

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาค้นคว้า

ในบทนี้นำเสนอผลการศึกษาข้อมูลที่ทำการศึกษาทดลองระหว่างวันที่ 5 มีนาคม 2554 ถึงวันที่ 11 มีนาคม 2554 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตและอัตราการผลิตถ่านของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบเตานอนตามรูปแบบของ สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน เทียบกับชนิดแบบเตาตั้งตามรูปแบบของ สำนักงานพลังงานจังหวัดอ่างทอง โดยการใช้ไม้กระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตถ่านไม้ พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางความร้อนของถ่านไม้ที่ได้จากเตาทั้ง 2 ชนิด โดยทดลองด้วยการต้มน้ำเป็นหลัก (Water Boiling Test)

**การหาประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตและอัตราการผลิตถ่านของเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวนอน**



ภาพ 8 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาถ่านไม้ และที่ปากปล่องเตาเผาถ่านไม้ขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวนอน

ตาราง 3 แสดงผลของการทดลองเผาถ่านไม้กระถินยักษ์จากเตาเผาถ่านไม้แบบ  
 แนวนอนที่เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ

เวลาที่ให้ความร้อนหน้าเตา (นาทีก)	อุณหภูมิที่วัดได้ภายในเตา ( $^{\circ}\text{C}$ )	อุณหภูมิที่วัดได้ปากปล่อง ( $^{\circ}\text{C}$ )
00	37	36
20	106	40
40	151	45
60	197	58
80	276	68
100	290	71
120	329	72
140	334	73
160	338	79
180	400	83
200	438	85
220	441	88
240	446	91
260	453	97
280	454	104
300	455	116
320	460	156
340	466	180
360	480	207
370	500	210

หมายเหตุ : ระยะเวลาในการเผาถ่านไม้จะระหว่างเวลา 11.00 – 17.30 น.

จากตารางและการเก็บข้อมูลการเผาถ่านไม้จากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบ  
 แนวนอน โดยใช้ไม้กระถินยักษ์ที่ตัดไว้ไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ เป็นเชื้อเพลิงในการศึกษา เฉลี่ยมีการ

ใช้ไม้กระถินยักษ์ใส่ในเตาเผาถ่านน้ำหนัก 64.5 กิโลกรัม ใช้ไม้กระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิงหน้าเตาเผาถ่านน้ำหนัก 8.5 กิโลกรัม อุณหภูมิภายนอก ณ เวลาเผาถ่านไม้ 35 °c ระยะเวลาที่ใช้ให้ความร้อนหน้าเตาเผาถ่านจนปิดเตาเผาถ่าน 370 นาที (6 ชั่วโมง 10 นาที) ปริมาณถ่านไม้ที่ได้จากการเผาถ่านจากเตาเผาถ่านแบบแนวนอน 14.2 กิโลกรัม ปริมาณขี้เถ้าและเศษถ่านที่เหลือจากการเผาถ่านจากเตาเผาถ่านแบบแนวนอน 2.4 กิโลกรัม

นำผลที่ได้จากตารางและข้อมูลมาคำนวณหาผลผลิตถ่านและอัตราการผลิตถ่านได้ ดังนี้

$$\text{ผลผลิตถ่าน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{(\text{น้ำหนักฟืนในเตา} + \text{น้ำหนักฟืนหน้าเตา}) - \text{น้ำหนักขี้เถ้าและเศษถ่าน}} \times 100$$

$$= \frac{x100 \quad 14.2}{(64.5+ 8.5) - 2.4}$$

$$= 20.1 \%$$

$$\text{อัตราการผลิตถ่าน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{\text{ชั่วโมงในการเผาถ่านทั้งหมด}}$$

$$= \frac{14.2}{6.1}$$

$$= 2.3 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง}$$

การหาประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตและอัตราการผลิตถ่านของเตาเผาถ่านขนาด  
200 ลิตร ชนิดแบบแนวตั้ง



ภาพ 9 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาเผาถ่านไม้  
และที่ปากปล่องเตาเผาถ่านไม้ขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวตั้ง

ตาราง 4 แสดงผลของการทดลองเผาถ่านไม้กระถินยักษ์จากเตาเผาถ่านไม้แบบแนวตั้ง  
ที่เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ

เวลาที่ให้ความร้อนหน้าเตา (นาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ภายในเตา ( $^{\circ}\text{C}$ )	อุณหภูมิที่วัดได้ปากปล่อง ( $^{\circ}\text{C}$ )
00	29.7	28.4
20	96	334
40	128	499
60	176	518

ตาราง 4 (ต่อ)

เวลาที่ให้ความร้อนหน้าเตา (นาที)	อุณหภูมิที่วัดได้ภายในเตา (°c)	อุณหภูมิที่วัดได้ปากปล่อง (°c)
80	296	550
100	314	625
120	323	664
135	330	680

หมายเหตุ : ระยะเวลาในการเผาถ่านไม้ระหว่างเวลา 08.30 – 11.00 น.

จากตารางและการเก็บข้อมูลการเผาถ่านไม้จากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวตั้ง โดยใช้ไม้กระถินยักษ์ที่ตัดไว้ไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ เป็นเชื้อเพลิงในการศึกษา เฉลี่ยมีการใช้ไม้กระถินยักษ์ใส่ในเตาเผาถ่านน้ำหนัก 63.2 กิโลกรัม ใช้ไม้กระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิงหน้าเตาเผาถ่านน้ำหนัก 7.8 กิโลกรัม อุณหภูมิภายนอก ณ เวลาเผาถ่านไม้ 27.4 °c ระยะเวลาที่ใช้ให้ความร้อนหน้าเตาเผาถ่านจนปิดเตาเผาถ่าน 135 นาที (2 ชั่วโมง 15 นาที) ปริมาณถ่านไม้ที่ได้จากการเผาถ่านจากเตาเผาถ่านแบบแนวตั้ง 12 กิโลกรัม ปริมาณขี้เถ้าและเศษถ่านที่เหลือจากการเผาถ่านจากเตาเผาถ่านแบบแนวนอน 1.8 กิโลกรัม

นำผลที่ได้จากตารางและข้อมูลมาคำนวณหาผลผลิตถ่านและอัตราการผลิตถ่านได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลผลิตถ่าน (\%)} &= \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{(\text{น้ำหนักฟืนในเตา} + \text{น้ำหนักฟืนหน้าเตา}) - \text{น้ำหนักขี้เถ้าและเศษถ่าน}} \times 100 \\ &= \frac{12}{(63.2 + 7.8) - 1.8} \times 100 \\ &= 17.3 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราการผลิตถ่าน} &= \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{\text{ชั่วโมงในการเผาถ่านทั้งหมด}} \\ (\text{กิโลกรัม/ชั่วโมง}) & \end{aligned}$$

$$= \frac{12}{2.2}$$

$$= 5.4 \text{ กิโลกรัม/ชั่วโมง}$$

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ที่ได้จากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวนอน กับชนิดแบบแนวตั้ง ด้วยวิธีการต้มน้ำ (Water Boiling Test)



ภาพ 10 การติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิความร้อนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของถ่านไม้ที่ได้จากเตาเผาถ่านไม้ขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวนอนกับแบบแนวตั้ง

ตาราง 5 แสดงผลของการทดลองประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้ที่ได้จากเตาเผาถ่านไม้แบบแนวนอนกับแบบแนวตั้งที่เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ

เวลาที่ให้ความร้อนกับน้ำ (นาที)	อุณหภูมิที่วัดได้จากการต้มน้ำ ด้วยถ่านไม้จากเตาแนวนอน( $^{\circ}\text{C}$ )	อุณหภูมิที่วัดได้จากการต้มน้ำ ด้วยถ่านไม้จากเตาแนวตั้ง( $^{\circ}\text{C}$ )
00.00	31.00	31.00
00.50	31.60	31.50
01.00	33.20	33.00

ตาราง 5 (ต่อ)

เวลาที่ให้ความร้อนกับน้ำ (นาที)	อุณหภูมิที่วัดได้จากการต้มน้ำ ด้วยถ่านไม้จากเตาแวนอน( <sup>o</sup> c)	อุณหภูมิที่วัดได้จากการต้มน้ำ ด้วยถ่านไม้จากเตาแนวตั้ง( <sup>o</sup> c)
01.50	39.90	38.40
02.00	42.90	41.50
02.50	50.50	48.70
03.00	51.10	49.20
03.50	61.00	60.40
04.00	69.00	67.50
04.50	78.60	76.20
05.00	80.60	78.50
05.50	83.60 *	82.30
06.00	84.60	83.40 *
06.50	86.44	85.20
07.00	87.00	85.80
07.50	88.30	86.90
08.00	88.70	87.20
08.50	89.30	88.10
09.00	89.60	88.40
09.50	89.90	88.90
10.00	90.20	89.20
10.50	90.40	89.60
11.00	90.50	89.80
11.50	90.70	90.10
12.00	90.70	90.20
12.50	90.60	90.40
13.00	90.60	90.50
13.50	90.40	90.20

ตาราง 5 (ต่อ)

เวลาที่ให้ความร้อนกับน้ำ (นาที)	อุณหภูมิที่วัดได้จากการต้มน้ำ ด้วยถ่านไม้จากเตาแวนอน( $^{\circ}\text{C}$ )	อุณหภูมิที่วัดได้จากการต้มน้ำ ด้วยถ่านไม้จากเตาแวนอตั้ง( $^{\circ}\text{C}$ )
14.00	90.20	90.00
14.50	89.60	89.70
15.00	89.00	89.40
15.50	88.20	88.90
16.00	88.00	88.60
16.50	87.00	87.80
17.00	86.60	87.20
17.50	86.00	86.30
18.00	85.80	86.00

**หมายเหตุ :** ระยะเวลาในการทดสอบประสิทธิภาพถ่านไม้ด้วยการต้มน้ำ  
ระหว่างเวลา 18.00 – 19.00 น.

\* เวลาที่น้ำเริ่มเดือด

จากตารางและการเก็บข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของถ่านไม้กระถิน  
ยักษ์ที่ได้จากการเผาถ่านไม้จากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแวนอน กับชนิดแบบ  
แวนอตั้ง โดยใช้ ถ่านไม้กระถินยักษ์ที่ได้จากการเผาถ่านจากเตาเผาถ่านทั้ง 2 ชนิด เป็นเชื้อเพลิง  
ในการศึกษาด้วยวิธีการต้มน้ำ (Water Boiling Test) ร่วมกับการใช้เตาถ่านหุงต้มประสิทธิภาพสูง  
ตามรูปแบบของกระทรวงพลังงาน ใช้ถ่านไม้กระถินยักษ์ที่ได้จากเตาเผาถ่านทั้งสองชนิดน้ำหนัก  
0.5 กิโลกรัมต่อเตา อุณหภูมิภายนอก ณ เวลาการทดสอบด้วยวิธีต้มน้ำ  $32.0^{\circ}\text{C}$  ภาชนะที่ใช้ใส่  
น้ำเป็นภาชนะอลูมิเนียมขนาด 22 นิ้ว ปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบ 1,000 กรัมต่อภาชนะ ผลการทดลอง  
พบว่าอุณหภูมิที่น้ำเริ่มเดือดของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้ถ่านไม้กระถินยักษ์จากเตาเผาถ่าน  
ขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบเตานอน มีอุณหภูมิ  $83.60^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 05.50 นาที (5 นาที 30  
วินาที) เทียบกับเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้ถ่านไม้กระถินยักษ์จากเตาเผาถ่านขนาด 200  
ลิตร ชนิดแบบเตาตั้ง มีอุณหภูมิ  $83.40^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 06.00 นาที (6 นาที) และปริมาณน้ำที่เหลือ



จากการให้ความร้อนเป็นเวลา 18 นาที ถ่านไม้กระถินยักษ์จากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ทั้ง 2 แบบ สามารถระเหยน้ำได้ประมาณ 600 กรัม และ 500 กรัม ตามลำดับ

นำผลที่ได้จากตารางและข้อมูลมาคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านไม้กระถินยักษ์ที่ได้จากการเผาถ่านจากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดแบบแนวนอน และชนิดแบบแนวตั้ง ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับ}}{\text{ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงที่ให้}} \times 100$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งาน} = \frac{M_c(T_2 - T_1) + (M_f) L}{M_f H} \times 100$$

เมื่อ	M =	น้ำหนักน้ำเริ่มต้น, กรัม
	M <sub>1</sub> =	น้ำหนักน้ำที่เหลือหลังการเดือด, กรัม
	M <sub>f</sub> =	น้ำหนักของเชื้อเพลิง, กรัม
	C <sub>p</sub> =	ความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
	T <sub>1</sub> =	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ, °C
	T <sub>2</sub> =	อุณหภูมิของน้ำเดือด, °C
	L =	ค่าความร้อนแฝงของน้ำเท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม
	H =	ค่าความร้อนของถ่านไม้กระถินยักษ์เท่ากับ 7,430 แคลอรี/กรัม

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งานถ่านไม้} = \frac{1000 \times 1(83.60 - 31.00) + 600 \times 540}{500 \times 7,430} \times 100$$

จากเตาเผาถ่านชนิดแนวนอน

$$= 10.14 \%$$

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้งานถ่านไม้} = \frac{1000 \times 1(83.60 - 31.00) + 600 \times 540}{500 \times 7,430} \times 100$$

จากเตาเผาถ่านชนิดแนวตั้ง

$$= 8.68 \%$$

### การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จากการทราบค่าผลผลิตและอัตราการผลิตถ่านไม้กระถินยักษ์ ที่ได้จากเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ทั้ง 2 รูปแบบ สามารถนำมาเปรียบเทียบค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ โดยการตั้งสมมุติฐานจากการใช้งานในการเผาถ่านไม้ โดยที่เตาเผาถ่านแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 1 ปี และราคาถ่านไม้เฉลี่ย 8 บาท/กิโลกรัม จะได้ผลการเปรียบเทียบค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

- เตาเผาถ่านแบบแนวนอน มีค่าผลผลิตถ่านไม้ 20.1 % และมีอัตราการผลิตถ่านไม้ 2.3 กิโลกรัม/ชั่วโมง ระยะเวลาในการเผาถ่านครั้งละ 6.1 ชั่วโมง ช่วงเวลาในการทำให้ถ่านไม้เย็นตัวประมาณ 8 ชั่วโมง สามารถเผาถ่านไม้ได้วันละ 1 ครั้ง (ระหว่างเวลา 11.00 - 17.00 น.)
- เตาเผาถ่านแบบแนวตั้ง มีค่าผลผลิตถ่านไม้ 17.3 % และมีอัตราการผลิตถ่านไม้ 5.4 กิโลกรัม/ชั่วโมง ระยะเวลาในการเผาถ่าน 2.2 ชั่วโมง/ครั้ง ช่วงเวลาในการทำให้ถ่านไม้เย็นตัวประมาณ 3 ชั่วโมง สามารถเผาถ่านไม้ได้วันละ 2 ครั้ง (ระหว่างเวลา 06.00 - 11.00 น. และระหว่างเวลา 13.00 - 18.00 น.)

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ระหว่างแบบแนวนอนกับแบบแนวตั้ง

ประเภทของเตาเผาถ่าน	ผลผลิตถ่าน (%)	อัตราการผลิตถ่าน (กก./ชม.)	เวลาที่ใช้ในการเผาถ่าน (ชม.)	จำนวนครั้งในการเผาถ่าน (ครั้ง/วัน)	ปริมาณถ่านที่ได้ (กก./ปี)	มูลค่าของถ่านไม้ที่จำหน่าย (บาท/ปี)
แบบนอน	20.1	2.3	6.1	1	5,121	40,968
แบบตั้ง	17.3	5.4	2.2	2	8,672	69,379