

## บทที่ 4

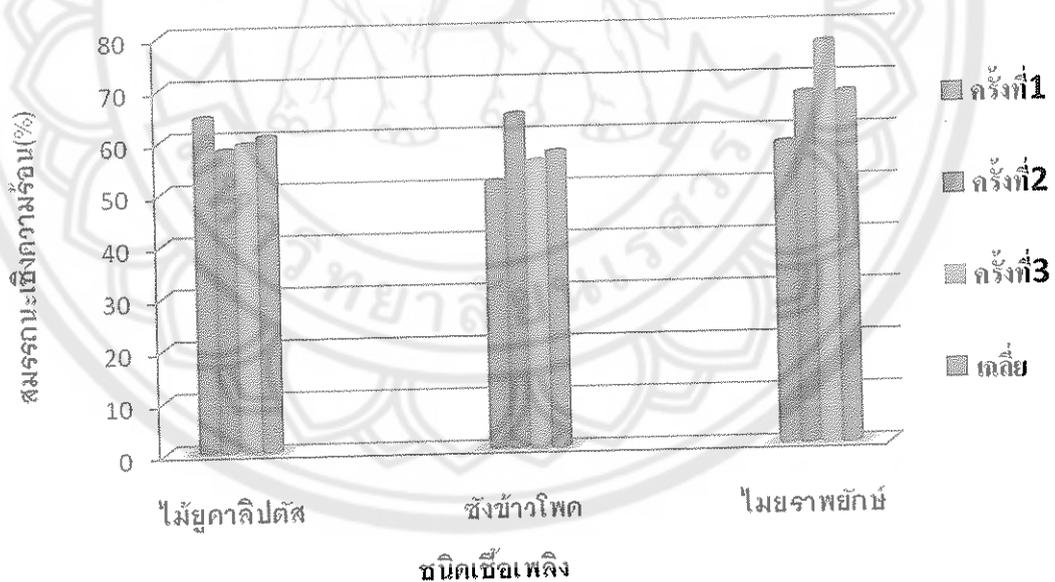
### ผลการวิจัย

#### การประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวลขนาดเล็ก

ผลการวิจัยการศึกษาสมรรถนะสมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวลขนาดเล็กแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ผลการทดลองสมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวล, ผลการศึกษาการสูญเสียความร้อนในรูปแบบต่างๆ ของหม้อไอน้ำ

1. ผลการทดลองสมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวล โดยการใช้เชื้อเพลิงแข็ง 3 ชนิด คือ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไมยราพยักษ์ และซังข้าวโพด มีผลการทดลองดังในภาคผนวก ก นี้

จากผลการทดลองข้างต้นสรุปผลการศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวลโดยใช้เชื้อเพลิง 3 ชนิด ได้ดังภาพ 21 นี้



ภาพ 26 สมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวลขนาดเล็กกำลังการผลิตสูงสุด 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ไมยราพยักษ์ และซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง

จากภาพข้างต้นพบว่าสมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำชีวมวลขนาดเล็กนี้ เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกันแล้ว สมรรถนะเชิงความร้อนมีความสามารถแตกต่างกัน คือ ไม้เมาะราพยักษ์มีค่าสูงสุดคือ ร้อยละ 67.11 รองลงมาคือ ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับร้อยละ 60.40 ส่วนเชื้อเพลิงที่มีค่าต่ำสุดคือซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับร้อยละ 56.57

#### วิธีวิเคราะห์ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนหม้อไอน้ำชีวมวลขนาดเล็กดังนี้

จากผลการทดลองของเชื้อเพลิงชีวมวลทั้ง 3 ชนิด สามารถนำมาวิธีวิเคราะห์ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนหม้อไอน้ำชีวมวลขนาดเล็ก ตามสมการที่ 8 ในหัวข้อสมรรถนะหม้อไอน้ำ หน้า 20 เมื่อพิจารณาปริมาตรของสารที่มีสถานะเป็นของผสมอัดตัว ตามความสัมพันธ์ดังสมการที่ 6 หน้า 19 ผลการทดลองดังตารางสรุปข้างล่างนี้



ตาราง 6 สรุปคุณภาพไอน้ำของเชื้อเพลิงไม้มูลคาลิปดัส

$P_g$ (kg/cm <sup>2</sup> )	t(second)	กำ (kg/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> /kg)	x	vapor	h (kJ/kg)
15	60	0.0500	0.0059	8.4565	0.118252	0.94	Sat. Mix	2675.06
14	135	0.0493	0.0061	8.0397	0.1246	0.94	Sat. Mix	2682.90
13	150	0.0489	0.0062	7.8757	0.1271	0.92	Sat. Mix	2626.50
12	240	0.0478	0.0068	7.0701	0.1419	0.93	Sat. Mix	2655.10
11	214	0.0469	0.0073	6.4546	0.1553	0.95	Sat.	2686.84
10	270	0.0461	0.0079	5.8706	0.1707	0.97	Sat.	2713.01
9	288	0.0452	0.0079	5.7823	0.1755	0.91	Sat. Mix	2589.60
8	300	0.0447	0.0090	4.9637	0.2019	0.96	Sat.	2686.53
7	348	0.0441	0.0101	4.3597	0.2298	0.96	Sat.	2694.41
6	420	0.0436	0.0113	3.8674	0.2588	0.98	Sat.	2716.19
5	420	0.0428	0.0127	3.3834	0.2965	0.96	Sat.	2666.79
4	552	0.0403	0.0145	2.7794	0.3603	0.98	Sat.	2714.33
3	540	0.0380	0.0165	2.3053	0.4355	0.97	Sat.	2680.07

หมายเหตุ: คุณภาพไอน้ำที่มีค่าตั้งแต่ 9.5 ให้เป็นไอน้ำอิ่มตัว

ตาราง 7 สรุปคุณสมบัติไอของเชื้อเพลิงไมยราพยักษ์

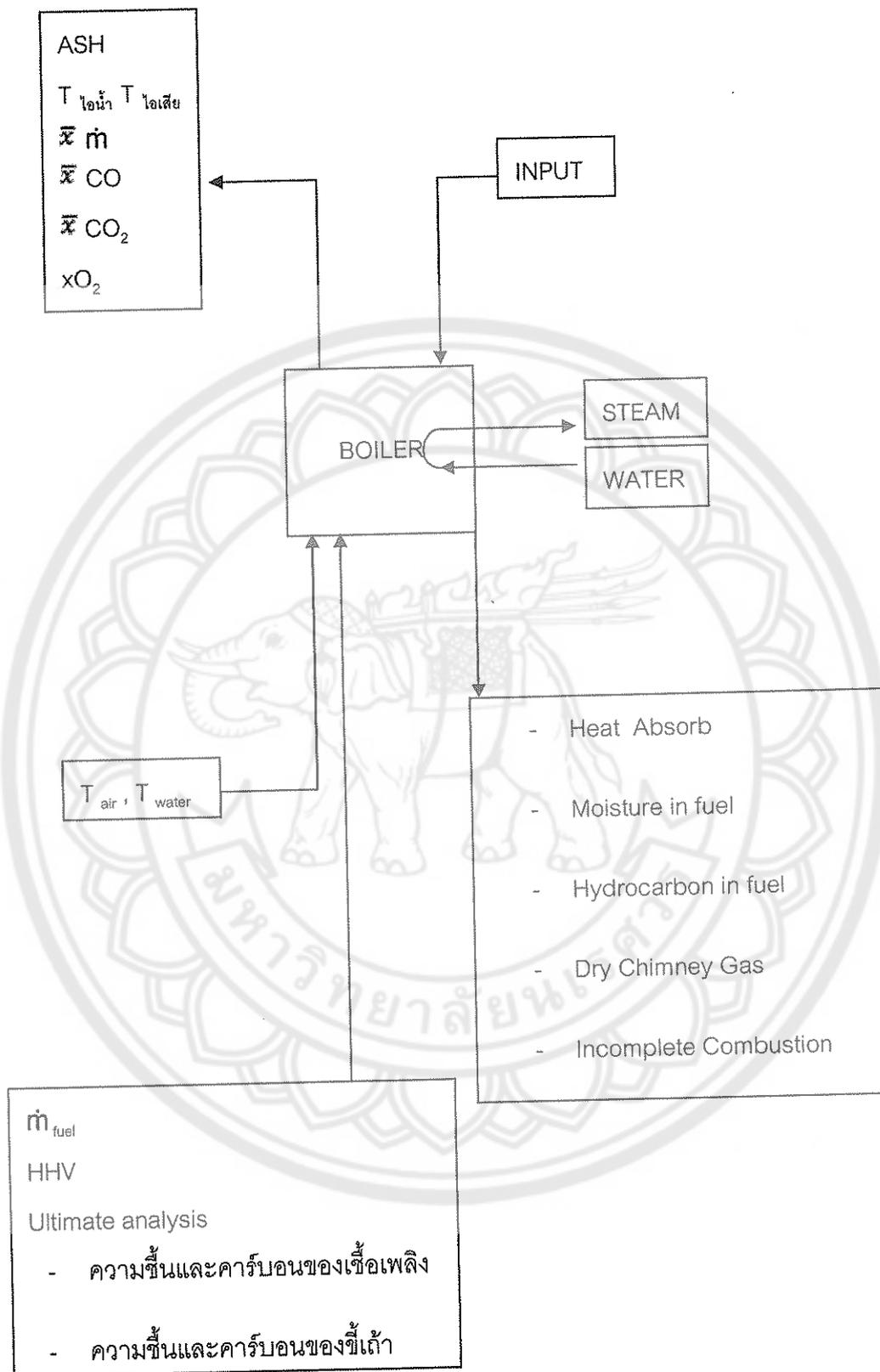
$P_g$ (kg/cm <sup>2</sup> )	t (second)	กิโล (kg/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> /kg)	x	vapor	h (kJ/kg)
15	60	0.0500	0.0059	8.4565	0.1183	0.94	Sat. Mix	2675.06
14	165	0.0492	0.0062	8.0115	0.1249	0.93	Sat. Mix	2658.83
13	270	0.0489	0.0066	7.4136	0.1350	0.94	Sat. Mix	2676.54
12	274	0.0477	0.0070	6.7895	0.1475	0.96	Sat.	2705.81
11	345	0.0472	0.0076	6.2379	0.1603	0.97	Sat.	2716.65
10	408	0.0462	0.0081	5.7178	0.1751	0.97	Sat.	2722.50
9	517.5	0.0454	0.0087	5.2168	0.1919	0.97	Sat.	2720.01
8	480	0.0446	0.0094	4.7739	0.2099	0.96	Sat.	2696.51
7	430	0.0444	0.0103	4.2970	0.2330	0.96	Sat.	2676.78
6	580	0.0436	0.0116	3.7519	0.2668	0.96	Sat.	2689.71
5	420	0.0423	0.0130	3.2495	0.3081	0.96	Sat.	2680.73
4	444	0.0399	0.0147	2.7248	0.3676	0.97	Sat.	2683.43
3	648	0.0377	0.0175	2.1596	0.4639	0.99	Sat.	2724.64

หมายเหตุ: คุณสมบัติไอที่มีค่าตั้งแต่ 9.5 ให้เป็นไอน้ำอิ่มตัว

ตาราง 8 สรุปคุณสมบัติไอของเชื้อเพลิงซึ่งขั่วโพด

$P_g$ (kg/cm <sup>2</sup> )	t(second)	กิโล (kg/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> /kg)	x	vapor	h (kJ/kg)
15	60	0.0497	0.0059	8.4095	0.1189	0.94	Sat. Mix	2685.33
14	135	0.0492	0.0061	8.0161	0.1249	0.93	Sat. Mix	2687.91
13	225	0.0484	0.0065	7.4127	0.1351	0.96	Sat.	2708.88
12	270	0.0481	0.0071	6.7678	0.1478	0.98	Sat.	2745.59
11	190	0.0470	0.0073	6.4650	0.1547	0.95	Sat.	2686.12
10	210	0.0460	0.0078	5.8911	0.1698	0.96	Sat.	2704.57
9	300	0.0453	0.0084	5.4036	0.1852	0.96	Sat.	2697.70
8	270	0.0445	0.0086	5.2702	0.1930	0.91	Sat. Mix	2582.71
7	270	0.0439	0.0102	4.3082	0.2324	0.95	Sat.	2672.15
6	312	0.0431	0.0112	3.8474	0.2602	0.97	Sat.	2691.35
5	330	0.0419	0.0122	3.4348	0.2921	0.96	Sat.	2672.78
4	396	0.0401	0.0143	2.8110	0.3562	0.97	Sat.	2690.62
3	570	0.0374	0.0159	2.3530	0.4258	0.98	Sat.	2695.35

หมายเหตุ: คุณสมบัติไอของน้ำที่ติดตั้งตั้งแต่ 9.5 ให้เป็นไออิ่มตัว



ภาพ 27 รายการข้อมูลและการคำนวณของการทำดุลพลังงานของหม้อไอน้ำ  
ตามมาตรฐาน ASME

ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยของการทดลองหม้อไอน้ำโดยใช้ต้นไมยราพยักษ์  
เป็นเชื้อเพลิง

1. ระยะเวลาทำการทดลอง	9	ชั่วโมง
2. ไอน้ำที่ปล່อยออกมาของหม้อไอน้ำ	154.09	กก./ชม.
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของไอน้ำผสมอิมตัว	156.68	°C
4. ความดันเฉลี่ยของไอน้ำผสมอิมตัว	5.64	กก./ชม. <sup>2</sup>
5. อุณหภูมิน้ำป้อน	64.83	°C
6. อัตราการป้อนเชื้อเพลิง	19.18	กก./ชม.
7. ชี้อัด	2.56	กก.
8. อุณหภูมิไอเสีย ณ ปล่องไฟ	142.69	°C
9. อุณหภูมิอากาศสำหรับเข้าห้องเผาไหม้	28.38	°C
10. อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้	28.38	°C
11. Ultimate analysis of fuel on an as-fired basis ;		
Carbon in fuel	54.23	%
Carbon in Ash	10.24	%
Hydrogen in fuel	6.1	%
Hydrogen in Ash	1.15	%
Moisture in Fuel	11.36	%
Moisture in Ash	7.06	%
12. Volme analysis of flue gases in percent (Orsat) ;		
CO <sub>2</sub> =	13.36 %	O <sub>2</sub> = 17.86 %
CO =	1.6 %	N <sub>2</sub> = 67.17 %
13. Higher heating value of fuel is	29,387	kJ/kg

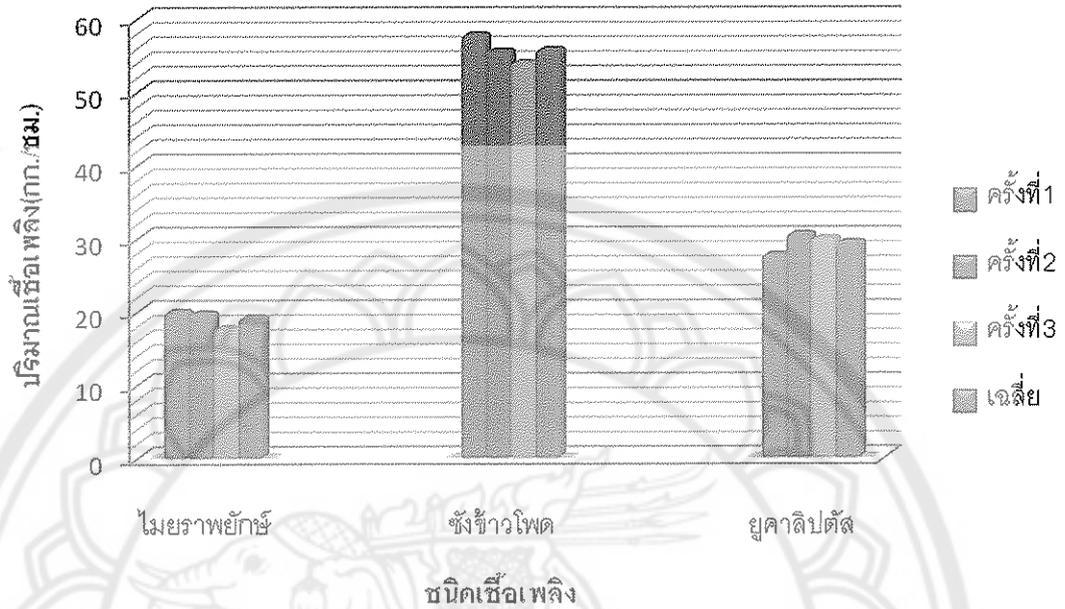
ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยของการทดลองหม้อไอน้ำโดยใช้ไม้ยูคาร์ลิปตัส  
เป็นเชื้อเพลิง

1. ระยะเวลาทำการทดลอง	9	ชั่วโมง
2. ไอน้ำที่ปล่อยออกมาของหม้อไอน้ำ	151.5	กก./ชม.
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของไอน้ำผสมอิมตัว	159.2	°C
4. ความดันเฉลี่ยของไอน้ำผสมอิมตัว	5.71	กก./ชม. <sup>2</sup>
5. อุณหภูมิน้ำป้อน	84.04	°C
6. อัตราการป้อนเชื้อเพลิง	29.45	กก./ชม.
7. ชี้อัด	3.93	กก.
8. อุณหภูมิไอเสีย ณ ปล่องไฟ	138.18	°C
9. อุณหภูมิอากาศสำหรับเข้าห้องเผาไหม้	30.66	°C
10. อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้	30.66	°C
11. Ultimate analysis of fuel on an as-fired basis ;		
Carbon in Fuel	54.99	%
Carbon in Ash	4.47	%
Hydrogen in fuel	6.19	%
Hydrogen in Ash	0.5	%
Moisture in Fuel	7.14	%
Moisture in Ash	3.33	%
12. Volme analysis of flue gases in percent (Orsat) ;		
CO <sub>2</sub> =	13.57 %	O <sub>2</sub> = 18.15 %
CO =	0.12 %	N <sub>2</sub> = 68.26 %
13. Higher heating value of fuel is	19,481	kJ/kg

ข้อมูลการทดลองเฉลี่ยของการทดลองหม้อไอน้ำโดยใช้ขังข้าวโพด  
เป็นเชื้อเพลิง

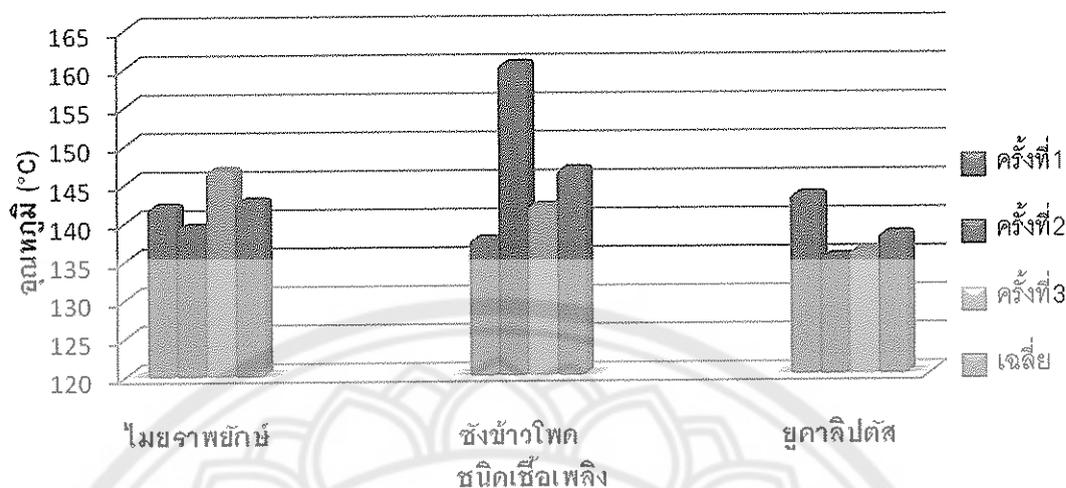
1. ระยะเวลาทำการทดลอง	9	ชั่วโมง
2. ไอน้ำที่ปล่อยออกมาของหม้อไอน้ำ	143.63	กก./ชม.
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของไอน้ำผสมอิมตัว	147.98	°C
4. ความดันเฉลี่ยของไอน้ำผสมอิมตัว	4.56	กก./ชม. <sup>2</sup>
5. อุณหภูมิน้ำป้อน	68.78	°C
6. อัตราการป้อนเชื้อเพลิง	55.78	กก./ชม.
7. ขี้เถ้า	7.52	กก.
8. อุณหภูมิไอเสีย ณ ปล่องไฟ	146.68	°C
9. อุณหภูมิอากาศสำหรับเข้าห้องเผาไหม้	30.73	°C
10. อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้	30.73	°C
11. Ultimate analysis of fuel on an as-fired basis ;		
Carbon in Fuel	54.02	%
Carbon in Ash	13.89	%
Hydrogen in fuel	6.08	%
Hydrogen in Ash	1.56	%
Moisture in Fuel	5.6	%
Moisture in Ash	2.86	%
12. Volme analysis of flue gases in percent (Orsat) ;		
CO <sub>2</sub> =	13.45 %	O <sub>2</sub> = 17.99 %
CO =	0.9 %	N <sub>2</sub> = 67.66 %
13. Higher heating value of fuel is	11,298	kJ/kg

### ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ของหม้อไอน้ำ



ภาพ 28 การใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด

เชื้อเพลิงที่ใช้มากที่สุดเมื่อเทียบปริมาณการใช้ต่อเวลา คือ ซังข้าวโพด ใช้เชื้อเพลิงทั้งสิ้น ประมาณ 55.78 กิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ ไมยราพยักษ์ ใช้เชื้อเพลิงทั้งสิ้นประมาณ 29.45 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และไมยราพยักษ์ใช้เชื้อเพลิงน้อยที่สุดในเวลาต่อ 1 ชั่วโมง เท่ากับประมาณ 19.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



ภาพ 29 อุณหภูมิไอเสียน้ำของเชื้อเพลิง 3 ชนิด

จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิไอเสียน้ำสามารถบอกให้ทราบลักษณะหม้อไอน้ำได้ว่าการสูญเสียความร้อนของหม้อไอน้ำมากน้อยเพียงใด จะสังเกตว่า หม้อไอน้ำนี้มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิไอเสียน้ำสูงสุดเมื่อใช้เชื้อเพลิงเป็นชั่งข้าวโพด ซึ่งผลการทดลองนี้ทำให้ทราบว่าควรเลือกใช้เชื้อเพลิงที่เป็นไม้เนื้อแข็งจะมีคุณภาพดีกว่า

## 2. การศึกษาการสูญเสียความร้อนในรูปแบบต่างๆ ของหม้อไอน้ำของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด

### 1. ปริมาณความร้อนที่หม้อไอน้ำดูดซับเอาไว้ได้

จากสมการที่ (17) 
$$H_1 = \frac{m_s (h - h_1)}{m_f}$$

โดย  $H_1$  = ปริมาณความร้อนที่หม้อไอน้ำดูดซับเอาไว้ในน้ำและไอน้ำ (kJ/kg<sub>fuel</sub>)

$m_s$  = อัตราการผลิตไอน้ำที่หม้อไอน้ำผลิตได้ (kg/hr)

$m_f$  = อัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ (kg/hr)

$h$  = เอนทาลปีจำเพาะที่สภาวะที่พิจารณาถึงคุณสมบัติเชิงไอน้ำ (kJ/kg)

$h_1$  = เอนทาลปีจำเพาะของน้ำเลี้ยงที่ป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ (kJ/kg)

การสูญเสียความร้อน การสูญเสียความร้อนมีหลายทางด้วยกันทั้งทางด้านอุปกรณ์ต่างๆ และการสูญเสียด้านอื่นๆ ซึ่งมีดังนี้

### 1. การสูญเสียความร้อนให้กับความชื้นในเชื้อเพลิง

$$\text{จากสมการที่ (18)} \quad H_2 = m_w (h_1 - h_1')$$

โดย  $H_2$  = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียให้กับความชื้นที่ปะปนในเชื้อเพลิง (kJ/kg<sub>fuel</sub>)

$m_w$  = ปริมาณความชื้นที่ปะปนในเชื้อเพลิง (kg/kg<sub>fuel</sub>)

$h_1$  = ค่าเอนทาลปีของไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ความดัน 0.069 บาร์ ที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของไอเสีย (kJ/kg)

$h_1'$  = ค่าเอนทาลปีของความชื้นที่อยู่ในสถานะของเหลวในอุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าสู่เตา (kJ/kg)

### 2. ความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ไฮโดรคาร์บอน

$$\text{จากสมการที่ (19)} \quad H_3 = W_H (h'' - h_1')$$

โดย  $H_3$  = ปริมาณความร้อนเนื่องจากไฮโดรเจนที่ปะปนในเชื้อเพลิง (kJ/kg<sub>fuel</sub>)

$W_H$  = ปริมาณมวลไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง (kg/kg<sub>fuel</sub>)

$h'', h_1'$  ใช้ค่าเดียวกันกับข้อ 2.1

### 3. ความร้อนสูญเสียเนื่องจากถูกพาออกไปทางปล่องไอเสีย

$$\text{จากสมการที่ (20)} \quad H_4 = M_{fg} C_p (t_g - t_{air})$$

โดยที่  $H_4$  = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากการพาของแก๊สร้อนที่ปล่องทิ้งทางปล่องไอเสีย มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม (kJ/kg<sub>fuel</sub>)

$M_{fg}$  = ปริมาณแก๊สร้อนที่อยู่ส่วนนอกของหม้อไอน้ำ (ออกพ้นจากหม้อไอน้ำ) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อกิโลกรัม (เชื้อเพลิง) (kg/kg<sub>fuel</sub>) ซึ่งมีสูตรสำเร็จดังนี้

$$\text{จากสมการที่ (21)} \quad M_{fg} = \frac{4CO_2 + O_2 + 700}{3(CO_2 + CO)} C_1$$

$$\text{จากสมการที่ (22)} \quad C_1 = \frac{m_1 C_1 - m_1 C_1}{m_1 100}$$

เมื่อ  $C_1$  = น้ำหนักคาร์บอนในเชื้อเพลิง เป็นหน่วยกิโลกรัมต่อกิโลกรัม (เชื้อเพลิง) ( $\text{kg}/\text{kg}_{\text{fuel}}$ )

$C_r$  = จำนวนคาร์บอนในเชื้อเพลิงโดยการวิเคราะห์ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$m_f$  = มวลของเชื้อเพลิงที่ตกลงเป็นขี้เถ้า มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

$C_r$  = จำนวนคาร์บอนที่มีอยู่ในขี้เถ้า มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

$C_p$  = ค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องไอเสียเป็น

ค่าเฉลี่ยของ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  และอื่นๆ ปกติค่าใช้ประมาณ  $1.094 \text{ kJ}/\text{kg K}$

$t_g$  = อุณหภูมิแก๊สไอเสียที่ออกจากหม้อไอเสีย มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (K)

$t_a$  = อุณหภูมิของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (K)

#### 4. ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

$$\text{จากสมการ (24)} \quad H_5 = \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} 23,637C_1$$

โดยที่  $H_5$  = ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม (เชื้อเพลิง) ( $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{fuel}}$ )

$C_1$  ใช้ค่าเดียวกับข้อ 2.3

ส่วนค่า  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  หาได้จากการวิเคราะห์ไอเสีย มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรไอเสีย

#### 5. ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด

$$\text{จากสมการ (25)} \quad H_6 = \frac{33,826m_f C_1}{m_f}$$

โดยที่  $H_6$  = ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมด มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม (เชื้อเพลิง) ( $\text{kJ}/\text{kg}_{\text{fuel}}$ )

$m_f$  = มวลของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อกิโลกรัม (เชื้อเพลิง) ( $\text{kg}/\text{kg}_{\text{fuel}}$ )

$C_1$  = ปริมาณคาร์บอนที่มีในเชื้อเพลิง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อกิโลกรัม (เชื้อเพลิง) ( $\text{kg}/\text{kg}_{\text{fuel}}$ )

## 6. การสูญเสียความร้อนเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ

$$\text{จากสมการ (26)} \quad H_7 = F - H_1 - H_2 - H_3 - H_4 - H_5 - H_6 \text{ kJ/kg}_{\text{fuel}}$$

ตาราง 9 การสูญเสียความร้อนในรูปแบบต่างๆ ของหม้อไอน้ำ  
โดยใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิง

รายการ	KJ/kg	%
Heat Absorb; $H_1$	12027.73	61.69
Moisture in Fuel; $H_2$	170.46	0.87
Hydrocarbon in Fuel; $H_3$	1262.56	6.48
Dry Chimney Gas; $H_4$	2150.83	11.04
Incomplete Combustion; $H_5$	130.00	0.67
Combustion in Refuse; $H_6$	25.05	0.13
Other Losses; $H_7$	4860.23	24.95
รวม	19481.00	100.00

จากตารางข้างต้น พบว่า การสูญเสียของการวิเคราะห์ด้วยเชื้อเพลิงไม้ยูคาลิปตัส โดยหม้อไอน้ำดูดซับความร้อนเอาไว้มีค่าสูงถึง 61.69 % การสูญเสียที่น้อยที่สุดคือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมดคือ 0.13% ความร้อนสูญเสียเนื่องจากถูกพาออกไปทางปล่องไอเสียมีค่าสูงถึง 11.04 % และพบว่าเกิดการสูญเสียความร้อนในรูปแบบอื่นๆ มีค่าคือ 24.95%

ตาราง 10 การสูญเสียความร้อนในรูปแบบต่างๆ ของหม้อไอน้ำ โดยใช้ไม้ไมยราพักษ์  
เป็นเชื้อเพลิง

รายการ	KJ/kg	%
Heat Absorb;H <sub>1</sub>	19422.00	66.09
Moisture in Fuel;H <sub>2</sub>	281.54	0.96
Hydrocarbon in Fuel;H <sub>3</sub>	1306.10	4.44
Dry Chimney Gas;H <sub>4</sub>	1250.55	4.26
Incomplete Combustion;H <sub>5</sub>	1404.04	4.78
Combustion in Refuse;H <sub>6</sub>	50.15	0.17
Other Losses;H <sub>7</sub>	5672.62	19.30
รวม	29387.00	100.00

จากตารางข้างต้นพบว่า การดูดซับความร้อนของหม้อไอน้ำโดยใช้เชื้อเพลิงไม้ไมยราพักษ์มีค่าเท่ากับ 66.09% การสูญเสียความร้อนที่สูงที่สุดคือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 4.78% ส่วนการสูญเสียที่น้อยที่สุดคือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมดมีค่าเท่ากับ 0.17 % และความร้อนสูญเสียเนื่องจากสาเหตุอื่นมีค่าเท่ากับ 19.30%

ตาราง 11 การสูญเสียความร้อนในรูปแบบต่างๆ ของหม้อไอน้ำ  
โดยใช้ซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง

รายการ	KJ/kg	%
Heat Absorb;H <sub>1</sub>	6074.79	53.76
Moisture in Fuel;H <sub>2</sub>	155.53	1.38
Hydrocarbon in Fuel;H <sub>3</sub>	1276.41	11.30
Dry Chimney Gas;H <sub>4</sub>	2274.41	20.13
Incomplete Combustion;H <sub>5</sub>	765.84	6.78
Combustion in Refuse;H <sub>6</sub>	70.94	0.63
Other Losses;H <sub>7</sub>	680.08	6.02
รวม	11298.00	100.00

จากตารางข้างต้นพบว่า การดูดซับความร้อนของหม้อไอน้ำ 53.76% การสูญเสียความร้อนที่สูงที่สุดคือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากถูกพาออกไปทางปล่องไอเสียมีค่าเท่ากับ 20.13% ส่วนการสูญเสียที่น้อยที่สุดคือ ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมดมีค่าเท่ากับ 0.63 % และความร้อนสูญเสียเนื่องจากสาเหตุอื่นมีค่าเท่ากับ 6.02%

#### จากผลการทดลองพบว่า

1. คุณภาพไอน้ำของแต่ละเชื้อเพลิงมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ย คือ ไนโตรเจนออกไซด์มีค่าเท่ากับ 0.96 ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 0.95 และซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 0.96
2. ปริมาณความร้อนที่หม้อไอน้ำดูดซับเอาไว้ได้ของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด คือ ไนโตรเจนออกไซด์ มีค่าเท่ากับ 66.09% ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 61.69% และซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 53.76%
3. ซังข้าวโพดเกิดการสูญเสียความร้อนในรูปแบบอื่นๆ น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ส่วนไม้ยูคาลิปตัสมีการการสูญเสียความร้อนในรูปแบบอื่นๆ มากที่สุดคือ 24.95%

4. ผลการทดลองทั้ง 3 เชื่อเพลิงพบว่าความร้อนสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมดเป็นการสูญเสียความร้อนที่น้อยที่สุด คือไม้ไผ่รพยักซ์มีค่าเท่ากับ 0.17 % ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 0.13 % และซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 0.63 %

### การวิเคราะห์การเผาไหม้

1. อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง(จากสมการที่ 28)

$$\text{โดย } (A/F)_{\text{stol}} = \frac{\text{Air}_{\text{use}}}{\text{Fuel}_{\text{use}}}$$

$\text{Air}_{\text{use}}$  = ปริมาณอากาศที่ใช้

$\text{Fuel}_{\text{use}}$  = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้

2. อัตราส่วนสมมูล (equivalence ratio)

$$\text{โดย } \phi_{\text{fuel}} = \frac{y_{\text{fuel}}/y_{\text{Air}}}{(y_{\text{fuel}}/y_{\text{Air}})_{\text{stol}}} \quad (29)$$

$y$  = มวล

3. เปอร์เซนต์อากาศทางทฤษฎี (percent theoretical air)

$$\text{โดย } \% \text{AIR}_{\text{Theo}} = \frac{100}{\phi_{\text{fuel}}} \quad (30)$$

•  $\text{Air}_{\text{Theo}}$  = เปอร์เซนต์อากาศทางทฤษฎี

•  $\phi_{\text{fuel}}$  = อัตราส่วนสมมูล

4. เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน (percent excess air)

$$\% \text{AIR}_{\text{excess}} = \frac{100}{\phi_{\text{fuel}}} - 100 \quad (30)$$

โดย

•  $\% \text{AIR}_{\text{excess}}$  = เปอร์เซนต์อากาศส่วนเกิน

•  $\frac{100}{\phi_{\text{fuel}}}$  = เปอร์เซนต์อากาศทางทฤษฎี

จากการวิเคราะห์ข้างต้นได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์หีไอเสีย

รายการ เชื้อเพลิง	$A/F_{stoi}$	$A/F$	$\phi_{fuel}$	% AIR <sub>Theo</sub> (%)	% AIR <sub>excess</sub> (%)
ไมยราพยักษ์	8.29	8.16	1.0157	98.45	-1.54
ยูคาลิปตัส	8.40	8.27	0.9843	98.43	-1.57
ซังข้าวโพด	8.25	8.13	1.0160	98.43	-1.58

เชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด คือ ไมยราพยักษ์ ยูคาลิปตัส และซังข้าวโพด เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินติดลบ ซึ่งตามทฤษฎีการเผาไหม้จะสมบูรณ์และเป็นค่าที่เหมาะสมต่อเมื่อมีค่าอยู่ในช่วง 1-30%