บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การพัฒนาการผลิตถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษกระดาษสำนักงานและเศษมวลชีวภาพ มีรายละเอียดเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

3.3 ระยะเวลาในการทดลอง

3.4 การวางแผนการทดลอง

3.5 การดำเนินการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.6 ต้นทุนการผลิต

3.7 เกณฑ์ในการตัดสินใจ

3.8 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่าน

3.9 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-even Analysis)

3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วัสดุและเครื่องมือ ดังนี้

3.1.1 วัสดุ

กระดาษสำนักงาน ได้จากทางบริษัท

เศษวัชพืช ได้แก่ เศษหญ้า

แป้งมันสำปะหลัง

น้ำ

3.1.2 อุปกรณ์เครื่องย่อยกระดาษและเศษวัชพืช

เครื่องบดขนาด มอเตอร์ 2 Hp. ความเร็วรอบ 1,450 rpm ไฟฟ้า 220/380 Volt 3 กระแส 13.0/7.8 Amp กำลังผลิตใน 1 กระบวนการประมาณ 50 kg/h โดยดังภาพที่ 3.1 คือภาพรวมเครื่องบดย่อยได้ทั้งกระดาษและเศษวัชพืช ส่วนภาพที่ 3.2 ภาพรวมภายในเครื่องบดย่อย

ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบภายนอกเครื่องบดย่อย

ภาพที่ 3.2 ส่วนประกอบภายในเครื่องบดย่อย

3.1.3 อุปกรณ์ในการทดลองที่ใช้แปรรูปวัตถุในการผลิตถ่านอัดแท่งประกอบด้วย

อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด ประกอบด้วย เครื่องชั่ง ตะแกรง

ผสมด้วยมือ (Mixer) ภาชนะผสมเป็นถังใช้สำหรับผสมส่วนประกอบทั้ง 2 ให้เข้ากัน โดยใช้มือผสม

ภาชนะผสมและภาชนะที่สามารถใส่น้ำต้มได้ เช่น หม้อต้มน้ำ

เตาถ่านใช้สำหรับใช้ต้มน้ำ

เครื่องอัดใช้การอัดเป็นเกลียวหรืออัดสกรู (Screw Extrusion) รุ่นTS-01 เพราะมีความสะดวกหลายประการและเป็นที่นิยมในระดับอุตสาหกรรม มอเตอร์ขนาด 7 Hp. 3 Ø ตัวเครื่องทำด้วยเหล็กหล่อ กระบอกอัดทำด้วยเหล็กแข็งพิเศษมี 5 ครีบ กำลังการผลิต 150 kg/h กระบอกอัดซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm และถูกดันออกมาทางที่รองรับไว้ที่ปลายกระบอกอัดอีกข้างหนึ่ง

ภาพที่ 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.2 สถานที่ทำการทดลอง

บริษัท THAI SUMI CO., LTD สถานที่ตั้ง 21/3 หมู่ 3 ต.คลองจิก อ.บางปะอิน จ.อยุธยา 13160

3.3 ระยะเวลาในการทดลอง

ในการทดลองจะมีกระบวนการตั้งแต่การบดการอัดและการทดสอบสมรรถนะและสมบัติ ต่างๆเริ่มการทดลองตั้งแต่เดือน สิงหาคม 2554 สิ้นสุดการทดลองในเดือน มีนาคม 2555

3.4 การวางแผนการทดลอง

ในการวิจัยได้มีการวางแผนและลำดับขั้นตอนการทดลองพร้อมทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เตรียมวัตถุดิบ เพื่อเป็นการง่ายต่อการดำเนินงาน ซึ่งในการวางแผนการทดลอง ควรมีปัจจัยทั้งหมดให้อยู่ในสภาพพร้อมการใช้งาน ได้แก่ กระดาษ เศษวัชพืช ตัวประสาน เครื่องอัดถ่าน เป็นต้น โดยถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งจะส่งผลต่อการขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง ลำดับต่อมาจะแสดงแหล่งที่มาของวัตถุดิบ ที่นำมาใช้ในการอัดถ่านได้ดังนี้

1. แหล่งที่มาของกระดาษ คือ แผนกจำหน่ายเอกสาร บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) สถานที่ตั้ง 171/2 หมู่ 2 แขวงและเขตดอนเมือง กรุงเทพฯ

2. แหล่งที่มาของเศษวัชพืช คือ ลานเก็บเศษของเหลือใช้รอทำลาย บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) สถานที่ตั้ง 171/2 หมู่ 2 แขวงและเขตดอนเมือง กรุงเทพฯ

3. ตัวประสาน คือ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ โดยได้กำหนดอัตราส่วนตามที่ได้กำหนดกรณีในงานวิจัยไว้ในตารางที่ 3.1

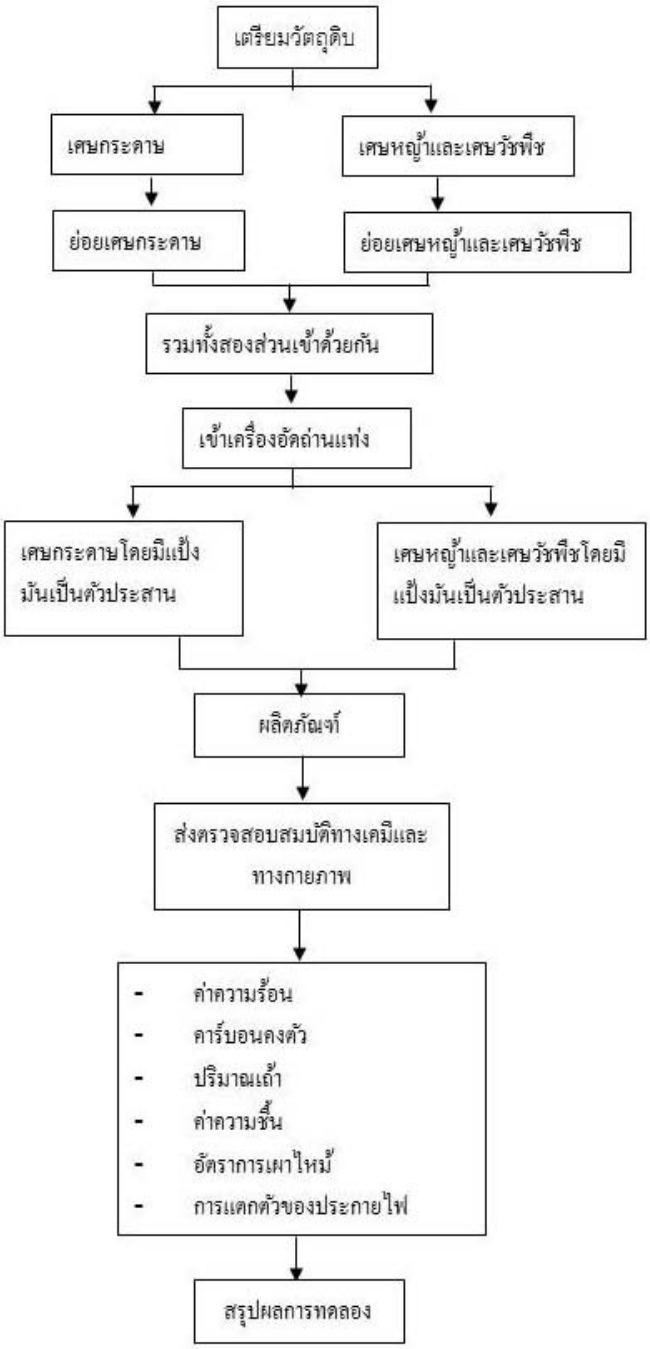
4. เครื่องอัดถ่าน แบบเครื่องอัดใช้การอัดเกลียวหรืออัดสกรู จากบริษัท THAI SUMI CO., LTD

ตารางที่ 3.1 การวางแผนการทดลอง

ลำดับขั้นตอน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน
1. เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือพร้อมทั้งสถานที่ในการทดลอง	ใช้เวลา 30 วัน
2. นำกระดาษและเศษวัชพืช นำมาคัดแยกเศษวัสดุที่ไม่จำเป็นออกแล้ว	ใช้เวลา 2 วัน
3. บดย่อยกระดาษด้วยเครื่องบด น้ำหนัก 50 kg	1 ชั่วโมง
4. บดย่อยเศษวัชพืชด้วยเครื่องบด น้ำหนัก 50 kg	1 ชั่วโมง
5. ทำการตั้งน้ำให้ร้อนจากนั้นใส่แป้งใส่เพื่อผสมส่วนผสมทั้งสอง	15 นาที
6. นำส่วนผสมทั้ง 2 ไปผสมกัน โดยมีแป้งมันเป็นตัวประสาน แบ่งอัตราส่วนดังนี้	
6.1 กระดาษ + เศษวัชพืช (80 : 20)	2 วัน
6.2 กระดาษ + เศษวัชพืช (50 : 50)	
6.3 กระดาษ + เศษวัชพืช (60 : 40)	
6.4 กระดาษ + เศษวัชพืช (20 : 80)	
6.5 กระดาษ + เศษวัชพืช (40 : 60)	
7. นำกระดาษมาย่อยและผสมแป้งมัน	
7.1 กระดาษ	1 วัน
8. นำส่วนผสมที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัดแท่ง	อัดจำนวน 10 แท่งความยาวแท่งละ 10 cm
9. นำถ่านที่อัดแท่งแล้วไปตากแดดให้แห้งสนิทมีความชื้นไม่เกิน 8%	ตามอุณหภูมิและสภาพภูมิอากาศ
10. นำถ่านที่ได้ไปทดลองหาสมรรถนะและมลภาวะ (วัดจากการส่งผลไปยังห้องปฏิบัติการ)	ขึ้นอยู่กับสถาบันทดสอบ
11. วิเคราะห์และสรุปผล	5 วัน

3.5 การดำเนินการผลิตถ่านอัดแท่ง

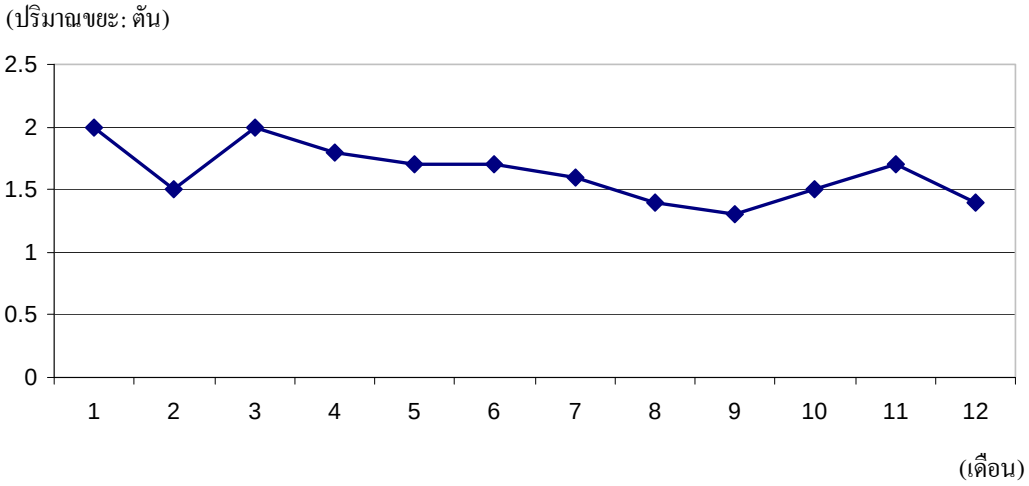
ผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งมีส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้มีการนำเสนอไปในบทที่ผ่านและหัวข้อที่ผ่านมาแล้วบางส่วน แต่สำหรับหัวข้อนี้จะเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยแจกแจงตั้งแต่กระบวนการแรกจนถึงกระบวนการสุดท้ายดัง แสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

3.5.1 กระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

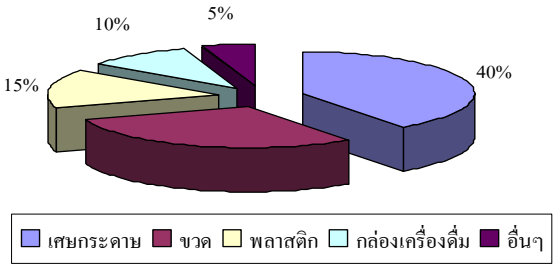
เมื่อพิจารณาปริมาณขยะรวมที่ใช้ในแต่ละเดือนของทางบริษัท มีค่าเฉลี่ยแล้วมีปริมาณขยะในแต่ละเดือนไม่เท่ากัน ขั้นต่ำอยู่ที่ 2 ตันต่อเดือน โดยอ้างอิงข้อมูลปริมาณขยะของทางบริษัทในปี 2553 ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2553 ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ข้อมูลปริมาณขยะภายในบริษัทบริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ปี 2553

ที่มา: บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

หลังจากนั้นได้จำแนกขยะตามปริมาณยอดรวมทั้งหมดภายปี 2553 ออกมาเป็นแผนภูมิวงกลมปริมาณขยะได้ดังนี้



ภาพที่ 3.6 การจำแนกขยะในบริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ปี 2553

ที่มา: แผนกจำหน่ายเอกสาร บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

จากข้อมูลที่ได้เห็นว่าปริมาณกระดาษที่นำมาเป็นวัตถุดิบในส่วนประกอบการทำถ่านอัดแท่งมีปริมาณเพียงพอกับงานวิจัยในครั้งนี้ และยังเป็นวัตถุดิบที่เพียงพอต่อการขยายตัวอยู่ในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย แต่สิ่งที่ต้องการมากที่สุดในงานวิจัยนี้ คือ นำสิ่งของวัสดุที่เหลือกลับมาใช้เป็นพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนต่อไปภายในอนาคต

3.5.2 กระบวนการย่อยกระดาษ

จากข้อมูลปริมาณกระดาษที่ได้ นำมาย่อยให้มีขนาดเล็ก โดยย่อยกระดาษให้มีปริมาณเพียงพอที่ใช้ในการทดลอง หลังจากผ่านกระบวนการย่อยแล้วทำการแบ่งกระดาษที่ย่อยออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ กระดาษที่แห้งและกระดาษที่แช่น้ำทิ้งไว้ เพราะคุณสมบัติหลังจากการแช่น้ำของกระดาษพื้นฐานที่เปลี่ยนไป คือ กระดาษจากแข็งจะนิ่มและยุ่ยลง ซึ่งนำมาเปรียบเทียบหลังจากการอัดเป็นถ่านแล้ว ว่าวัตถุดิบแบบใดมีการจับยึดตัวได้ดีกว่ากัน

3.5.3 กระบวนการเตรียมเศษวัชพืช

ในแต่ละเดือนมีปริมาณเศษวัชพืชเพียงพอต่อการทดลองและเพียงพอกับอนาคตที่จะจัดทำถ่านอัดแท่งเชิงพาณิชย์ วัตถุดิบจากเศษหญ้าที่ตัดภายในบริษัทในแต่ละเดือน

ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างปริมาณเศษวัชพืชที่จำหน่ายทิ้ง

ที่มา: แผนกจัดการสถานที่ บริษัท บริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

3.5.4 กระบวนการย่อยเศษวัชพืช

นำมาย่อยให้มีขนาดเล็ก โดยย่อให้มีปริมาณเพียงพอที่ใช้ในการทดลอง หลังจากผ่านกระบวนการย่อยแล้วทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ แห้งและนำแช่น้ำทิ้งไว้ เพราะคุณสมบัติหลังจากการแช่น้ำอาจมีผลต่อการจับยึดตัวได้ดีต่างกัน

3.5.5 การเข้าสู่กระบวนการอัด

รวมทั้งสองเข้าด้วยกันและการเข้าสู่กระบวนการอัด โดยได้แสดงกรณีศึกษาในงานวิจัยที่มีอัตราส่วนต่างกันดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมที่อยู่ภายในถ่านอัดแท่งกรณีส่วนผสมกระดาษ เศษวัชพืช และแป้งมัน

ส่วนผสมที่อยู่ภายในถ่านอัดแท่ง	ปริมาณวัตถุดิบ
กระดาษ + เศษวัชพืช	80 : 20
กระดาษ + เศษวัชพืช	50 : 50
กระดาษ + เศษวัชพืช	60 : 40
กระดาษ + เศษวัชพืช	20 : 80
กระดาษ + เศษวัชพืช	40 : 60

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมที่อยู่ภายในถ่านอัดแท่งกรณีส่วนผสมกระดาษและแป้งมัน

ส่วนผสมที่อยู่ภายในถ่านอัดแท่ง	ปริมาณวัตถุดิบ
กระดาษ + แป้งมัน	20 kg + 0.5 kg

3.5.6 ผลิตภัณฑ์และการตรวจสอบ

หลังจากเข้าสู่กระบวนการอัดถ่านจากกระดาษและเศษวัชพืชแล้ว จึงนำมาตากให้แห้งเพื่อลดความชื้นขึ้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ โดยจะเปลี่ยนสถานะจากกึ่งของเหลวกับของแข็งให้เป็นของแข็ง แล้วนำไปหาค่าสมรรถนะของถ่านอัดแท่งและสิ่งสำคัญอีกประการ คือ มลพิษที่จะเกิดขึ้น โดยได้แบ่งหัวข้อที่วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM ได้ดังนี้

1. การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D 5865

1.1 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Bomb Calorimete ภายใต้บรรยากาศของออกซิเจน จะเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เป็นเครื่องของ PARR รุ่น 6300 ชื่อ Bomb calorimeter ประเทศอเมริกา

ภาพที่ 3.8 Bomb Calorimeter

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 เครื่องทดสอบในการอ่านค่าความร้อน (Heating Value) เป็นเครื่องมือใช้สำหรับในการอ่านค่าความร้อนของเชื้อเพลิงที่ทำการวิเคราะห์

ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบในการอ่านค่าความร้อน (Heating Value)

ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. สารเคมี

- Methyl Orange Indicator
- สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.0709 N

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของถ่านอัดแท่ง

ในงานวิจัยถ่านอัดแท่งจากกระดาษสำนักงานและมวลชีวภาพนี้ เมื่อได้ข้อมูลดิบตามที่กำหนดเรียบร้อยแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของถ่านอัดแท่ง ดังสมการ (3.1)

การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{3.1}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (g/cm^3)

m = มวลของถ่านอัด (g)

v = ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (cm^3)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (Moisture) ASTM D 3173

ในการหาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งสามารถหาได้ดังสมการ (3.2)

$$V_{mois} = \left[\frac{W_1 - W_2}{W}\right] \times 100 \tag{3.2}$$

เมื่อ V_{Mois} = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W1 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (g)

W2 = น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (g)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash) ASTM D 3174

ในการหาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งสามารถหาได้ดังสมการ (3.3)

$$V_{Ash} = \left[\frac{W_3 - W_4}{W}\right] \times 100 \qquad (3.3)$$

เมื่อ V_{Ash} = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (g)

W_4 = น้ำหนักถ้วย (g)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

6. การวิเคราะห์หาปริมาณสารระเหย (Volatile matter) ASTM D 3175

ในการหาปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งสามารถหาได้ดังสมการ (3.4)

$$V_{Volat} = \left[\left(\frac{W_5 - W_6}{W}\right) \times 100\right] - M \qquad (3.4)$$

เมื่อ V_{Vola} = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_5 = น้ำหนักของ Crucible พร้อมฝาและตัวอย่างก่อนเผา

W_6 = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

7. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ASTM D 3172

ในการหาปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งสามารถหาได้ดังสมการ (3.5)

$$C = 100 - V_{Mois} - V_{Volat} - M2 \qquad (3.5)$$

เมื่อ C = ร้อยละของคาร์บอนคงตัว

M2 = ร้อยละของปริมาณเถ้า

VMois = ร้อยละของปริมาณความชื้น

VVolat = ร้อยละของปริมาณสารระเหย

ผลที่ได้ค่าต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้งาน ได้แก่

1. ค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D 5865
2. การหาปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter), ASTM D 3175
3. การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon), ASTM D 3172
4. การหาปริมาณเถ้า (Ash), ASTM D 3174
5. การหาปริมาณความชื้น (Moisture), ASTM D 317

3.6 ต้นทุนการผลิต

ต้นทุนเป็นสิ่งที่สำคัญโดยพิจารณาผลิตภัณฑ์ต่อหน่วย (Cost of Production) ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่านอัดแท่ง คือ การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยในการผลิตถ่านอัดแท่ง แม้จะมีการลงทุนสูงแต่การอัดเย็นจะมีต้นทุนเครื่องจักรต่ำกว่าการอัดแบบร้อนมาก แต่การอัดแบบเย็นจะมีเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตที่มากกว่า ได้แก่ เครื่องย่อย เครื่องอัดแท่งในครั้งแรกจะมีราคาต้นทุนสูงซึ่งจะประกอบไปด้วย

ต้นทุนในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่

เครื่องบด

เครื่องอัดแท่ง

อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ผลิตถ่านพร้อมกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ ดังนี้

กระดาษ - เศษวัชพืช - แป้งมันสำปะหลัง - แรงงาน - ค่าไฟ - ค่าน้ำ - อื่นๆ

3.7 เกณฑ์ในการตัดสินใจ

จากหัวข้อในการวิจัยเป็นการพิจารณาการหาทางเลือกของพลังงานทดแทน โดยนำสิ่งที่เหลือใช้นำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งจะยังคงไม่คำนึงถึงทางการค้าเชิงพาณิชย์ ผลจากการทดลองจะเป็นตัวตัดสินใจในการเลือกที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปหรือไม่ สิ่งที่คำนึงค่าความร้อน (Heating Value) ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ปริมาณเถ้า (Ash) และปริมาณความชื้น (Moisture) เท่านั้น

3.8 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่าน

ปัจจุบันกระดาษจะถูกจำหน่ายโดยขายให้กับตัวแทนรับซื้อกระดาษ ซึ่งมีอัตราการรับซื้อตามมาตรฐานดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 อัตราการรับซื้อขยะตามมาตรฐาน(ราคารับซื้อโรงใหญ่)

ชนิดขยะ	ราคาคิดตามน้ำหนัก (kg/บาท)
กระดาษขาว-ดำ (A4)	4
กระดาษหนังสือพิมพ์	3.5
หนังสือ/นิตยสาร	4
พลาสติกขุ่น (ทุกประเภท)	8
พลาสติก (ใส/ขวดน้ำดื่ม/ขวดโค้ก)	16

ที่มา: วงษ์วานิช. (2553). วงษ์วานิชนิว สืบค้นเมื่อ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2554 จาก http://www.wongpanit.com/wpnnew/index.php

รายรับจากการขายขยะจำพวกกระดาษ

สำหรับข้อมูลดังกล่าวจะแสดงเฉพาะ กระดาษสำนักงาน A4 เท่านั้น(ราคามารับซื้อที่บริษัท)

ปริมาณกระดาษสำนักงาน A4 เฉลี่ย = 1,000 kg/เดือน

ราคาจำหน่ายคิดตามน้ำหนัก = 4 บาท/kg

รายรับค่ากระดาษ A4 = (1,000) (4)

= 4,000 บาท/เดือน

= 48,000 บาท/ปี

สำหรับการพิจารณาราคาผลผลิตนั้น ควรทราบข้อมูลค่าความร้อนที่ผลิตได้จากผลิตภัณฑ์เพื่อจะประเมินราคา ยกตัวอย่างค่าประมาณจากการเทียบค่าความร้อนจากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง

ตารางที่ 3.5 อัตราค่าความร้อนกับราคาของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำถ่าน

ผลิตภัณฑ์	ค่าความร้อน (Kcal/kg)	ราคาจำหน่าย (บาท / kg)
ถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง	7,100 -7,300	15
ถ่านขี้เถ้าแกลบและถ่านซางข้าวโพด	6,090	6
ผงถ่านไม้เบญจพรรณ	4000-6700	7

ที่มา: http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/property1.php

เมื่อพิจารณานำกระดาษ 1,000 kg และมวลชีวภาพ 400 kg มาผลิตถ่านอัดแท่งจากกระดาษสำนักงานและมวลชีวภาพปริมาณที่ผลิตได้รวม 1,400 kg ราคา 7 บาท/kg (พิจารณาค่าความร้อนต่ำและคุณสมบัติต่างๆ) เพราะฉะนั้นจะสามารถขายถ่านอัดแท่งได้ในราคาดังนี้

ปริมาณที่ผลิตได้คิดตามน้ำหนักรวม = 1,400 kg

ราคาเฉลี่ย = 7 บาท

รายรับเมื่อจำหน่ายถ่านเฉลี่ย = 117,600 บาท /ปี

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบระหว่างการขายกระดาษ A-4 กับการนำไปผลิตถ่านอัดแท่ง

รายรับจากการขายกระดาษ A-4 (บาท/ปี)	รายรับจากการนำกระดาษ A-4 มาผลิตถ่านอัดแท่ง (บาท / ปี)
48,000	117,600
<u>หมายเหตุ</u> เศษกระดาษ 1000 kg	<u>หมายเหตุ</u> นำเศษกระดาษ 1000 kg มาผสมเศษวัชพืช 400 kg