุนในกรณีตั้งโรงงานใหม่

ในกรณีนี้ จะเป็นคิดค่าใช้จ่ายโดยรวมค่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ วัตถุดิบ และค่าแรงคนงานทั้งหมด ซึ่งจะเป็นค่าใช้จ่ายในปีแรกที่ลงทุน จากตารางที่ 4.6 จะเป็นตารางราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการผลิต

ตารางที่ 4.6 ราคาเครื่องจักรและอุปกรณ์

ราคาเครื่องจักร	บาท
ราคาเครื่องบดจำนวน 1 เครื่อง	95,000
ราคาเครื่องอัดแบบเกลียวหนอนจำนวน 2 เครื่อง	190,000
ถังเหล็กสำหรับเผา 10 ใบ	1,000

เครื่องจักรที่นำมาใช้มีทั้งหมดจำนวน 3 เครื่อง โดยแบ่งเป็น เครื่องบด และเครื่องอัดแบบเกลียวหนอน 2 เครื่อง ซึ่งมีถังเหล็กที่ใช้สำหรับเผาอีกจำนวน 10 ใบ ราคาอยู่ที่ใบละ 100 บาท โดยเครื่องจักรทั้ง 3 เครื่องมีราคาเท่ากันเนื่องจาก คุณสมบัติของเครื่องจักรทั้ง 3 เครื่องนั้น มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ แต่ต่างกันที่การใช้งานเท่านั้น โดยอุปกรณ์หลัก คือ มอเตอร์ ทั้ง 3 เครื่อง

ตารางที่ 4.7 แสดงต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

รายการวัสดุและแรงงาน	บาท
ซังข้าวโพด (กิโลกรัมละ)	1
ชานอ้อย (กิโลกรัมละ)	0.5
แป้งมัน (กิโลกรัมละ)	9
แกลบ (1กระสอบ/25กิโลกรัม)	20
ค่าไฟ (เดือนละ)	3,500
ค่าแรงคนงาน (ปกติ)	200
ค่าแรงคนงาน (ช่าง)	300

ซึ่งค่าแรงนั้น คิดเป็นคนงาน 3 คน และช่าง 1 คน รวม 4 คน โดยที่อัตราค่าแรงของคนงานปกติอยู่ที่ 200 บาทต่อวัน ในส่วนของช่างอยู่ที่ 300 บาทต่อวัน โดยทั้งหมดจะมีการทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และ 1 ปีมีการทำงาน 260 วัน โดยค่าแรงที่รวมกันแล้วจะอยู่ที่ 234,000 บาท/ปี ส่วนค่าไฟนั้นตกเฉลี่ยเดือนละ 3,500 บาทหรือปีละ 42,000 ปี (ตามที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ให้ข้อมูลมา และน้ำทางกลุ่มนั้นมีสระน้ำสูบขึ้นมาใช้เอง)

ค่าวัตถุดิบต่างๆนั้น จะคิดเป็นกิโลกรัม โดยชานอ้อย 5 กิโลกรัม เมื่อเผาแล้วจะได้ถ่านชานอ้อย 4 กิโลกรัม ส่วนซังข้าวโพด 3 กิโลกรัม เผาแล้วจะได้ถ่านซังข้าวโพด 1 กิโลกรัม โดยจะใช้น้ำ 1 ลิตรและแป้งมัน 1 กิโลกรัมต่อถ่านอัดแท่ง 10 กิโลกรัม ในการผสม และราคาวัตถุดิบของอัตราส่วน 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) อยู่ที่ 259,623.93 บาท/ปี

นำราคามาคำนวณหาจำนวนหน่วยขาย ที่จะคุ้มทุนต่อปี ซึ่งสูตรการคำนวณคือ

จุดคุ้มทุน = ต้นทุน / (ราคาขายต่อหน่วย – ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย)

คำนวณโดยกำหนดราคาขายถ่านอยู่ที่ กิโลกรัมละ 15 บาท(ตามราคาขายที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ขายอยู่ ณ ปัจจุบัน) จะได้ผลตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 จำนวนที่ต้องผลิตเพื่อให้ได้จุดคุ้มทุน

อัตราผสม(ชานอ้อย/ข้าวโพด)	จำนวนที่ต้องผลิต(กิโลกรัม)
9:1	55,026.45
8:2	55,734.19
7:3	56,399.13
6:4	57,142.86
5:5	57,842.05
4:6	58,558.56
3:7	59,360.73
2:8	60,115.60
1:9	60,961.31

ระยะเวลาในการคืนทุน

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นค่าพลังงานความร้อนที่สูงที่สุดคือ อัตรา 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) ซึ่งเฉลี่ยอยู่ที่ 6751.02 kcal/g ดังนั้นจึงเลือกอัตราส่วน 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) ที่มีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด ตามที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ให้ข้อมูลมาทางกลุ่มมีกำลังการผลิต 160 กิโลกรัม/วัน หรือ 3,467.2 กิโลกรัม/เดือน

เนื่องจากราคาที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก อยู่ที่ 15 บาท/กิโลกรัม ดังนั้นรายรับเงินสดต่อเดือนจึงอยู่ที่ 3,467.2 × 15 = 52,008 บาท/เดือน หรือ 624,096 บาท/ปี

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนทุกอัตราส่วนให้พลังงานค่าความร้อนผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งก็คือ 5,000 kcal/g และมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ทั้งสิ้น แต่จำนวนที่ต้องผลิตเพื่อที่จะไม่ขาดทุนของอัตราส่วน 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) คือ 59,360.73 กิโลกรัม ดังนั้นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มนี้มีกำลังการผลิตวันละ 160 กิโลกรัมต่อวัน หรือนั่นคือ 41,606.4 กิโลกรัมต่อปี เมื่อหักลบราคาวัตถุดิบออกแล้วจะได้รายรับอยู่ที่ 364,472.07 บาท/ปี ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุนของอัตราส่วน 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) คือ 1.42 ปี

4.3.2 กรณีที่โรงงานมีการผลิตอยู่แล้ว

เนื่องจากข้อมูลข้างต้น เป็นการก่อตั้งโรงงานใหม่จึงมีราคาค่าเครื่องจักร แต่หากมีการผลิตอยู่แล้ว ต้นทุนเหล่านี้จะไม่มีในการคิดคำนวณ ดังนั้น จึงจะเหลือเพียงแต่ราคาวัตถุดิบเปรียบเทียบกันเท่านั้น โดยในที่นี้จะเปรียบกันระหว่าง ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสม 3:7 (ชานอ้อย : ซังข้าวโพด) ซึ่งมีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด และถ่านอัดแท่งที่ทำจากซังข้าวโพดที่มีการผลิตอยู่แล้ว

ตารางข้างล่างเป็นตารางแสดงต้นทุนระหว่าง ถ่านอัดแท่งทั้งสองชนิด ซึ่งเป็นราคาที่ผ่านกระบวนการทำออกมาจะเป็นถ่านแล้ว

ตารางที่ 4.9 แสดงราคาต้นทุนของถ่านอัดแท่ง

รายการ	ถ่านอัดแท่งชานอ้อยผสมซังข้าวโพด	ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด
ต้นทุน(บาท/กิโลกรัม)	6.24	7.03
ราคาขาย(บาท/กิโลกรัม)	15	15
ราคาวัตถุดิบ(กิโลกรัม/ปี)	259,623.96	303,726.72
รายรับสุทธิ(บาท/ปี)	624,096	624,096
ผลกำไร(บาท/ปี)	364,472.04	320,369.28

จากตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าแรงคนงาน ค่าไฟ ต้นทุนในส่วนนี้แสดงในตาราง 4.7 โดยจะมีต้นทุนเท่ากันกับการก่อตั้งโรงงานใหม่ โดยคนงานทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และทำงานปีละ 260 วัน ส่วนค่าไฟนั้นตกจ่ายเดือนละ 3,500 บาทต่อเดือน

ในกลุ่มดังกล่าวนั้น มีกำลังการผลิตที่ 41,606.4 กิโลกรัมต่อปี จากตาราง 4.9 จะเห็นว่าราคาต้นทุนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยผสมซังข้าวโพดถูกกว่า 44,102.76 บาทต่อปี โดยถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยผสมซังข้าวโพดนั้นมีราคาต้นทุนที่ถูกกว่าในกรณีที่มีอัตราการผลิตเท่ากัน ดังนั้นผลกำไรจึงต่างกันด้วย จะเห็นว่าถ่านจากชานอ้อยผสมซังข้าวโพดนั้น ให้ผลกำไรเยอะกว่าถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดอย่างเดียว และยังให้ค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่าถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดอีกด้วย

บทที่ 5

สรุปผล

จากการทดลองนำซังข้าวโพดมาใช้เพื่อปรับปรุงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพด สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

การทำโครงงานนี้ได้ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างขานอ้อยกับซังข้าวโพดทั้งหมด 9 อัตราส่วน ด้วยกัน และจากการศึกษาเพื่อหาค่าอัตราส่วนและสภาวะการเตรียมชิ้นงานที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าความร้อนมีค่าสูงสุดและผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชนซึ่งค่ามาตรฐานอยู่ที่ 5,000 kcal/g โดยใช้กราฟ-อันตรกิริยาในการวิเคราะห์ เราสามารถสรุปได้ว่า เชื้อเพลิงต้องมีความร้อนไม่เกินร้อยละ 8 ซึ่งเชื้อ-เพลิงในอัตราส่วนต่างๆให้ค่าความพลังงานความร้อนที่สูงกว่า 5,000 kcal/g สภาวะการเตรียมชิ้นงานที่เหมาะสม คือ ต้องผ่านกระบวนการผึ่งแดด โดยค่าความชื้นนั้นต่ำกว่าร้อยละ 8 ในทุกอัตราส่วนและจากการทดลองอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 3:7 คือมีขานอ้อย 300 กรัม และซังข้าวโพด 700 กรัม ในปริมาณผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม โดยให้ค่าพลังงานความที่ 6,751.02 kcal/g

จากการทดลองนั้น พบว่าอัตราส่วนที่ให้ค่าความที่ดีที่สุดคืออัตราส่วน 3:7 (ขานอ้อย : ซังข้าว-โพด) จึงได้เลือกอัตราส่วนนี้ ซึ่งมีจำนวนผลิตที่คุ้มทุนคือ 59,360.73 กิโลกรัม และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด อ.นครไทย จ.พิษณุโลก ผลิตได้ปีละ 41,606.4 กิโลกรัม/ปี มีค่าวัตถุดิบ 259,623.93 บาท/ปี และมีรายรับหลังหักค่าใช้จ่ายคือ 364,472.07 บาท/ปี ดังนั้น ระยะเวลาในการคืนทุนของอัตราส่วนนี้คือ 1.42 ปี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. **ฐานข้อมูลด้านพลังงานจังหวัดพิษณุโลก**. http://www.thaienergydata.in.th/energynew/energyReview/epotential/, rotation_potential.php?prv_ id=65&year=2551. id=65&year=2551 สืบค้นเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2554

ธนวัฒน์ บัวพันธุ์, สุวรรณ จันทรา และวัชรพล พาคำป้อง. **"ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากเปลือกกล้วย"**. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

รศ.ดร.นคร ทิพยาวงศ์. เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล.กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2553

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. **การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง**. http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ind_Ed/Rung-Roj_P.pdf, สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2554"

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวทิพย์สุคนธ์ อินฒะสอน
ภูมิลำเนา 93/197 หมู่ 3 ต.บางเมือง อ.เมือง
จ. สมุทรปราการ

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเทพศิรินทร์ สมุทรปราการ (อินทรัมพรรย์อนุสรณ์)
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: box._.box@hotmail.com

ชื่อ นายธนพล โหนทองหลาง
ภูมิลำเนา 162 หมู่ 13 ต.หัวฝาย อ.สูงเม่น
จ.แพร่

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์ จ.แพร่
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Thanapon_Hon@hotmail.com