

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส และขั้นตอนการนำโปรดิวเซอร์แก๊สไปใช้ในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊ส

1.1.1 เตาแก๊สซิฟิเคชันชนิดไหลลง (downdraft gasifier) [4] ขนาดปริมาตร 0.28 m³ ดังภาพ 8 และ 11 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

- ถังบรรจุเชื้อเพลิง (fuel hopper) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm ความสูงรวมทั้งสิ้น 125 cm แบ่งออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนสูงประมาณ 30 cm ภายในหล่อด้วยปูนทนไฟหนา 3 cm ส่วนบนสุดจะเป็นช่องใส่เชื้อเพลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm เมื่อประกอบถังบรรจุเชื้อเพลิงเข้าด้วยกันจะทำให้ปะเก็นป้องกันการรั่วซึมขนาด 1 cm และ ซีลโคลนบุระหว่างชั้นเพื่อป้องกันการรั่วซึมแล้วยึดรอบโดยใช้น้ำอัดขนาด 9.5 mm

- ชั้นเผาไหม้และชั้นรีดักชั่น โครงสร้างภายนอกสร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm ความสูง 55 cm ภายในชั้นเผาไหม้และชั้นรีดักชั่น สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 5 mm หุ้มโดยรอบด้วยปูนทนไฟหนา 5 cm หัวฉีดอากาศทำจากสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 mm จำนวน 6 ตัว ส่วนคอด (throat) หรือ check plate ใช้แผ่นสแตนเลส หนา 9 mm เส้นผ่านศูนย์กลางช่องว่าง 8.5 cm ด้านล่างสุดเป็นตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงทำจากเหล็กเส้นขนาด 9 mm ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเส้น 6 mm

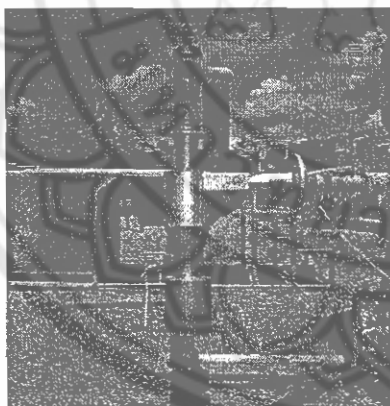
- ชั้นเก็บเถ้า (ash pit) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกสูง 20 cm พื้นรองรับเถ้าเป็นเหล็กแผ่นหนา 6 mm

1.1.2 ไซโคลน (cyclone) สร้างจากแผ่นสแตนเลส หนา 1 mm ม้วนเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ความสูง 40 cm ช่องแก๊สเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2x4 cm ดังภาพ 9 และ 12

1.1.3 พัดลมป้อนอากาศ (blower) เป็นพัดลมแบบเหวี่ยง (centrifugal fan) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ควบคุมปริมาณอากาศด้วยการใช้วาล์วผีเสื้อ ดังภาพ 10



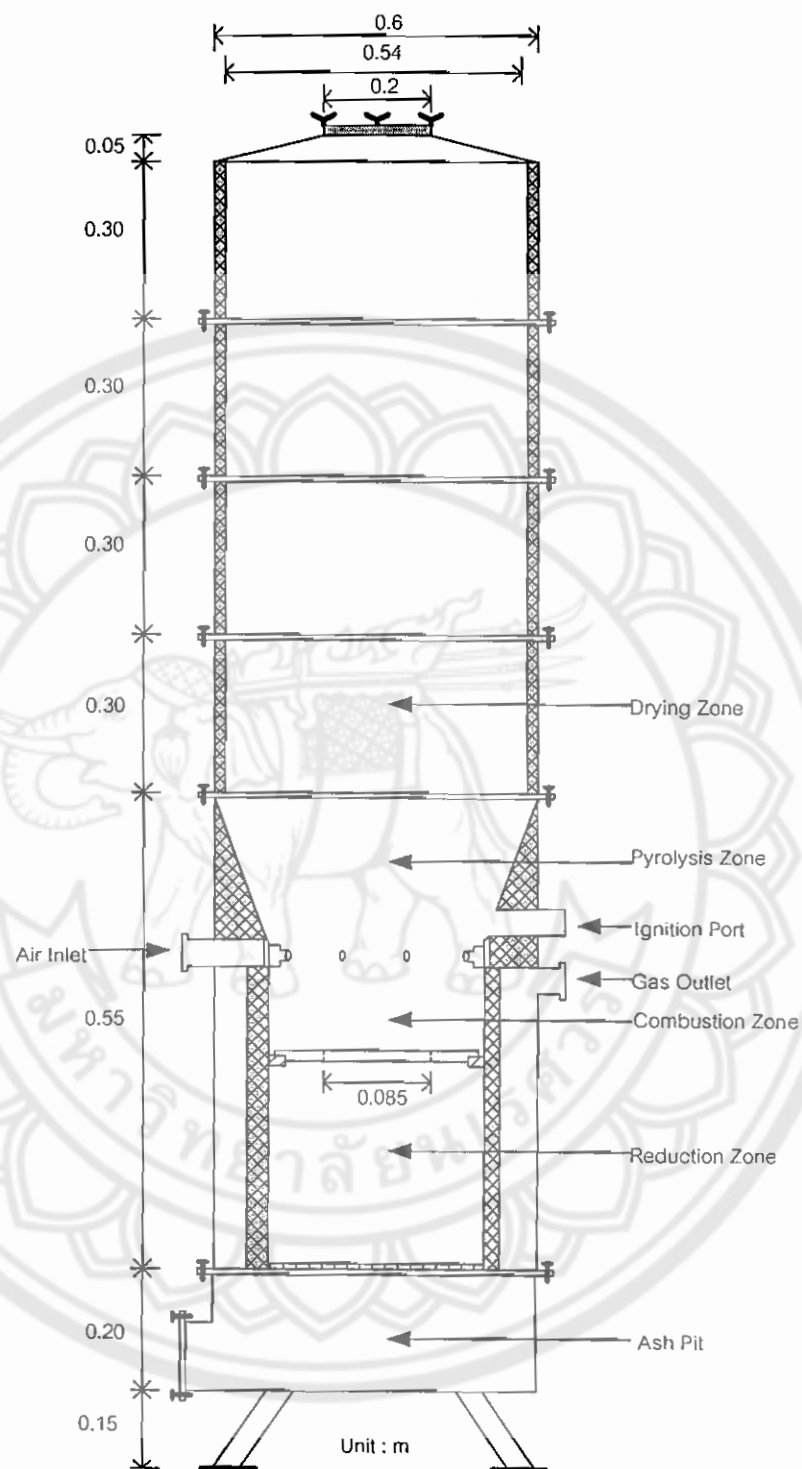
ภาพ 8 เตาแก๊สซีฟิเออร์ชนิดอากาศไหลลง



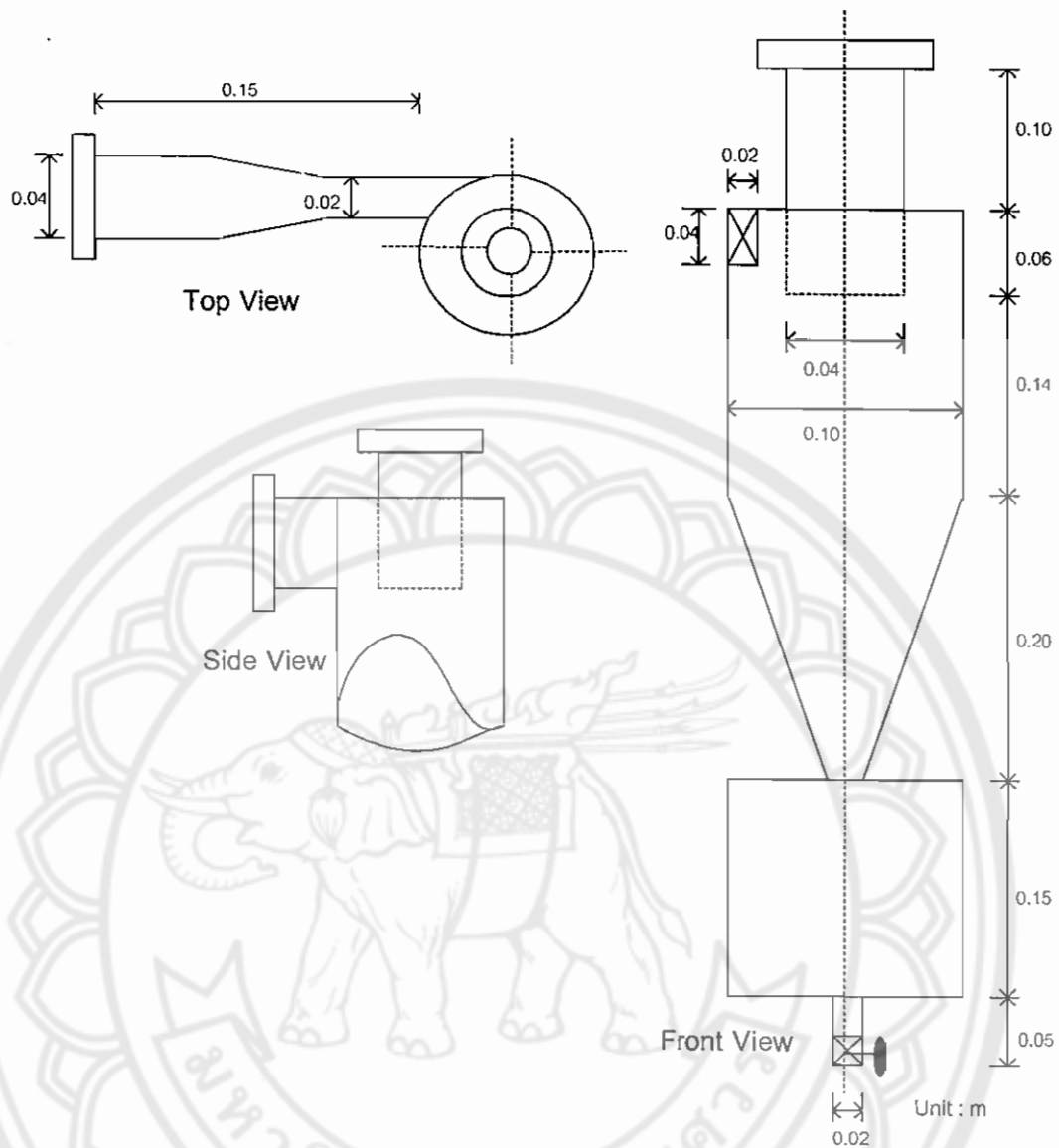
ภาพ 9 ไซโคลน



ภาพ 10 พัดลมป้อนอากาศ

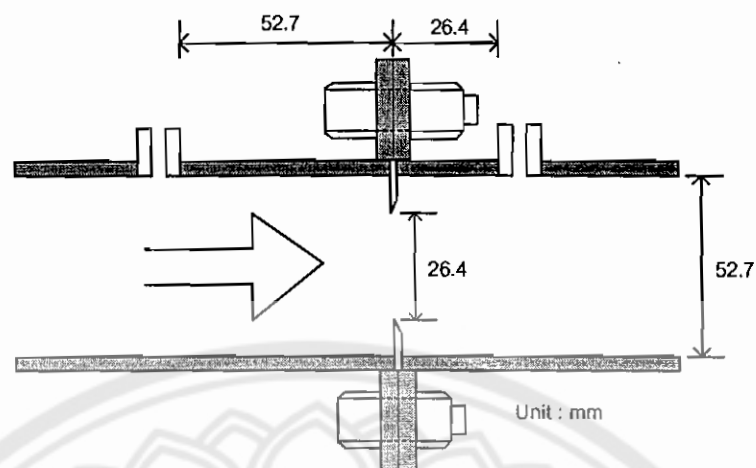


ภาพ 11 แบบของเตาแก๊สซิฟิเคชันอากาศไหลลง



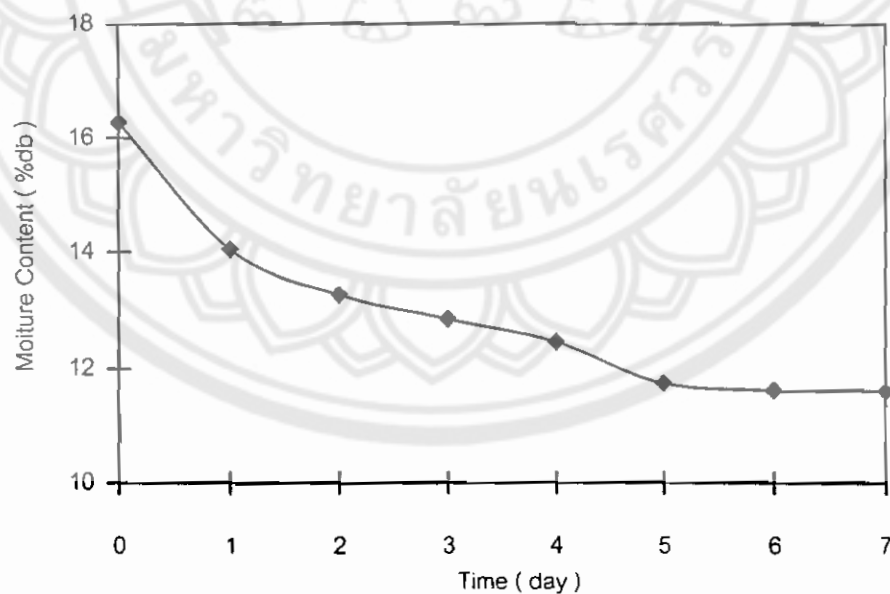
ภาพ 12 แบบของไซโคลน

1.1.4 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (flow meter) ในการวัดอัตราการไหลของอากาศใช้วิธี orifice plate with radius tapping ดังภาพ 13 ซึ่งจะใช้ร่วมกับ manometer หลอดแก้วรูปตัวยูภายในบรรจุน้ำ เพื่อวัดความดันแตกต่างของออริฟิซ จะใช้ร่วมกับเครื่องวัดความเร็วอากาศในท่อแบบ hot wire ของบริษัท TSI INCORPORATION โมเดล 8345 และแสดงการคำนวณอัตราการไหลแสดงในภาคผนวก ค



ภาพ 13 แบบของออริฟิสเพลต (orifice plate)

1.1.5 เชื้อเพลิง (fuel) ใช้กะลามะพร้าวขนาดประมาณ 5-8 cm และเนื่องจากกะลามะพร้าวยังมีค่าความชื้นสูงอยู่จึงต้องมีการลดความชื้นก่อน โดยการตากแดดพบว่าหลังจากผ่านการตากแดดมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 วัน ค่าความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งมีค่าความชื้นประมาณร้อยละ 11 มาตรฐานแห่ง ดังภาพ 14 ดังนั้นจึงเลือกใช้กะลามะพร้าวที่ผ่านการตากแดดมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 วัน มาทำการทดลอง



ภาพ 14 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกะลามะพร้าว



ภาพ 15 กะลามะพร้าวทำการทดลอง

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อน

ในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนจะทำการออกแบบตู้อบแห้งสำหรับอบแห้งชาเขียวใบหม่อนที่ใช้โปรติวเซอร์แก๊สเป็นแหล่งพลังงาน โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

การออกแบบตู้อบแห้งชาเขียวใบหม่อน

เนื่องจากในอุตสาหกรรมการผลิตชาเขียวใบหม่อนจะใช้ตู้อบแก๊สที่มีขนาด 65x180x190 cm ใส่ถาดผลิตภัณฑ์ได้ 20 ถาด ดังนั้นในการออกแบบตู้อบแห้งชาเขียวใบหม่อนจะมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมการผลิตชาเขียวใบหม่อนซึ่งมีขนาด 65x90x190 cm ดังภาพ 17-19 จะประกอบด้วยห้องอบแห้งขนาด 55x70x130 cm ดังภาพ 18 ที่สามารถบรรจุถาดใส่ผลิตภัณฑ์ขนาด 55x70x5 cm ได้จำนวน 10 ถาด ดังภาพ 18 และภาพ 21 (ก) ห้องเผาไหม้ขนาด 55x80x30 cm ดังภาพ 18 และภาพ 21 (ง) และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งใช้โปรติวเซอร์แก๊สเป็นแหล่งให้ความร้อนผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งแบบแผ่นและแบบท่อ ดังภาพ 21 (ข) และภาพ 21 (ค) ก่อนเข้าสู่ตู้อบแห้ง โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

การคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออก

ในกระบวนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนจะต้องระเหยนํ้าออกจากชาเขียวใบหม่อนเพื่อให้ได้ระดับความชื้นสุดท้ายตามต้องการและสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากชาเขียวใบหม่อนได้ดังนี้

ชาเขียวใบหม่อน	10 kg
ความชื้นเริ่มต้น	75 % wb
ความชื้นสุดท้าย	4 % wb

$$\text{จาก } W_f = W_i \frac{(100 - M_i)}{(100 - M_f)}$$

เมื่อ W_f = น้ำหนักชาเขียวใบหม่อนภายหลังการอบแห้ง, kg

W_i = น้ำหนักชาเขียวใบหม่อนก่อนการอบแห้ง, kg

M_f = ความชื้นชาเขียวใบหม่อนภายหลังอบแห้ง, %wb

M_i = ความชื้นชาเขียวใบหม่อนก่อนอบแห้ง, %wb

$$\begin{aligned} W_f &= 10 \frac{(100 - 75)}{(100 - 4)} \\ &= 2.60 \text{ kg} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณน้ำที่จะต้องการระเหยออกจากกระบวนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนจำนวน 10 kg เท่ากับ 7.40 kg

การคำนวณปริมาณอากาศแห้งที่จะต้องใช้

อุณหภูมิแวดล้อม	30 °C
ความชื้นสัมพัทธ์	70 %
มีอัตราส่วนความชื้น	0.019 kg-H ₂ O/kg-dry air
อุณหภูมิที่ต้องใช้ออบแห้ง	110 °C
เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง	1 hr

เมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งอุณหภูมิเหลือ $45\text{ }^{\circ}\text{C}$
 มีอัตราส่วนความชื้น $0.048\text{ kg-H}_2\text{O/kg-dry air}$
 ดังนั้นปริมาณน้ำที่สามารถดึงออกมาได้ต่ออากาศแห้ง 1 kg คือ

$$= 0.048 - 0.019$$

$$= 0.029\text{ kg-H}_2\text{O/kg-dry air}$$

เพราะฉะนั้นปริมาณน้ำ 7.40 kg จะต้องใช้ปริมาณอากาศแห้ง

$$= 7.40/2.90$$

$$= 255.17\text{ kg-dry air}$$

อากาศอุณหภูมิ 110°C มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.922 kg/m^3
 ดังนั้นปริมาณอากาศแห้งที่ต้องใช้

$$= 255.17/0.922$$

$$= 276.75\text{ m}^3$$

เวลาที่ใช้อบแห้ง 1 ชั่วโมงจะต้องใช้ปริมาณอากาศ

$$= 276.75/3600\text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0.077\text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0.08\text{ kg/s}$$

การคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องใช้

อุณหภูมิอากาศขาเข้า, T_{ci} $30\text{ }^{\circ}\text{C}$
 อุณหภูมิอากาศขาออก, T_{co} $110\text{ }^{\circ}\text{C}$
 คิดเป็นอัตราการไหล, m' 0.08 kg/s
 อากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ยอากาศเข้าและออก $70\text{ }^{\circ}\text{C}$
 ความจุความร้อนจำเพาะ (C_p) 1.023 kJ/kg K

$$Q = m' C_p (\Delta T)$$

$$= 0.079 \times 1.007 \times 10^3 \times (70)$$

$$= 5.64\text{ kW}$$

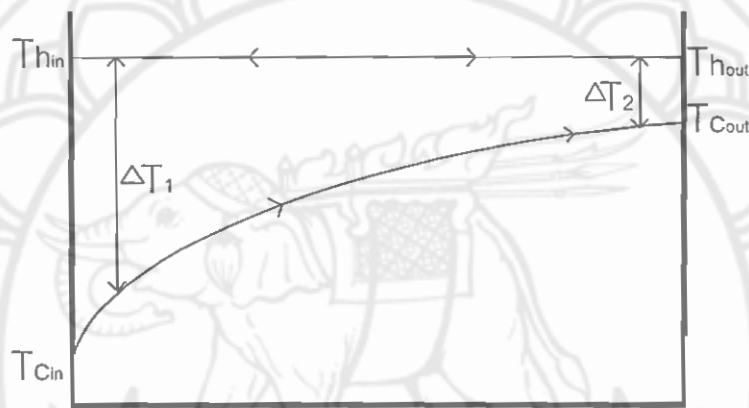
เพราะฉะนั้นปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อนจำนวน 10 kg จะต้องไม่น้อยกว่า 5.64 kW

การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเลือกใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นและแบบท่อ ซึ่งสามารถออกแบบได้ดังนี้

การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

ในการออกแบบจะกำหนดให้อุณหภูมิกระแสร้อนมีค่าคงที่ โดยมีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 55x70 cm ดังภาพ 21 (ค) และเลือกใช้การวิเคราะห์แบบ log-mean temperature difference $(\Delta T)_{lm}$ [7],[26] ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้



ภาพ 16 กระแสอุณหภูมิของไหล

$$\begin{aligned}
 LMTD &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \\
 &= \frac{(T_{ho} - T_{co}) - (T_{hi} - T_{ci})}{\ln[(T_{ho} - T_{co}) / (T_{hi} - T_{ci})]} \\
 &= \frac{(600 - 110) - (600 - 30)}{\ln[(600 - 110) / (600 - 30)]} \\
 &= \frac{490 - 570}{\ln(490 / 570)} \\
 &= \frac{-80}{-0.1512} \\
 &= 528.99
 \end{aligned}$$

สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบอากาศสู่อากาศ จะมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมอยู่ในช่วง $10-40 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ดังตาราง 1 และในการออกแบบจะเลือกค่าคงที่เท่ากับ $10 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในการคำนวณซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำสุด

ตาราง 1 ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม [28]

Physical situation	U, $\text{W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Brick exterior wall, plaster interior, uninsulated	2.55
Frame exterior wall, plaster interior:uninsulated	1.42
Wool rock-wool insulation	0.4
Plate-glass window	6.2
Double plate-glass window	2.3
Steam condenser	1,100-5,600
Feedwater heater	1,100-8,500
Freon-12 condenser with water coolant	280-850
Water-to-water heat exchanger	850-1700
Finned-tube heat exchanger, water in tube, air across tubes	25-55
Water-to-oil heat exchanger	110-350
Steam to light fuel oil	170-340
Steam to heavy fuel oil	56-170
Steam to kerosene or gasoline	280-1140
Finned-tube heat exchanger, steam in tubes, air over tubes	28-280
Ammonia condenser, water in tubes	850-1400
Alcohol condenser, water in tubes	255-680
Gas-to-gas heat exchanger	10-40

ดังนั้นสามารถคำนวณค่าความร้อนที่ได้จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นได้

ดังนี้

$$Q = UA (\Delta T)_{Lm}$$

$$Q = 10 \times 0.385 \times 528.99$$

$$Q = 2.036 \text{ kW}$$

เพราะฉะนั้นค่าความร้อนที่ได้จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อจะต้องไม่น้อยกว่า $5.64 - 2.036 = 3.604 \text{ kW}$

การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ

ในการออกแบบจะใช้ท่อเหลี่ยมขนาด $0.02 \times 0.05 \times 1.30 \text{ m}$ ดังภาพ 21 (ข) และเลือกใช้การวิเคราะห์แบบ log-mean temperature difference $(\Delta T)_{Lm}$ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} LMTD &= \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} \\ &= \frac{(T_{ho} - T_{co}) - (T_{hi} - T_{ci})}{\ln[(T_{ho} - T_{co}) / (T_{hi} - T_{ci})]} \\ &= \frac{(200 - 110) - (600 - 30)}{\ln[(200 - 110) / (600 - 30)]} \\ &= \frac{90 - 570}{\ln(90 / 570)} \\ &= \frac{-480}{-1.845} \\ &= 260.16 \end{aligned}$$

ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบอากาศสู่อากาศ จะมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมอยู่ในช่วง $10\text{--}40 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ดังตาราง 1 และในการออกแบบจะเลือกค่าคงที่เท่ากับ $10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ในการคำนวณซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำสุด

$$Q = UA (\Delta T)_{Lm}$$

$$3.604 \times 1000 = 10 \times A \times 260.16$$

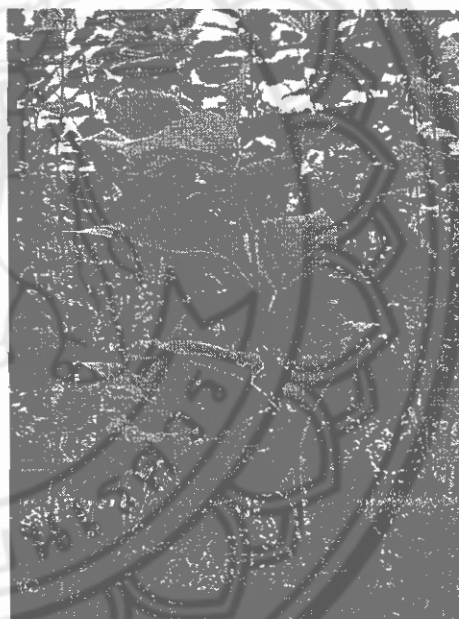
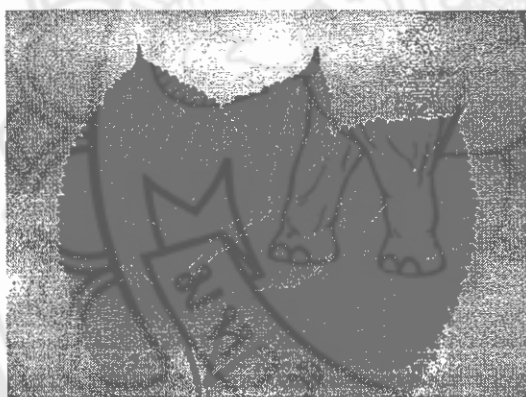
$$A = 1.385 \text{ m}^2$$

และสามารถคำนวณจำนวนท่อแบบสี่เหลี่ยมขนาดความกว้างเท่ากับ 0.02 เมตร ความยาวเท่ากับ 0.05 เมตร และสูงเท่ากับ 1.3 เมตร ซึ่งในการออกแบบจะใช้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2 เนื่องจากเมื่อมีการทำงานไปนานๆ แล้วประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะลดน้อยลงอันเนื่องจากการเกิดตะกรัน เหมม่า และคราบสกปรกเกิดขึ้น และอีกสาเหตุหนึ่งคืออาจมีการบรรจุจำนวนขดเวียนในหม้ออบแห้งมากกว่าปริมาณที่กำหนดไว้ ดังนั้นพื้นที่ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะเท่ากับ 2.77 ซึ่งสามารถคำนวณจำนวนท่อได้ดังนี้

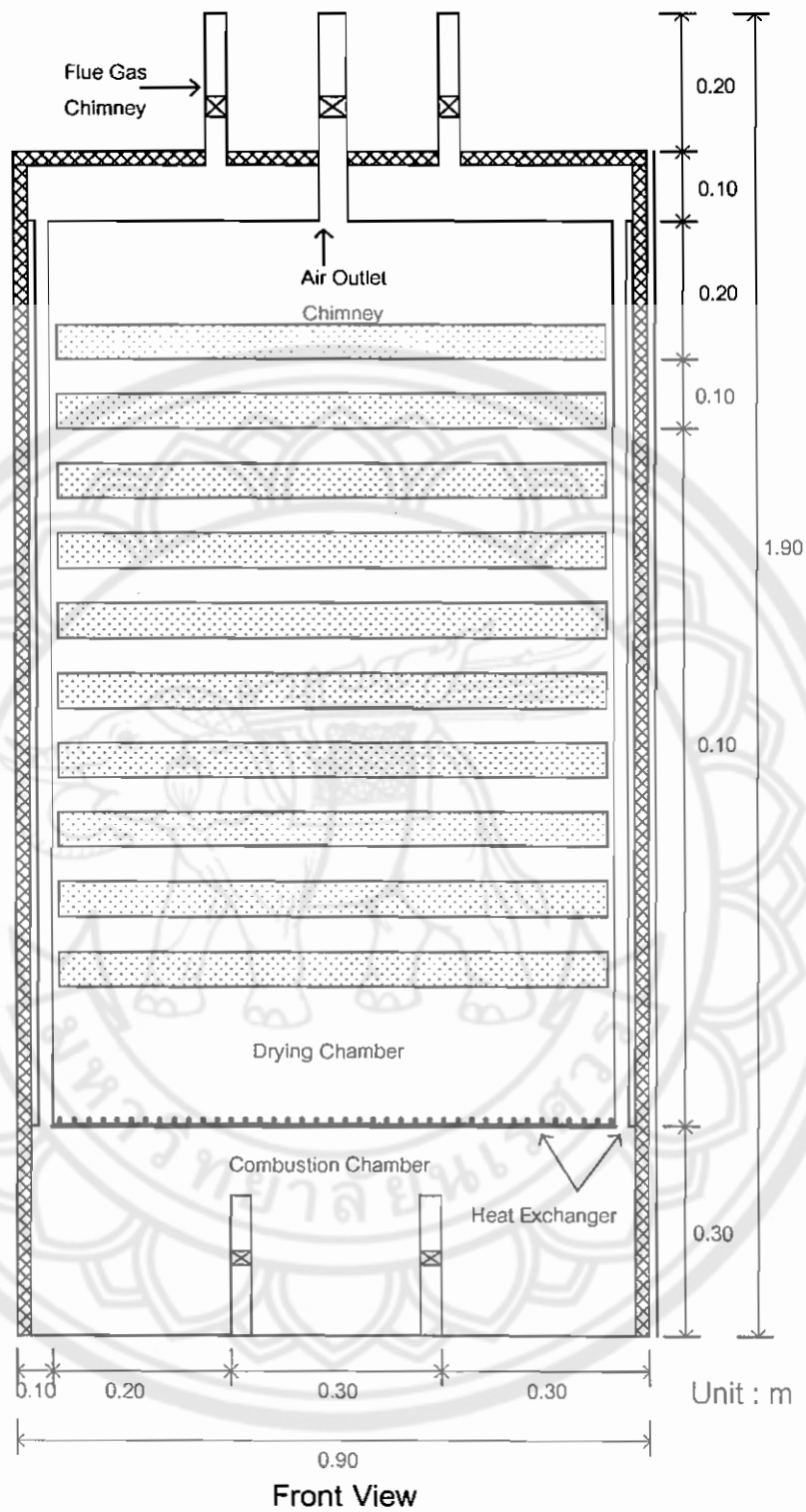
$$\text{พื้นที่ท่อเท่ากับ } (0.02 \times 1.3) \times 2 + (0.05 \times 1.3) \times 2 = 0.182 \text{ m}^2$$

$$\text{ดังนั้นจำนวนท่อที่ใช้เท่ากับ } 2.77 / 0.182 = 15.22 \text{ ท่อ}$$

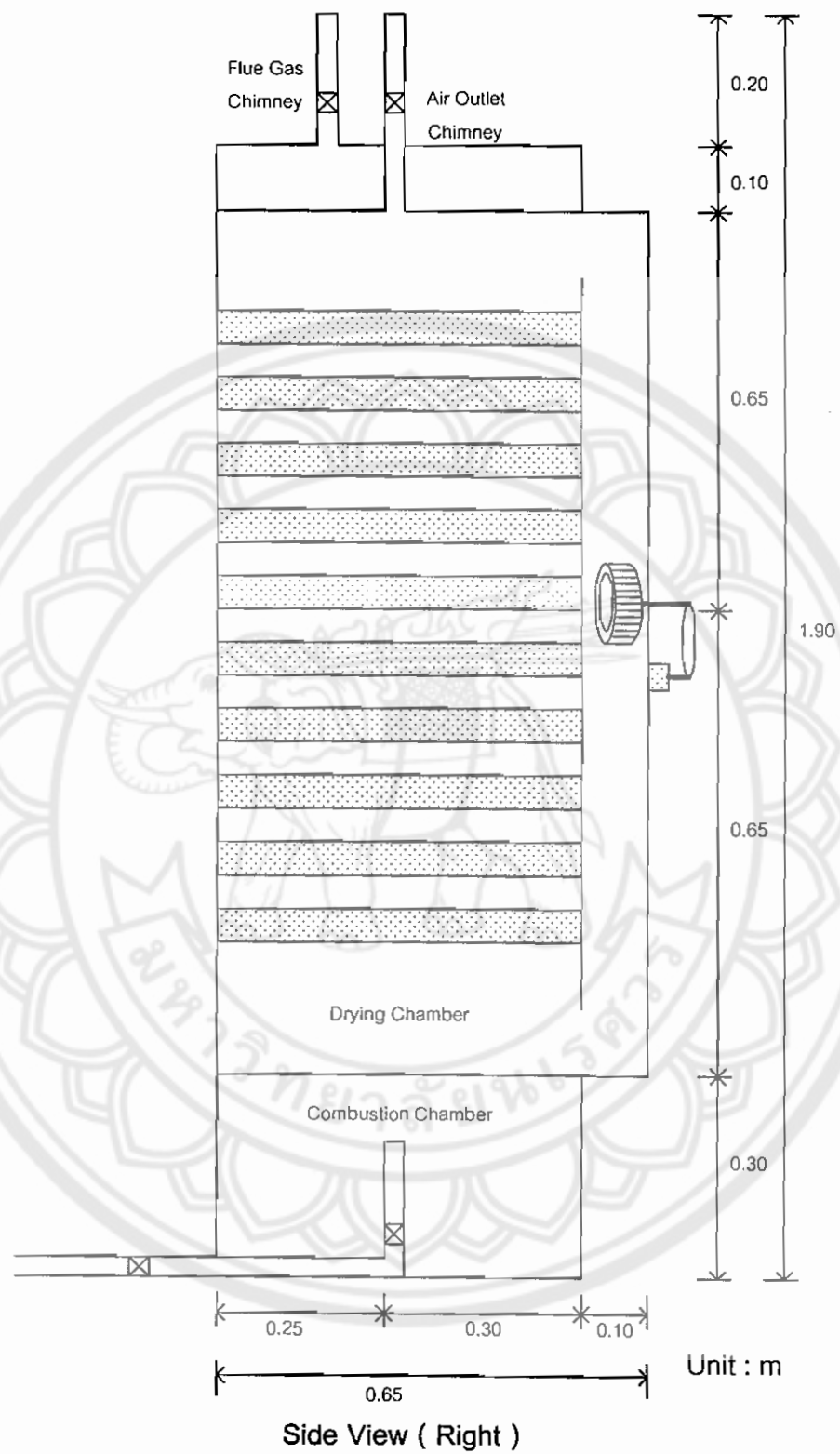
เพราะฉะนั้นจำนวนท่อที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 16 ท่อ ดังภาพ 20 และภาพ 21 (ข)



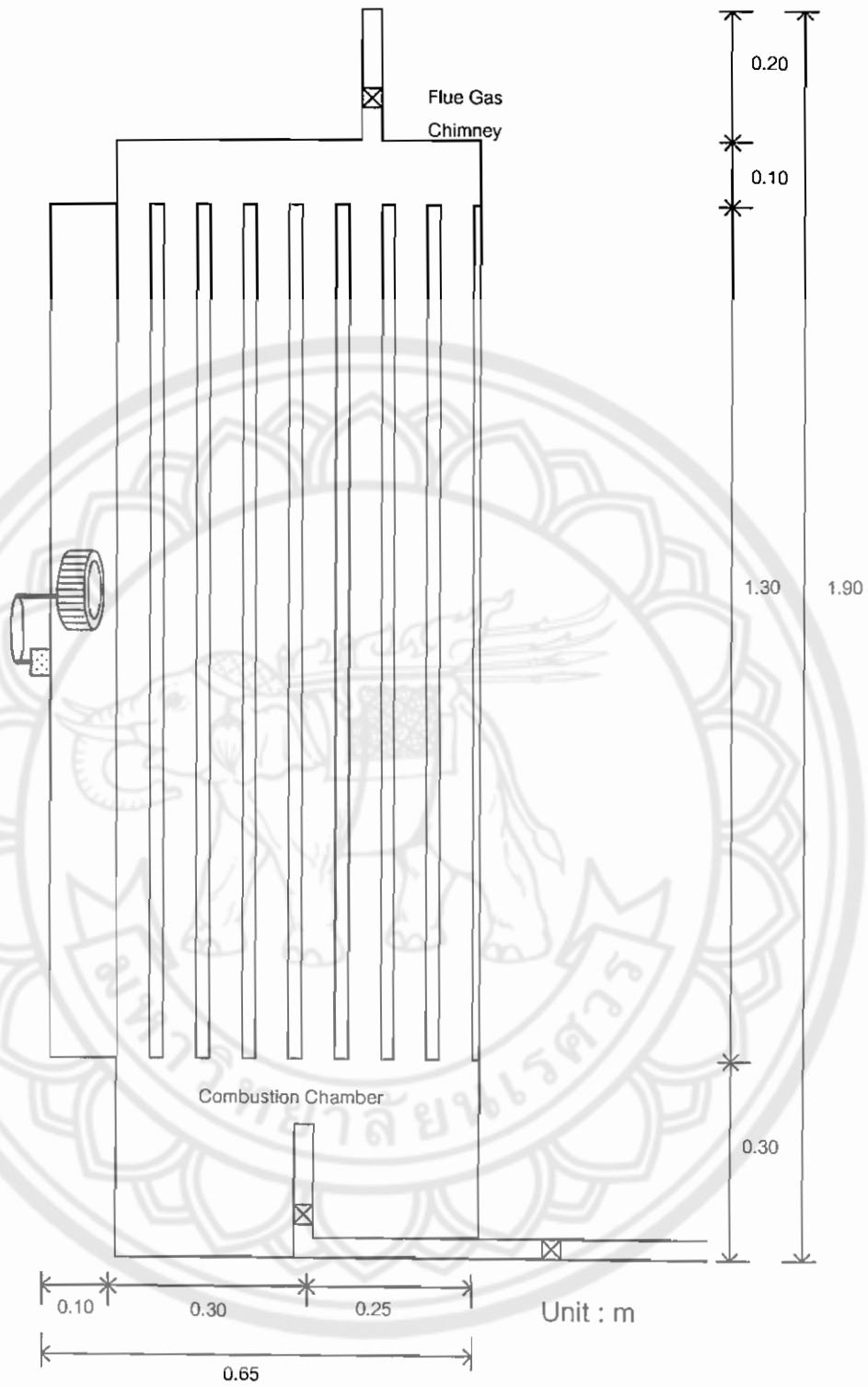
ภาพ 17 ใบหม่อนที่ใช้ในการทดลอง



ภาพ 18 แบบของเครื่องอบแห้งข้าวแบบโบราณ

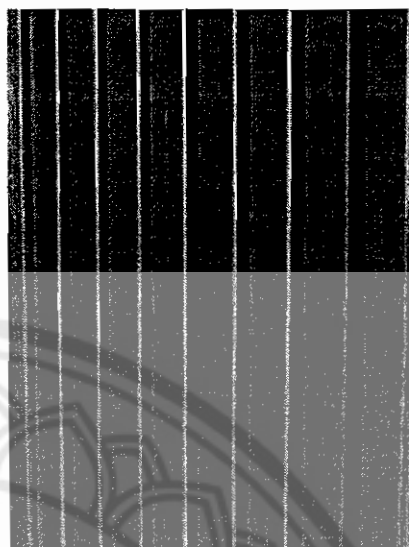
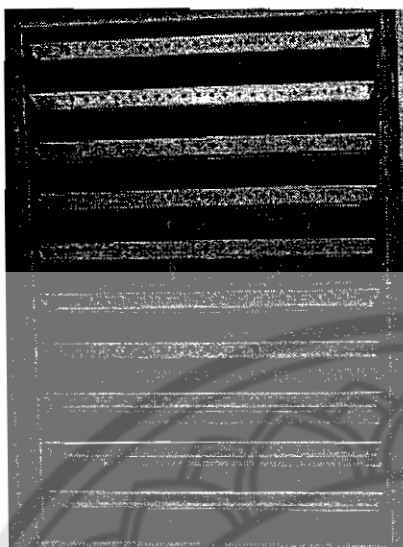


ภาพ 19 แบบของเครื่องอบแห้งชาเขียวใบหม่อน



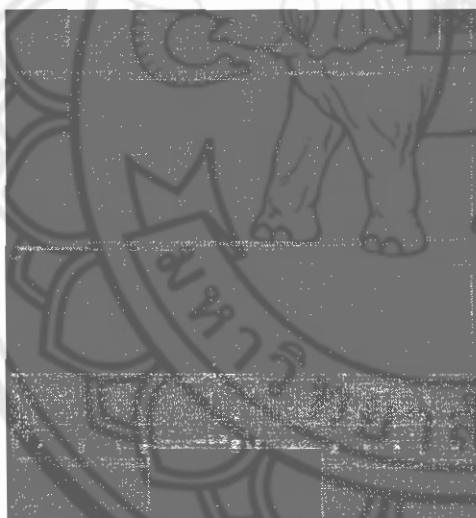
Side View (Left)

ภาพ 20 แบบของเครื่องอบแห้งชาเขียวใบหม่อน



(ก) ห้องอบแห้ง

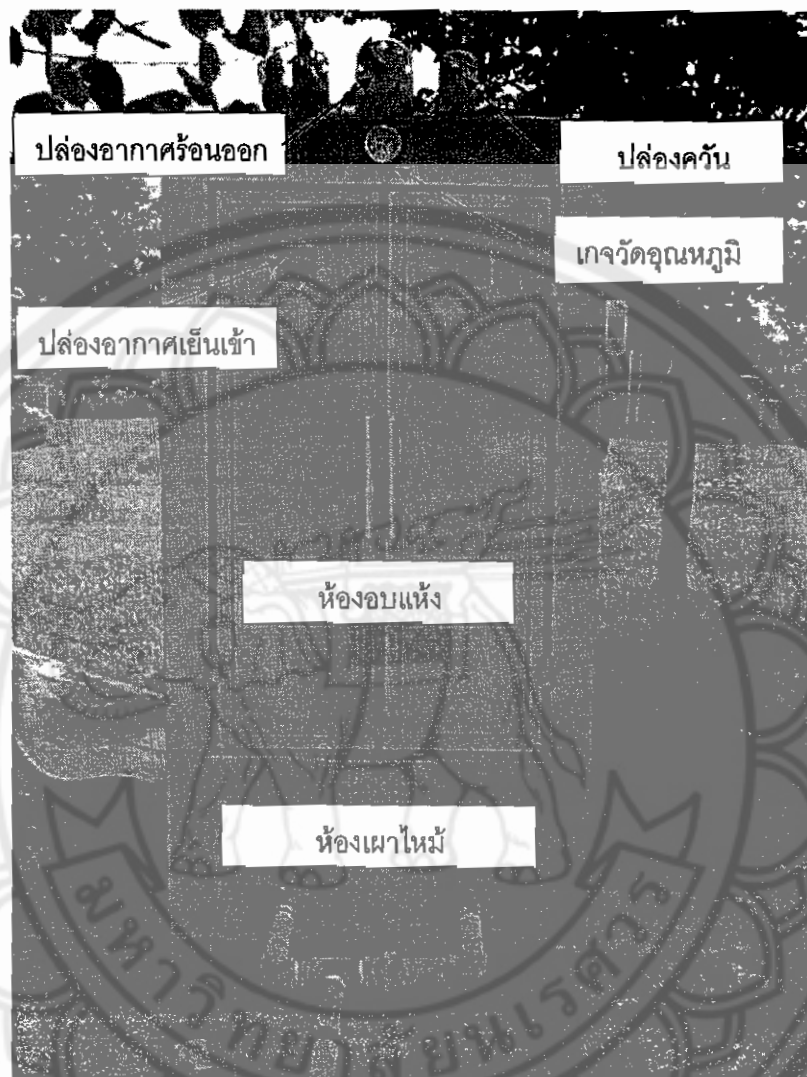
(ข) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อ



(ค) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

(ง) ห้องเผาไหม้

ภาพ 21 ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งชาเขียวใบหม่อน



ภาพ 22 เครื่องอบแห้งชาเขียวใบหม่อน

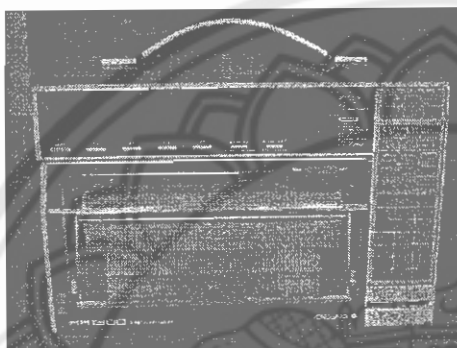
ตาราง 2 รายละเอียดเครื่องอบแห้งชาเขียวใบหม่อน

Component	Detail
1. Drying Chamber	Size 0.65x0.90x1.3 m, a perpendicular steel structure of 0.0375 m and cover with a plate-steel of 0.002 m thickness
2. Product Tray	Size 0.55x0.70x0.05 m, an aluminium structure of 0.0015 thickness
3. Air Circulatory Fan	Diameter 0.25 m, rotated with motor 2 phase 0.5 hp
4. Air Inlet Channel	Size 0.05x0.08 m, 2 channel adjustable
5. Air Outlet Channel	Size 0.08x0.10 m, adjustable
6. Temperature Gage	Display in Celsius degree (°C)
7. Combustion Chamber	Size 0.65x0.90x0.30 m, a perpendicular steel structure of 0.0375 m and cover with a plate-steel of 0.002 m thickness
8. Burner	2 head, a steel pipe diameter 0.0375 m
9. Plate Heat Exchanger	Size 0.55x0.70 m, a plate-steel of 0.005 m thickness
10. Tube Heat Exchanger	Size 0.02x0.05x1.3 m, a steel pipe of 16 tubes
11. Producer Gas Valve	Diameter 0.0375 m, a ball valve for adjust a producer gas flow rate
12. Flue Gas Channel	Size a diameter 0.05 m, adjustable
13. Insulator	Cover overall a cabinet of 0.025 m
14. Product Capacity	A mulberry green tea 10 kg
15. Control Temperature	Control by adjust a producer gas valve, air inlet channel and air outlet channel

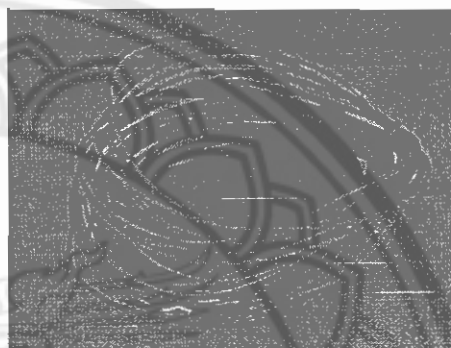
1.3 เครื่องมือวัด

1.3.1 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (temperature recorder)

การวัดอุณหภูมิจะใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (thermocouple type K) ซึ่งมีช่วงในการวัดอุณหภูมิ -200°C ถึง $1,370^{\circ}\text{C}$ ดังภาพ 23 (ข) ต่อเข้ากับช่องรับสัญญาณของเครื่องบันทึกข้อมูลขนาด 20 ช่องสัญญาณ บริษัท YOGOGAWA รุ่น HR 1300 ซึ่งจะแสดงผลเป็นองศาเซลเซียส แสดงดังภาพ 23 (ก)



(ก)



(ข)

ภาพ 23 เครื่องบันทึกอุณหภูมิและสายเทอร์โมคัปเปิล

1.3.2 ตู้อบแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (oven)

ใช้สำหรับอบแห้งผลิตภัณฑ์เพื่อหามวลแห้งของผลิตภัณฑ์ และใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งจะอบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งตู้อบแบบควบคุมอุณหภูมิได้มีลักษณะแสดงดังภาพ 24 (ก)

1.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (digital weight balance)

ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในการทดลอง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ของบริษัท Sartorius MC1 Analytic Model AC 210S แสดงค่าความละเอียด ± 0.0001 ดังภาพ 24 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพ 24 เครื่องอบแบบควบคุมอุณหภูมิได้และเครื่องชั่งดิจิตอล

1.3.4 เครื่องวัดความเร็วลม (air velocity meter)

เป็นเครื่องวัดความเร็วอากาศแบบ hot wire ซึ่งสามารถวัดได้หลายรูปแบบ คือ ความเร็วลม อัตราการไหลอากาศ และอุณหภูมิ ของบริษัท TSI INCOPORATION โมเดล 8345 แสดงดังภาพ 25



ภาพ 25 เครื่องวัดความเร็วลม

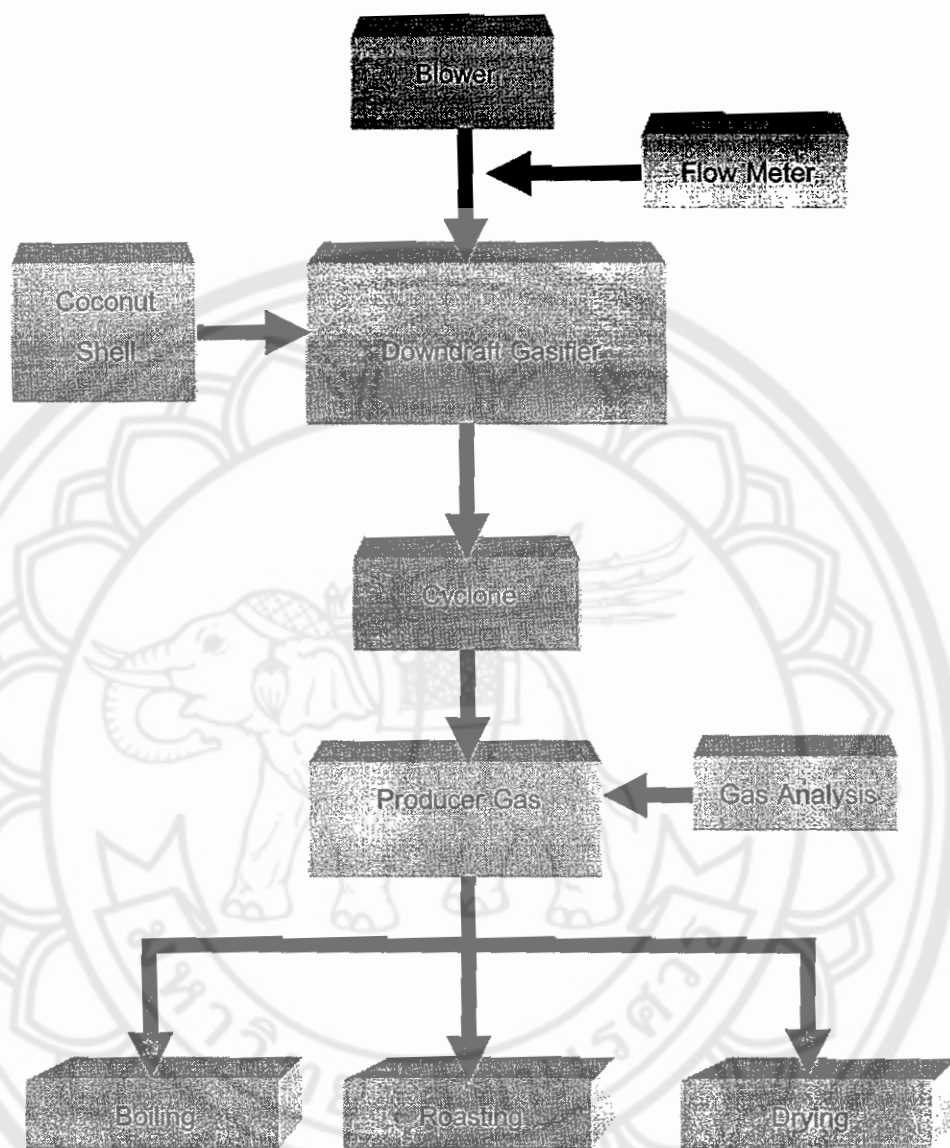
2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการทดลองหาความเหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สที่อัตราการไหลของอากาศต่างกัน 3 ค่า และขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดลองนำโปรตีนเซอร์แก๊สที่ผลิตได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตชาเขียวใบหม่อนทั้ง 3 กระบวนการ คือ กระบวนการลวกชาเขียวใบหม่อน กระบวนการคั่วชาเขียวใบหม่อน และกระบวนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน

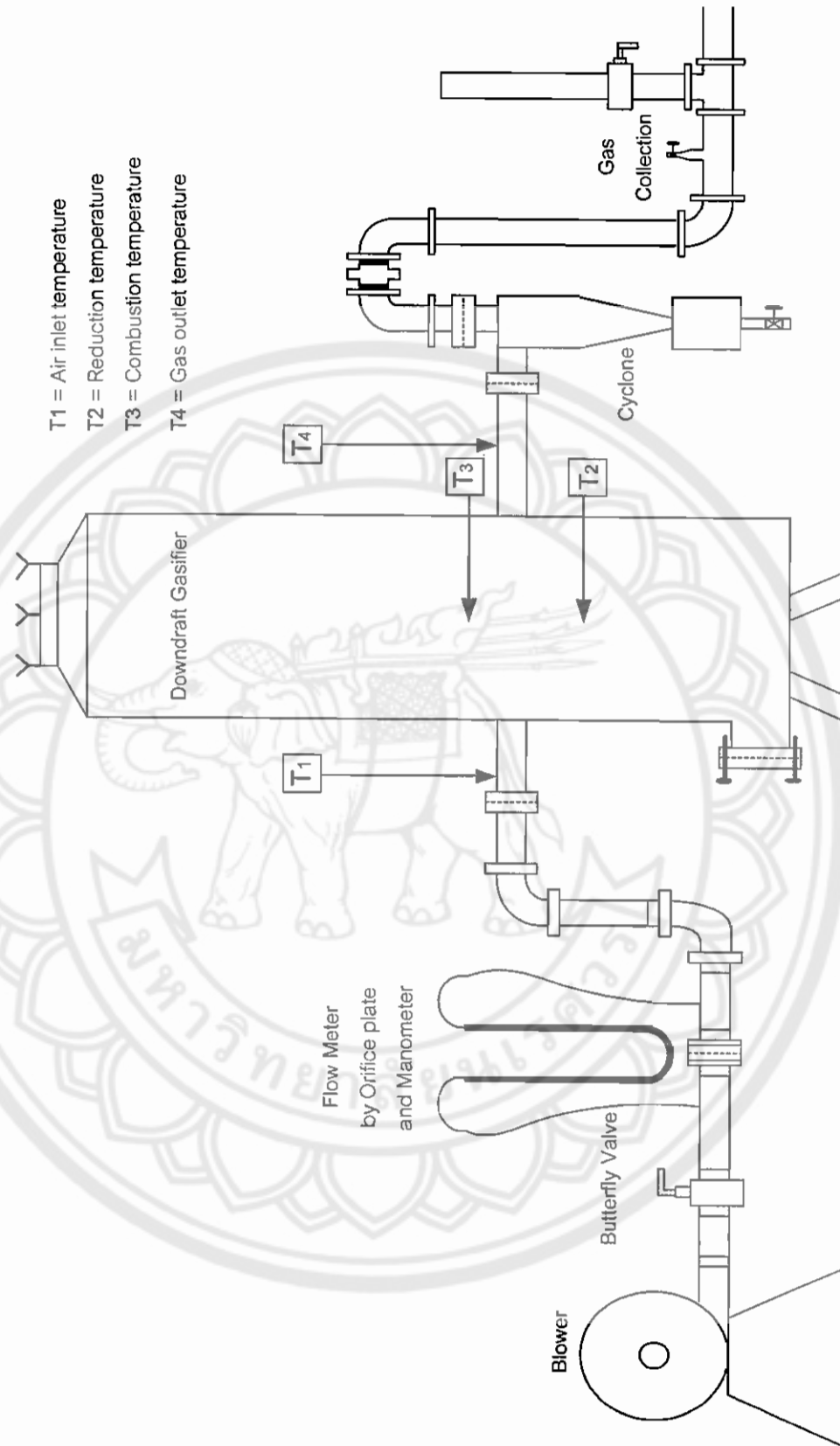
2.1 ทดลองผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สที่อัตราการไหลของอากาศต่างกัน

ในการทดลองหาความเหมาะสมในการผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สจะใช้กะลามะพร้าว ขนาดประมาณ 5-8 cm เป็นเชื้อเพลิงครั้งละ 20 kg และกำหนดระยะเวลาการทดลอง 180 min/batch จากการหาช่วงอัตราการไหลของอากาศที่สามารถผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สได้จะอยู่ในช่วง 2.2×10^{-3} - 4.5×10^{-3} m³/s ดังนั้นจึงทดลองเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 2.5×10^{-3} 3.5×10^{-3} และ 4.5×10^{-3} m³/s ซึ่งจะมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ทำความสะอาดเตาแก๊สซีฟเออร์
2. ใส่ถ่านให้เต็มจนถึงหัวฉีดอากาศและจุดไฟ
3. เดินเครื่องพัดลมป้อนอากาศ โดยปรับวาล์วผีเสื้อให้อัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้พอประมาณ
4. เดินเครื่องบันทึกอุณหภูมิเพื่อบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 20 นาที ซึ่งจะแสดงตำแหน่งการวัด ดังภาพ 26
5. รอจนไฟติดดี แล้วจึงใส่กะลามะพร้าวจำนวน 20 kg ปิดฝาดังบรรจุเชื้อเพลิง
6. ปรับวาล์วผีเสื้อให้อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 2.5×10^{-3} m³/s
7. สังเกตการเพิ่มอุณหภูมิของชั้นเผาไหม้และชั้นรีดักชันเริ่มจะคงที่ ให้ทดลองจุดไฟที่ปล่องทดลองจุดไฟ
8. วิเคราะห์ค่าความร้อนของโปรตีนเซอร์แก๊ส
9. เมื่อครบ 180 นาที หยุดเดินเครื่องทันทีและรอจนอุณหภูมิเตาผลิตแก๊สเข้าสู่สภาวะปกติ นำเชื้อเพลิงที่เหลือชั่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
10. ทดลองซ้ำที่อัตราการไหลของอากาศต่างกันคือ 3.5×10^{-3} และ 4.5×10^{-3} m³/s
11. วิเคราะห์และสรุปผล



ภาพ 27 ระบบการผลิตโปรตีนเชอร์แก๊สและการประยุกต์ใช้



ภาพ 28 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลการผลิตโปรตีนเชอร์แก๊ส

2.2 การใช้โปรตีนเซอร์แก๊สในระบบการผลิตชาเขียวใบหม่อน

2.2.1 ขั้นตอนการลวกชาเขียวใบหม่อน

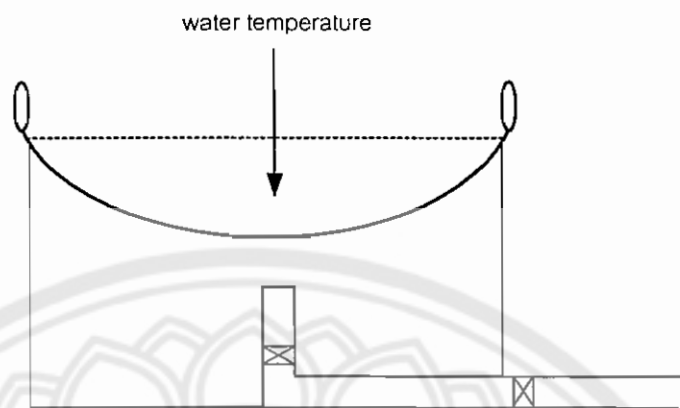
1. ผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สที่อัตราการไหลอากาศ $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

ตามขั้นตอน 3.2.1

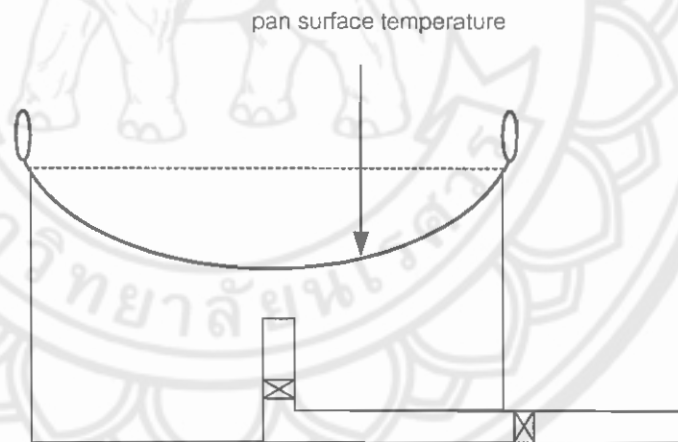
2. เติมน้ำในกะทะให้มีปริมาตรเท่ากับ 18 ลิตร
3. เดินเครื่องบันทึกอุณหภูมิเพื่อบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 20 นาที ซึ่งมีตำแหน่งการวัดแสดงดังภาพ 29
4. จุดไฟที่หัวเผาไหม้พร้อมทั้งเริ่มจับเวลาจนกระทั่งน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับ 95°C
5. ควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ โดยทำการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของโปรตีนเซอร์แก๊ส
6. เมื่อครบ 180 นาที จะหยุดเดินเครื่องทันทีและรอจนอุณหภูมิเตาผลิตแก๊สเข้าสู่สภาวะปกติแล้วนำเชื้อเพลิงที่เหลือซึ่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
7. วิเคราะห์และสรุปผล

2.2.2 ขั้นตอนการคั่วชาเขียวใบหม่อน

1. ผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สตามขั้นตอน 3.2.1 ที่อัตราการไหลอากาศ $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
2. เดินเครื่องบันทึกอุณหภูมิเพื่อบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 20 นาที ซึ่งมีตำแหน่งการวัดแสดงดังภาพ 30
3. จุดไฟที่หัวเผาไหม้พร้อมทั้งเริ่มจับเวลาจนกระทั่งผิวกะทะมีอุณหภูมิ 60°C
4. ควบคุมอุณหภูมิผิวกะทะให้คงที่ โดยทำการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของโปรตีนเซอร์แก๊ส
5. เมื่อครบ 180 นาที จะหยุดเดินเครื่องทันทีและรอจนอุณหภูมิเตาผลิตแก๊สเข้าสู่สภาวะปกติแล้วนำเชื้อเพลิงที่เหลือซึ่งน้ำหนักเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
6. วิเคราะห์และสรุปผล



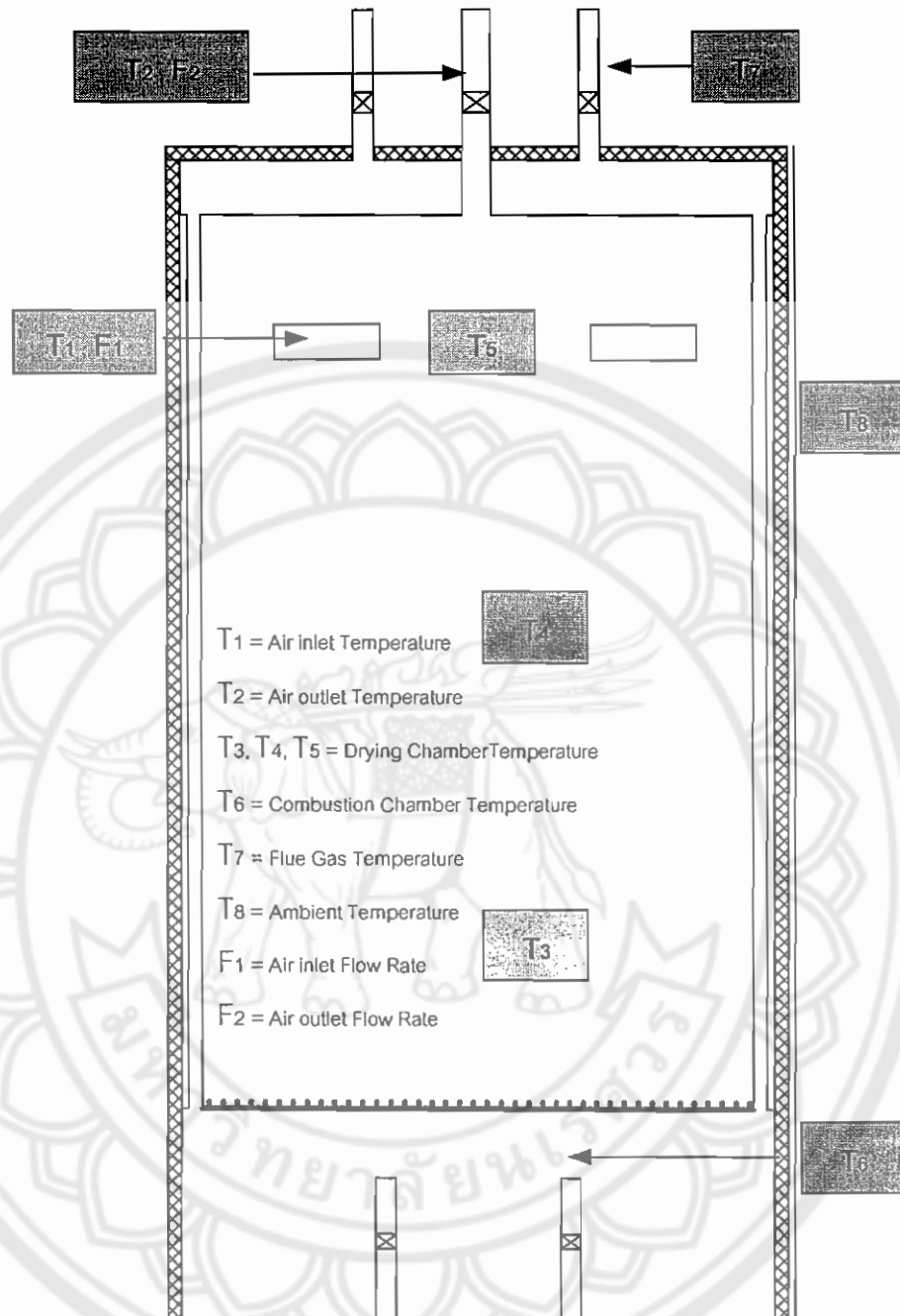
ภาพ 29 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลการลวกชาเขียวใบหม่อน



ภาพ 30 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลการคั่วชาเขียวใบหม่อน

2.2.3 ขั้นตอนการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน

1. ผลิตโปรตีนเซอร์แก๊สที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ตามขั้นตอนที่ 3.2.1
2. เดินเครื่องบันทึกอุณหภูมิเพื่อบันทึกอุณหภูมิและวัดอัตราการไหลอากาศ ทุกๆ 20 นาที ซึ่งมีตำแหน่งการเก็บข้อมูลแสดงดังภาพ 31
3. จุดไฟที่หัวเผาไหม้ รอจนกระทั่งภายในตู้อบแห้งมีอุณหภูมิเท่ากับ 100°C
4. นำใบหม่อนที่ผ่านขั้นตอนการคั่วแล้วหาความชื้นเริ่มต้น และใส่ในตู้อบแห้งแต่ละ 1 กิโลกรัม จำนวน 10 ถาด
5. ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างและนำไปไว้ที่ชั้นบน ชั้นกลาง และชั้นล่าง พร้อมทั้งนำออกมาชั่งทุกๆ 30 นาที
6. ควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งให้คงที่ โดยการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของโปรตีนเซอร์แก๊ส หรือควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าตู้อบแห้ง
7. หาความชื้นสุดท้ายของชาเขียวใบหม่อนพร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพ
8. วิเคราะห์และสรุปผล



ภาพ 31 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลการอบแห้งชาเขียวใบหม่อน