

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบ

3.1.1 ข้อกำหนดในการออกแบบ

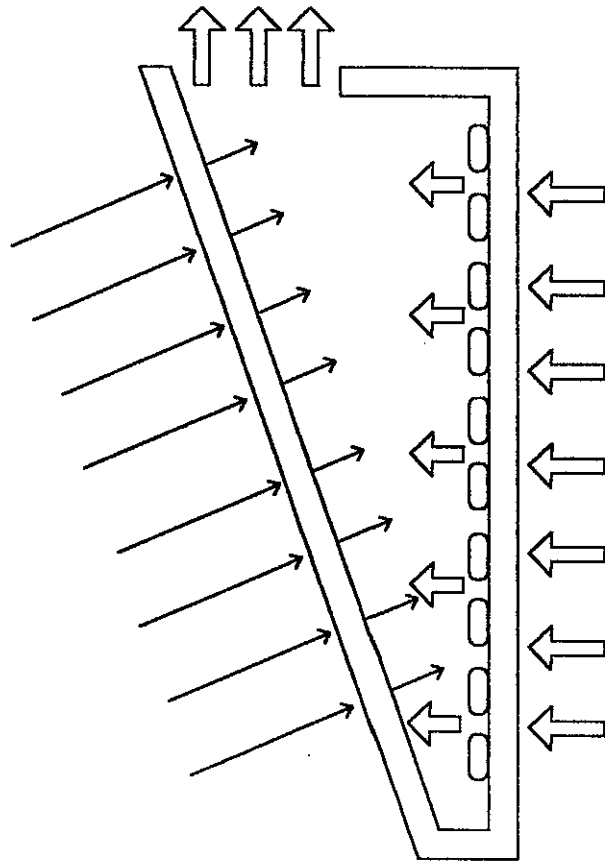
1. ร้านตากต้องมีความทนทาน ใช้วัสดุที่ทนแดด ทนฝน
2. ร้านตากจะเป็นลักษณะ Air Flow ไม่อาศัยเทคโนโลยี เน้นการถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติ
3. ขนาดของร้านตากต้องคำนึงถึงการเคลื่อนไหวของร่างกายในการทำงาน
4. การออกแบบร้านตากต้องคำนึงถึงพฤติกรรมการทำงาน ณ ปัจจุบัน
5. การออกแบบร้านตากต้องคำนึงถึงระบบการจัดการและควบคุมการผลิตอาหารให้ปลอดภัย (Good Manufacturing Practice GMP)
6. การออกแบบร้านตากต้องคำนึงถึงพฤติกรรมของกล้วย
7. ร้านตากต้องมีต้นทุนต่ำ ราคาถูก เนื่องจากต้องออกแบบให้เหมาะสมกับชาวบ้าน
8. วัสดุที่ใช้ในการสร้างร้านตาก ต้องหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด
9. ร้านตากต้องใช้เทคโนโลยีง่าย ๆ ที่ชาวบ้านเข้าใจได้ และซ่อมบำรุงได้ด้วยตัวเอง

3.1.2 วิธีการออกแบบช่องระบายอากาศ

จากผลงานวิจัยของ วารุณี วาตะบุตร (2524) ทำการทดสอบกล่องอบแห้ง ด้านบนปิดด้วย กระดาษใต้อย่างทำมุม 14 องศา และช่องระบายอากาศขนาด 11 % ของพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ให้ ประสิทธิภาพในการอบแห้งสูงสุด

การคำนวณ

- พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ ขนาด $1.6\text{m} \times 0.90\text{m} = 1.44\text{ m}^2$ (ต่อ 1 ช่อง มีทั้งหมด 6 ช่อง ถ้าคำนวณทั้ง 6 ช่อง จะเท่ากับ 8.64 m^2)
- พื้นที่ช่องระบายอากาศ ขนาด 11% ของพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ จะหาได้จาก
$$= (8.64 \times 11) / 100 = 0.95\text{ m}^2$$
- เนื่องจากช่องระบายอากาศทำจากแผ่นมุงพลาสติกสานกันแมลง ซึ่งพื้นที่รูของแผ่นมุงพลาสติกสาน คิดเป็น 44% ของพื้นที่แผ่นมุงพลาสติกสานทั้งหมด ดังนั้น
- พื้นที่ด้านล่างของตู้ตาก $(1.6\text{m} \times 0.85\text{m}) \times 6 = 8.16\text{ m}^2$



รูปที่ 3.1 ภาพตัด Graphic แสดงการไหลของอากาศในตู้ตาก

Note : All dimention are in cm.

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY			
THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING BANANA TABLE			
Scale : 1/10	Draw by : Anan	Drawing	
date : 14/03/2003	CODE42370619	plate 1/1	

- พื้นที่ช่องระบายอากาศทั้งทางเข้าและทางออก = $(0.95 \times 100) / 44 = 2.16 \text{ m}^2$
- แบ่งช่องระบายอากาศทั้งทางเข้าและทางออกเป็น 2 ช่อง = $2.16 / 2 = 1.08$

สมการในการคำนวณ

- ตัวคู่สมมติให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า (ความยาว l ,ความกว้าง w ,ความสูง h) ซึ่ง

ปริมาตรของตู้ Vol (m³)สามารถคำนวณได้โดย

$$\text{Vol} = (l * w * h) \quad (3.1)$$

- พื้นที่ผิวของตัวคู่, A_d สามารถหาได้จาก

$$A_d = 2 [(hw)+(hl)+(lw)] \quad (3.2)$$

- ความร้อนที่สูญเสียจากตู้ตาก

ความร้อนที่สูญเสียจาก convection , longwave radiation และ air leakage สามารถสมมติให้เป็นความร้อนทั้งหมดที่สูญเสีย, U' โดยที่ค่าของ U' จะขึ้นอยู่กับชนิดของตู้, วัสดุที่ใช้, และวิธีการสร้างตู้

ตาราง 3.1 แสดงค่า U' ที่แนะนำสำหรับตู้ชนิดต่าง ๆ (ที่มา : Garzoli , 1988)

ลักษณะของตู้	ค่าของ U' (W/m ² °C)
a. Transparent Drying Chamber with Single Glazing	9
b. Transparent Drying Chamber with Double Glazing	6
c. Non-insulated Opaque Drying Chamber	4
d. Insulated Opaque Drying Chamber	1

ความร้อนที่สูญเสียจากตู้ตากสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{hl} = U' * A_d * (T_d - T_a) (3600t / 10^6) \quad (3.3)$$

โดยที่ :

$$Q_{hl} = Q_{conv} + Q_{leak} + Q_{rad} \quad (\text{MJ})$$

$$T_d = \text{อุณหภูมิของอากาศภายในตู้} \quad (^\circ\text{C})$$

$$T_a = \text{อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยระหว่างช่วงเวลาการตาก} \quad (^\circ\text{C})$$

$$t = \text{เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการตาก} \quad (\text{hours})$$

- พลังงานที่ต้องการสำหรับการระเหยความชื้น

ปริมาณความชื้น, M_w (kg) ที่ระเหยออกค่อนน้ำหนักสามารถหาได้จาก

$$M_w = M_r [(x_1 - x_0) / (100 - x_0)] \quad (3.4)$$

โดยที่ :

M_r = น้ำหนักของกล้วยก่อนตาก (kg)

X_1 = ความชื้นของกล้วยก่อนตาก (% wet basis)

X_0 = ความชื้นของกล้วยหลังตาก (% wet basis)

- พลังงานที่ต้องการเพื่อระเหยน้ำออกสามารถประมาณได้จากน้ำหนักของน้ำใน
ตัว product และ latent heat ของการกลายเป็นไอ h_{fg} ของน้ำ โดยที่

$$h_{fg} = (2504 - 2.4T_0) * 10^{-3} \quad (3.5)$$

- การเปลี่ยนแปลงของตัว latent heat จะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิที่มี
ค่าระหว่าง 20°C และ 70°C ของตัวกล้วย โดยที่ค่าเฉลี่ยที่ใช้จะมีค่าอยู่ที่ 2.4 MJ/kg

พลังงานที่ต้องการสำหรับการระเหยความชื้น คือ

$$Q_{\text{evap}} = h_{fg} * M_w \quad (3.6)$$

- พลังงานที่สูญเสียในการถ่ายเทของอากาศ

ปริมาณอากาศที่ต้องการเพื่อให้มีน้ำระเหยออก M_a (kg) สามารถคำนวณได้จาก
สมการซึ่งอาศัย pick-up efficiency คือ

$$M_a = M_w / [\eta_p (h_s - h_p)] \quad (3.7)$$

โดยที่ :

M_w = ปริมาณความชื้นของกล้วยที่ต้องการเอาออก (kg)

H_1 = ความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่ผ่านเข้าสู่ (kg_{water} / kg_{dry air})

H_s = ความชื้นแบบ adiabatic ของอากาศร้อน (kg_{water} / kg_{dry air})

η_p = pick-up efficiency

ปริมาณของ pick-up efficiency ที่สามารถยอมรับได้คือ 30% (Brenndorfer, 1985) ซึ่งค่าของ η_p ที่
สมมติจะเป็น 0.3 ค่าของ h_s และ h_p สามารถหาได้จาก psychrometric chart เมื่อทราบค่าของ
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

- พลังงานที่ต้องการเพื่อทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น เพื่อที่จะทำให้ความชื้น
ระเหยออก สามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{vent} = M_a * C_p(T_d - T_a) \quad (3.8)$$

โดยที่ :

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ ณ ความดันคงที่ (MJ/kg °C)

- ความร้อนที่ใช้ในการตาก

ความร้อนทั้งหมด (overall heat load), Q_{load} ของตัวตุ้ตากสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{load} = Q_{hl} + Q_{vent} + Q_{evap} \quad (3.9)$$

3.1.3 การคำนวณหามวลและสมดุลความร้อน

ข้อมูล

พื้นที่ที่ใช้ตากในปัจจุบัน = $1.8\text{m} \times 1.0\text{m} = 1.8\text{m}^2/\text{แผง}$

1 แผง ตากได้ 20 kg ฉะนั้นตากได้ $20\text{ kg}/1.8\text{m}^2 = 11.11\text{ kg/m}^2$

ฉะนั้นปริมาณกล้วยที่ตากปัจจุบันเฉลี่ยน้ำหนักกล้วยต่อพื้นที่ 11.11 kg/m^2

พื้นที่ในการตากที่ออกแบบ $0.75\text{m} \times 9\text{m} = 6.75\text{m}^2$

จำนวน(น้ำหนัก)กล้วยที่ทดลองตากจากร้านที่ออกแบบประมาณ 69 กิโลกรัมต่อ 1 ร้าน

ตาก

ฉะนั้นปริมาณกล้วยที่จะใช้ตาก = 69 กิโลกรัมต่อ 1 ร้านตาก

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. อุณหภูมิที่ใช้ในการตาก | 55°C |
| 2. เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการตาก
(6 วัน ที่แสงแดดปกติ) | 48hours (8hr/day) |
| 3. ความชื้นเริ่มต้นของกล้วยก่อนตาก | 68% wet basis |
| 4. ความชื้นสุดท้ายของกล้วยหลังตาก | 22% wet basis |
| 5. ค่ารังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นราบต่อตารางเมตรต่อวัน(พิษณุโลก) | 17.3 MJ/m ² day |
| 6. อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย | 35°C |
| 7. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย | 60% |

การคำนวณ

- ขนาดของตู้ที่เหมาะสมควรจะเป็น 9.6m (length) x 0.85m (width) x 0.31m (height) การประมาณปริมาตรของตู้ตากสามารถคำนวณได้จากสมการ (3.1)

$$Vol = 9.6 \times 0.85 \times 0.31 = 2.53 \text{ m}^3$$

- พื้นที่ในการตากคำนวณได้จากสมการที่ (3.2)

$$\begin{aligned} A_d &= 2[(0.31 \times 0.85) + (0.31 \times 9.60) + (9.60 \times 0.85)] \\ &= 22.80 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- ในการตากปกติจะเกิดการสูญเสียความร้อน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (3.3)

$$\begin{aligned} Q_{hl} &= (9) \times (22.80) \times (55-35) \times [(3600 \times 48) / (10^6)] \\ &= 709.17 \text{ MJ} \end{aligned}$$

- มวลของน้ำที่ถูกดึงออก สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.4)

$$\begin{aligned} M_w &= 69 [(68-22) / (100-22)] \\ &= 8.55 \text{ kg} \end{aligned}$$

- พลังงานที่ใช้ในการดึงน้ำออกในการตาก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.6)

$$Q_{evap} = (2.76) \times (8.55) = 23.60 \text{ MJ}$$

- ปริมาณอากาศที่ต้องการเพื่อให้ไอน้ำระเหยออก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.7)

$$M_a = (8.55) / (0.3)(0.0270-0.0212) = 4913.80 \text{ kg}$$

- พลังงานที่ต้องการเพื่อให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.8)

$$\begin{aligned} Q_{vent} &= (4913.8) \times (1.006)(10^{-3})(55-35) \\ &= 98.87 \text{ MJ} \end{aligned}$$

- ความร้อนทั้งหมด (overall heat load) สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.9)

$$Q_{load} = (709.17) + (98.87) + (23.60) = 831.64 \text{ MJ}$$

3.2 การสร้างร้านค้า

โครงสร้างทำจากไม้ไผ่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 5 เซนติเมตร ความสูงด้านหลังตู้ตากสูง 0.31m พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์มีขนาด $1.6\text{m} \times 0.90\text{m}$ และเอียงทำมุม 18 องศา กับแนวระดับ ตัวตู้ตาก(ร้าน)มีความกว้าง 0.85m และยาว 9.6m มีปริมาตร $0.31 \times (0.31) \times 0.85 \times 9.6 \text{ m}^3$ ผนังด้านล่างปิดด้วยมุ้งพลาสติกสาน , ด้านหน้าและด้านข้างปิดด้วยพลาสติกใส , ด้านหลังปิดด้วยมุ้งพลาสติกสานและพลาสติกใสโดยที่พลาสติกใสจะอยู่ด้านล่าง ส่วนพื้นที่ที่เป็นช่องระบายอากาศปิดด้วยมุ้งพลาสติกสาน ช่องอากาศเข้าจะอยู่ด้านล่างของตู้ มีขนาด $0.85\text{m} \times 9.60\text{m}$ จำนวน 1 ช่อง และช่องอากาศออกจะอยู่ทางด้านหลังของตู้ชิดขอบด้านบน ซึ่งมีขนาด $0.15\text{m} \times 9.60\text{m}$ จำนวน 1 ช่อง พื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ด้านบนปิดด้วยพลาสติกใส โดยที่ตัวโครงสร้างเป็นไม้ไผ่ ภายในตู้ตากประกอบด้วยชั้นตาก 1 ชั้นสำหรับวาง แผงตากซึ่งทำจากตาข่ายพลาสติกสีดำยึดขอบด้วยไม้ไผ่ มีขนาด $0.75\text{m} \times 0.75\text{m}$ ใช้ทั้งหมด 12 แผง ซึ่งแผงตากจะสูงจากผนังด้านล่าง 0.20m และที่ฝาปิดตู้จะมีบานพับเพื่อให้ฝาปิดตู้ตากเปิดได้อิสระ

3.3 เครื่องมือวัด ทดสอบ และเก็บข้อมูล

การติดตั้งเครื่องอบแห้ง เพื่อให้พื้นที่รับแสงอาทิตย์และตู้ตากได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากที่สุดจะต้องจัดให้พื้นที่รับแสงอาทิตย์และตู้ตากอยู่ในแนวตะวันออก – ตะวันตก เลือกสถานที่ที่ไม่มีร่มเงาบัง ได้รับแสงแดดตลอดทั้งวัน อากาศถ่ายเทสะดวก

เครื่องมือที่ใช้ในการวัด ทดสอบ และเก็บข้อมูลมีดังนี้

1. พรอท ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
 - T_1 อุณหภูมิอากาศแวดล้อม ($^{\circ}\text{C}$)
 - T_2 อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าตู้ตาก ($^{\circ}\text{C}$)
 - T_3 อุณหภูมิภายในตู้ตาก ($^{\circ}\text{C}$)
 - T_4 อุณหภูมิอากาศก่อนออกจากตู้ตาก ($^{\circ}\text{C}$)
 - T_5 อุณหภูมิอากาศทางออกตู้ตาก ($^{\circ}\text{C}$)
2. Solar Integrator ใช้วัดความเข้มรังสีรวม (G_T), W/m^2 ที่ตกกระทบบนระนาบของพื้นที่รับแสง
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้ชั่งมวลของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตาก ทั้งก่อนตากและหลังตาก
4. เครื่องวัดความชื้นอัตโนมัติ (มอยส์เจอร์แคร์) ใช้หาความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตาก ทั้งก่อนตากและหลังตาก

3.4 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์สำหรับการตากแห้ง

ในการทดสอบตู้ตากแห้งจะใช้กล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ :

1. คัดคุณภาพของกล้วยที่มีสีเหลืองอ่อนๆ ไม่มีรอยดำและรอยแผลจากการทำลายของแมลงและต้องเป็นกล้วยที่ไม่เน่า (หลังจากนำกล้วยที่ตัดมาทำการบ่มกล้วยให้สุกเหมาะสมกับการทำกล้วยตาก)
2. นำกล้วยที่ผ่านการคัดเลือกมาปอกในคอนเซ้า โดยใช้มีดทำการปอกกล้วยที่สุกได้ที่แล้ว ใส่งลงในภาชนะที่เตรียมไว้ (ไม่ควรทิ้งกล้วยไว้นานก่อนนำไปตาก) แล้วยกไปเรียงตากบนแผง ตากก่อนเวลา 8.00 น.

3.5 ขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูล

3.5.1 การทดลองตากแห้งด้วยตู้ตากแห้ง

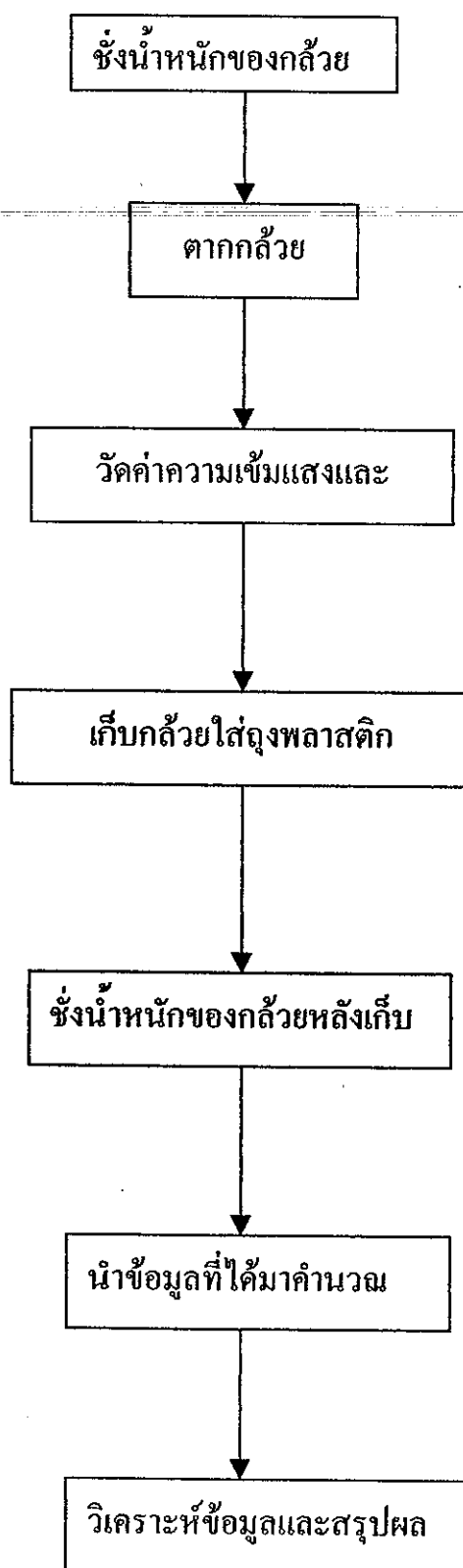
สำหรับแหล่งกำเนิดของพลังงานความร้อนที่ใช้ในการตากแห้งจากตัวตู้ตากแห้งเอง ซึ่งจะรับแสงอาทิตย์เมื่อท้องฟ้าแจ่มใส แสงแดดดี คือ มีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยต่อวัน ตั้งแต่ 450 w/m^2 ขึ้นไป หรือมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ตัวตู้ตากประมาณ 55°C ขึ้นไป เวลาสำหรับการตากแห้งในแต่ละวันเริ่มตั้งแต่ 8.00 – 17.00 น.

ขั้นตอนในการทดลองตากแห้งด้วยตู้ตากแห้ง

1. ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ 69 kg และต้องกระจายผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอ
2. วัดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ก่อนตาก นำผลิตภัณฑ์เข้าตู้ตาก
3. ติดตั้ง Solar Integrator ให้เอียงทำมุมเดียวกับแผ่นรับแสงอาทิตย์
4. วัดค่าความเข้มรังสีแสงอาทิตย์, อุณหภูมิอากาศแวดล้อม, อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าตู้ตาก, อุณหภูมิอากาศทางเข้าตู้ตาก, อุณหภูมิอากาศภายในตู้ตาก, อุณหภูมิอากาศก่อนออกจากตู้ตาก และอุณหภูมิอากาศทางออกตู้ตาก ทุก 20 นาที
5. เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการเก็บโดยใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุงให้แน่น
6. นำข้อมูลที่ได้มาบันทึกในตาราง
7. นำผลที่ได้มาคำนวณ
8. ทำขั้นตอนที่ 3 – 7 ทุกวัน จนกระทั่งได้ % ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งแล้วตามต้องการ และชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์สุดท้าย

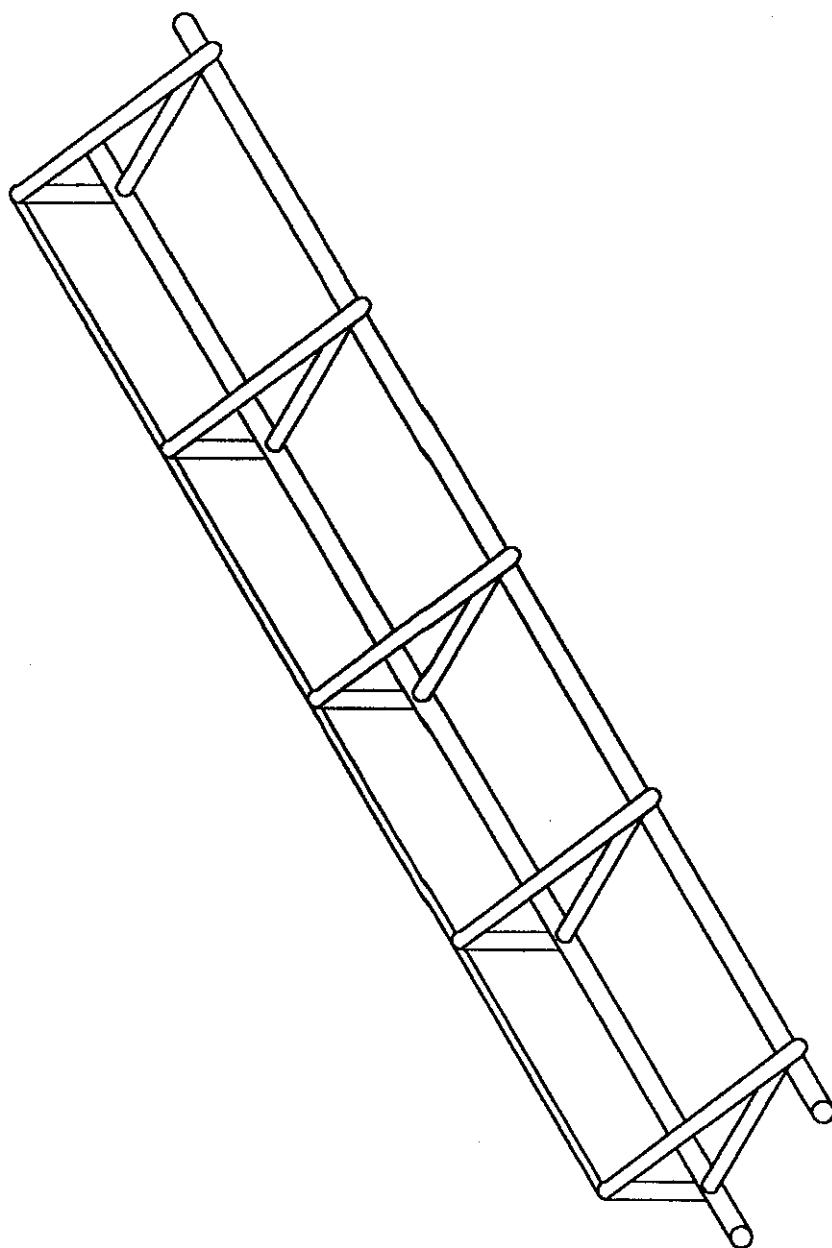
หมายเหตุ สำหรับการตากแห้งด้วยตู้ตากแห้ง ในแต่ละวันจะมีการเก็บและเกลี่ยผลิตภัณฑ์ เพื่อให้อัตราการอบแห้งใกล้เคียงกัน

รูปที่ 3.2 Flow Chart ขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูล



3.6 การวิเคราะห์และทดสอบหาประสิทธิภาพ

1. หาค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (m^3)
2. ✓ ประสิทธิภาพในการรับรังสี (η_r)
3. ✓ หาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้ตาก (η)
4. ✓ เปรียบเทียบความชื้นและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากตู้ตากแห้งและแบบธรรมชาติ
5. เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างการใช้เครื่องอบแห้งกับแบบธรรมชาติ



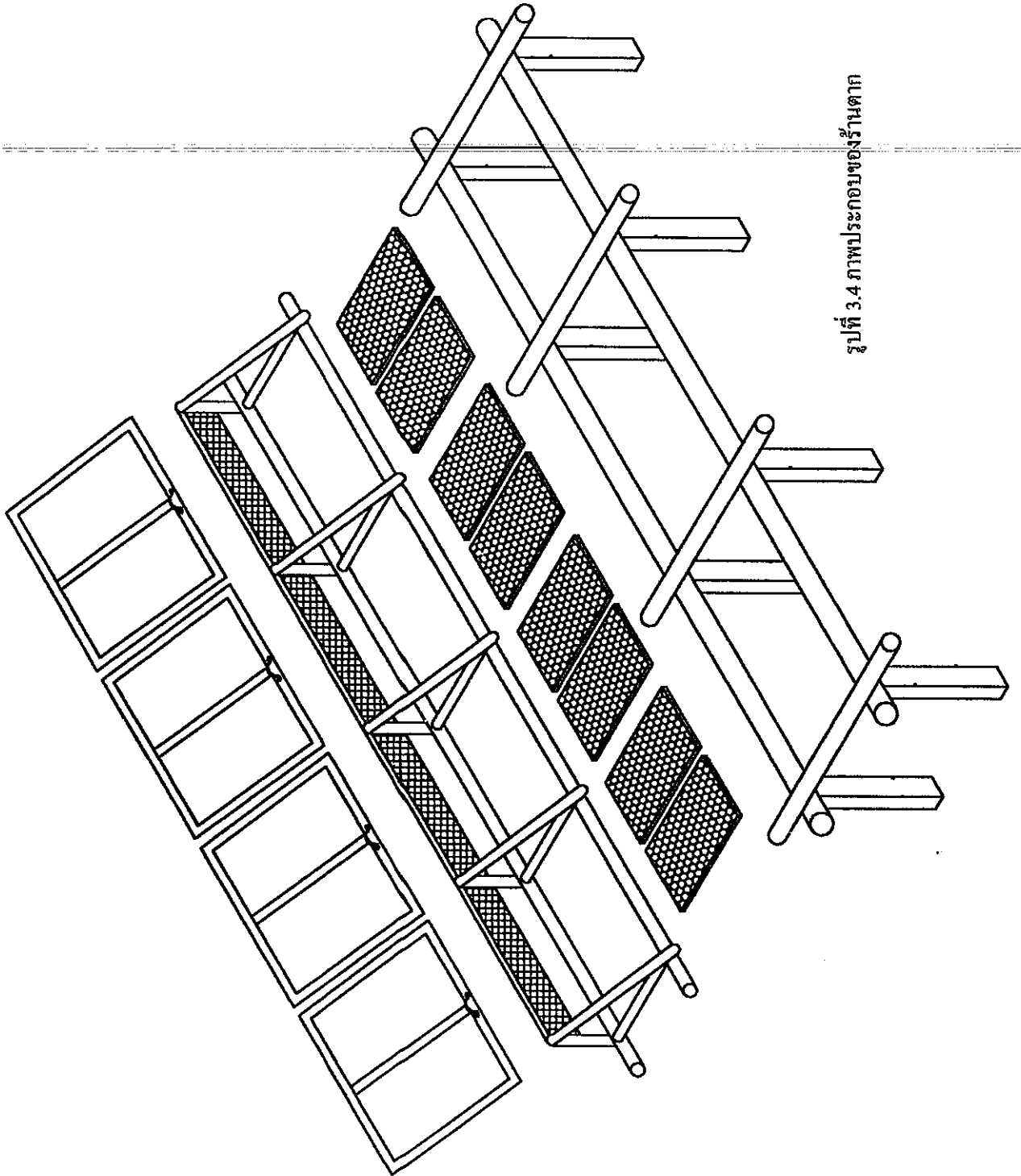
Note : All dimension are in cm.

FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

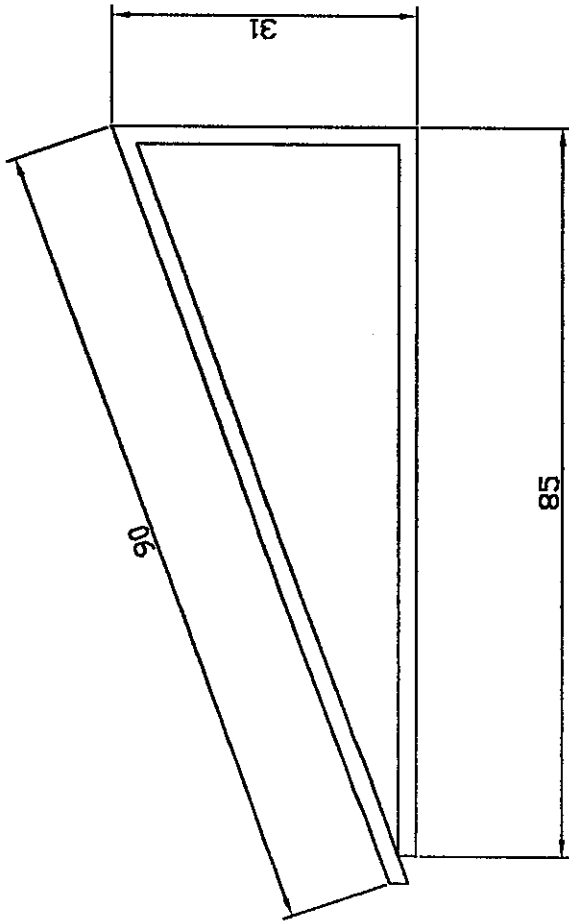
THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT
DRYING BANANA TABLE

Scale : 1/10	Draw by : Anan	Drawing
date : 14/03/2003	CODE42370619	plate 1/1

รูปที่ 3.3 ภาพ Isometric ของโครงตาก



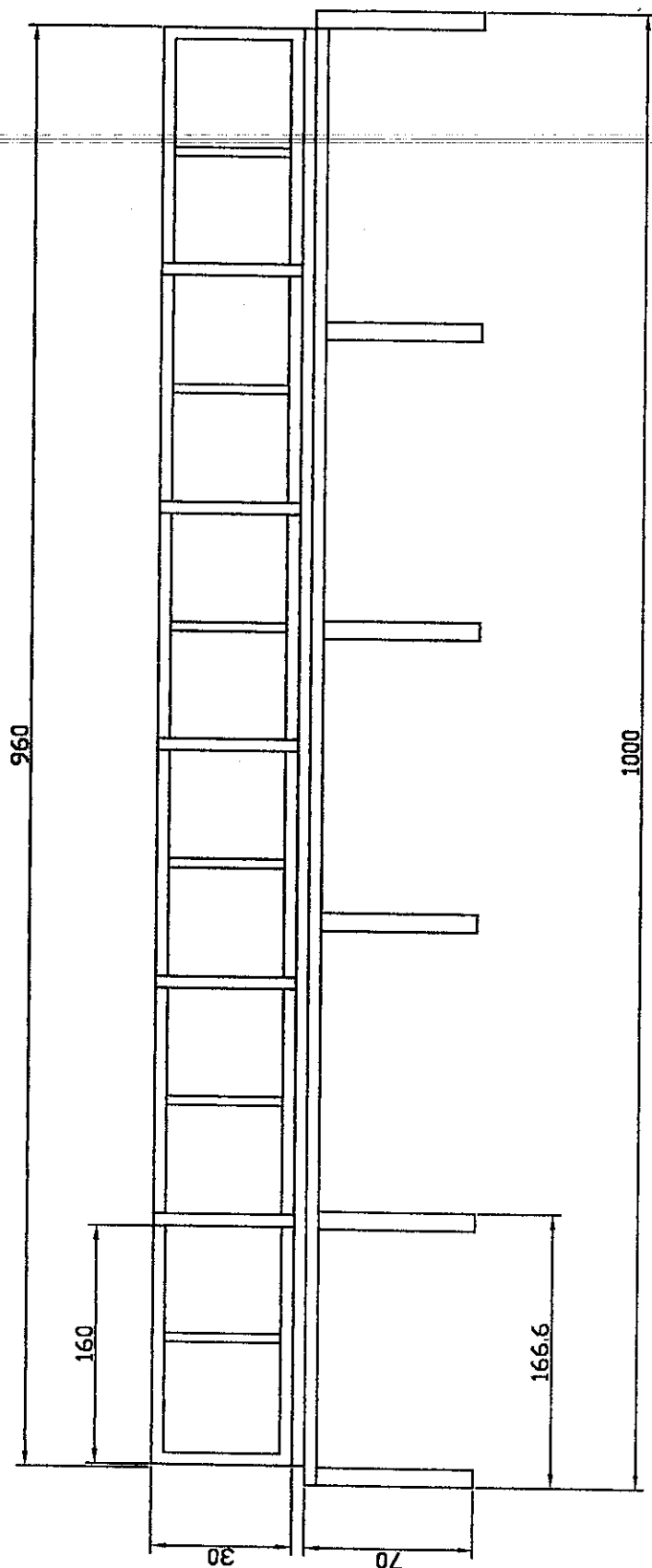
รูปที่ 3.4 ภาพประกอบของร้านตาก



Note : All dimension are in cm.

รูปที่ 3.5 ภาพ Side View ของตู้ตาก

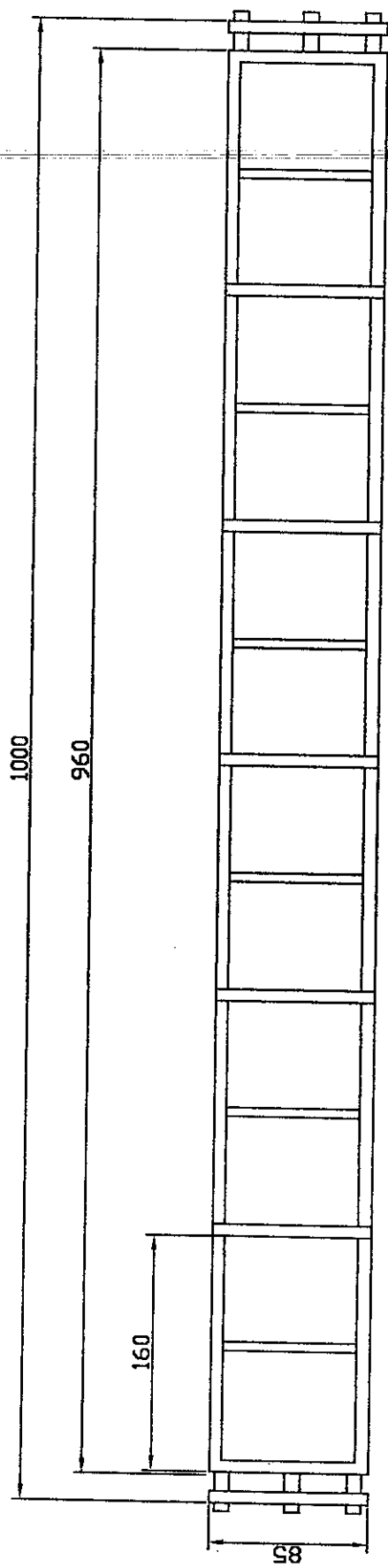
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY		
THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING BANANA TABLE		
Scale : 1/10	Draw by : Anan	Drawing
date : 14/03/2003	CODE42370619	plate 1/1



รูปที่ 3.6 ภาพ Front View ของร้านตาก

Note : All dimension are in cm.

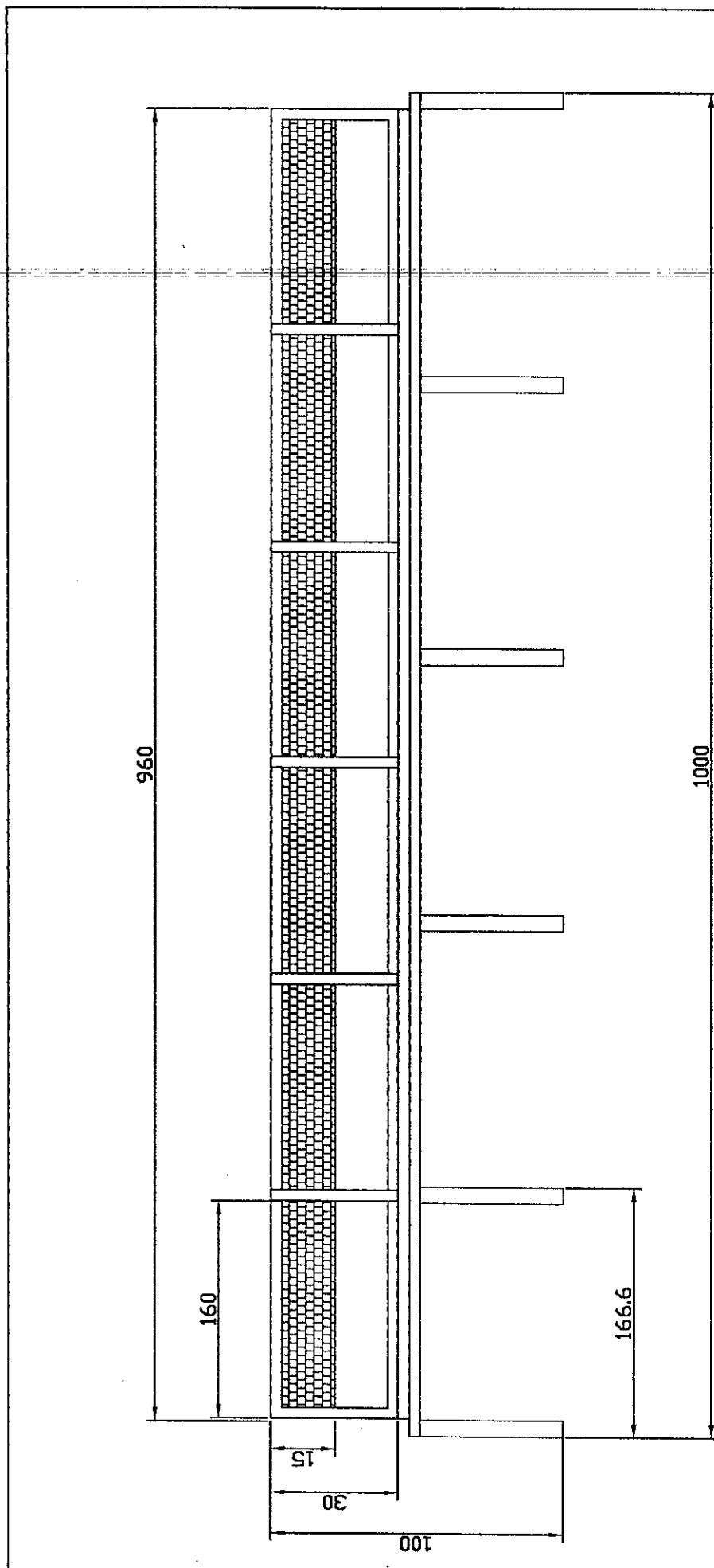
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY			
THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING BANANA TABLE			
Scale : 1/10	Draw by : Anan	Drawing	
date : 14/03/2003	CODE42370819	plate	1/1



รูปที่ 3.7 ภาพ Top View ของร้านตาก

Note : All dimension are in cm.

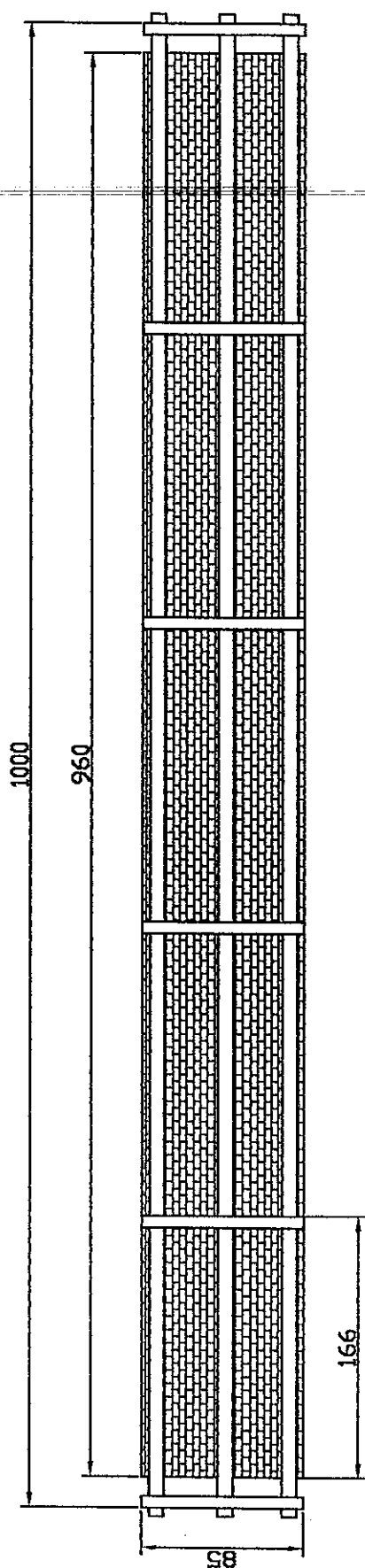
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY			
THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING BANANA TABLE			
Scale : 1/10	Draw by : Anan	Drawing	
date : 14/03/2003	CODE42370619	plate 1/1	



รูปที่ 3.8 ภาพ Black View ของร้านตาก

Note : All dimension are in cm.

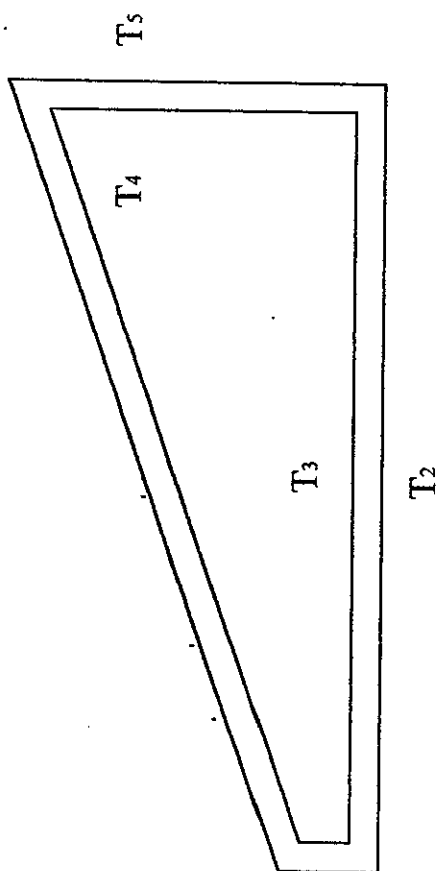
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING BANANA TABLE	
Scale : 1/10	Draw by : Anan
date : 14/03/2003	CODE 42370619
	Drawing plate 1/1



รูปที่ 3.9 ภาพ Bottom View ของร้านตาก

Note : All dimension are in cm.

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY		THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING BANANA TABLE	
Scale : 1/10	Draw by : Anan	Drawing	
date : 14/03/2003	CODE42370619	plate 1/1	



รูปที่ 3.10 ภาพแสดงการติดตั้ง Thermeter ของตู้ตาก

Note : All dimension are in cm.

FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

THE IMPROVEMENT OF SUNLIGHT DRYING
BANANA TABLE

Scale : 1/10

Draw by : Anan

Drawing

date : 14/03/2003

CODE42370619

plate 1/1