



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ก.1 เครื่องอบแห้งแบบตู้ที่มีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป ก.2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลความละเอียด 0.001 g ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP323S



รูป ก.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลความละเอียด 0.001 kg ยี่ห้อ Sartorius รุ่น EA35, EB35



ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดลองอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ข.1 ข้อมูลการทดลองและผลการคำนวณอัตราส่วนความชื้นของลำไยที่ถูกอุณหภูมิ 65 °C
 อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 65.92 kg_{dry air}/h-kg_{solid} พื้นที่หน้าตัด 0.4*0.4 m²
 ความเร็วลม 0.7 m/s ความชื้นสัมพัทธ์ 0.71
 น้ำหนักแห้ง 5.447 kg ความชื้นสมดุล 5.3 % d.b.
 ความสิ้นเปลืองพลังงานที่ Blower 2.6 Kw-h ความสิ้นเปลืองพลังงานที่ Heater 207.3 Kw-h

Time (h)	W (kg)	T _h (°C)	T _p (°C)	T _{di} (°C)	T _{do} (°C)	T _{blower} (°C)	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	M (%d.b.)	MR
0	18.162	65.4	26.5	64.5	31.4	27	26.2	22.3	233.43	1
0.25	17.962	65.6	28.6	64.1	40.2	27.1	26.2	22.1	229.75	0.984
0.5	17.767	68.8	44.7	65.3	49.9	27.6	26.8	22.5	226.17	0.968
0.75	17.547	67.4	52.9	66.2	55.2	28	27.4	23.4	222.14	0.951
1	17.357	66.4	55.3	65.1	56.7	28.3	27.4	24.3	218.65	0.935
1.5	16.982	66	56.1	64.7	57.5	28.1	28.8	24.6	211.76	0.905
2	16.637	65.9	56.6	64.6	58	28.7	27.9	23.5	205.43	0.877
2.5	16.312	66.3	57.1	65.1	58.7	29.5	28.5	24.5	199.46	0.851
3	16.012	66.2	57.8	65	58.9	29	28	24.5	193.95	0.827
4	15.392	65.7	58.1	64.8	58.9	28.6	27.6	23.3	182.57	0.777
5	14.842	66.6	58.9	65.2	59.9	28.1	26.5	22.8	172.48	0.733
6	14.332	65.7	59.1	64.6	59.9	27.1	25.9	22.4	163.11	0.692
8	13.407	65.6	59.3	64.6	59.9	26.8	25.2	21.6	146.13	0.617
10	12.517	65.4	59.4	64.5	60	25.9	24.3	21	129.79	0.546
12	11.767	65	59.8	63.8	60.4	24.8	23.6	20.3	116.02	0.485
14	11.042	65	59.8	63.9	60.4	24.1	22.4	19	102.71	0.427
16	10.362	65	60.1	64.1	60.4	23.7	22.8	19.1	90.23	0.372
18	9.728	65.3	60.5	64.2	60.7	23.8	22.8	19.4	78.59	0.321
20	9.142	65.4	61.1	64.5	61.3	23.9	23.3	19.3	67.83	0.274
22	8.587	65.9	61.4	64.5	61.7	26.5	25.4	21.5	57.64	0.23

ตาราง ข.1(ต่อ)

Time (h)	W (kg)	T _h °C	T _p °C	T _{di} °C	T _{do} °C	T _{blower} °C	T _{db} °C	T _{wb} °C	M %d.b.	MR
24	8.067	66.1	62.1	65	62.3	27	26.3	22.6	48.09	0.188
26	7.617	65.7	62.1	64.7	62.4	28.7	27.8	23.4	39.83	0.151
28	7.242	66.6	63	65.2	63.2	29	28.5	24.1	32.95	0.121
30	6.912	66	63	65.1	62.9	28.8	27	23.5	26.89	0.095
32	6.736	65.9	63.1	64.8	62.9	27	25.6	21.4	23.66	0.081
34	6.602	65.5	63.3	64.5	63	26.4	24.5	19.7	21.20	0.07
36	6.512	64.8	63.3	63.9	62.9	25.4	23.5	19.3	19.55	0.063
38	6.473	65.5	63.8	64.2	63.6	24	22.6	19.1	18.83	0.059
40	6.374	64.7	63.6	63.5	63.1	23.6	22.5	18.9	17.01	0.051
42	6.320	64.8	63.8	63.8	63.3	22.4	21.9	18.7	16.02	0.047
44	6.304	66.3	64.2	64.9	63.9	25.1	23.3	19.3	15.73	0.046
46	6.261	65.4	63.9	65.4	63.6	26.5	23.3	19.3	14.94	0.042
48	6.241	65.3	64.2	65.3	63.7	28.3	25.5	21.3	14.57	0.041
50	6.195	65.2	64.3	65.2	63.9	29	27.6	22.8	13.73	0.038
51	6.173	65	64.2	65	64	28.3	28.3	23.6	13.32	0.037
52	6.165	65.1	64.4	64.9	64	28.5	27.8	23.1	13.18	0.035

ตาราง ข.2 ข้อมูลการทดลองและผลการคำนวณอัตราส่วนความชื้นของลำไยที่ถูกอุณหภูมิ 75 °C
 อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 60.28 kg_{dry air}/h·kg_{solid} พื้นที่หน้าตัด 0.4*0.4 m²
 ความเร็วลม 0.7 m/s ความชื้นสัมพัทธ์ 0.76
 น้ำหนักแห้ง 5.979 kg ความชื้นสมดุล 3.6%d.b.
 ความสิ้นเปลืองพลังงานที่ Blower 2 Kw-h ความสิ้นเปลืองพลังงานที่ Heater 165.7 Kw-h

Time (h)	W (kg)	T _h (°C)	T _p (°C)	T _{di} (°C)	T _{do} (°C)	T _{blower} (°C)	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	M (%d.b.)	MR
0	19.822	76.5	24.3	75.1	25.3	27.6	27.5	23.1	234.43	1
0.25	19.617	76.4	30.5	75.1	73.1	27.7	27.7	23.5	230.97	0.985
0.5	19.257	76.8	35.1	75.5	49.7	28.4	28.5	24.7	224.90	0.959
0.75	18.922	76.8	45.3	75.3	56.7	28.8	28.8	24.3	219.25	0.934
1	18.482	77.3	50.4	75.6	59.4	29	29	25.8	211.82	0.902
1.5	17.917	76.4	52.3	75	69.6	29.8	29.4	26.8	202.29	0.86
2	17.342	76.8	58.1	75.2	70.6	30	30	27.8	192.59	0.818
2.5	16.827	76.8	58	75.5	70.8	29.8	29.7	27.4	183.90	0.78
3	16.362	77.1	58.4	75.5	71.1	29.5	29.1	27.5	176.05	0.746
4	15.462	76.6	58.6	75.3	70.9	29.1	28.6	26.1	160.87	0.68
5	14.582	77	58.9	75.5	71.4	28.8	28.1	26.3	146.02	0.615
6	13.917	77.3	59.3	76	65	29	28.4	25.4	134.80	0.567
8	12.432	77	60.4	75.5	66.8	28.5	27.8	24.3	109.75	0.458
10	11.167	77.5	60.7	75.8	68.9	27.3	26.5	23.2	88.408	0.365
12	10.097	76.6	62.1	75.1	70	26.8	26	22.4	70.355	0.286
14	9.212	76.7	63.5	75.9	71	26.4	25.5	23.1	55.424	0.221
16	8.602	76.5	65.2	75.2	71.4	26.1	25.1	23.5	45.132	0.176
18	7.837	77.4	67.5	75.1	72.3	26.4	25.6	22.4	32.225	0.12
20	7.722	77.23	67.8	75.3	73.1	27.5	26.7	22.6	30.285	0.112
22	7.432	76.8	68.3	75	73.8	28.3	27.4	23.4	25.392	0.091

24	7.192	76.5	69.5	75.5	74.1	28.1	27.4	22.1	21.343	0.073
----	-------	------	------	------	------	------	------	------	--------	-------

ตาราง ข.2 (ต่อ)

Time (h)	W (kg)	T _h °C	T _p °C	T _{di} °C	T _{do} °C	T _{blower} °C	T _{db} °C	T _{wb} °C	M %d.b.	MR
26	7.007	76.8	70.4	75.7	74.6	29.5	28.3	23.6	18.221	0.059
28	6.932	77.1	70.5	76.3	75	29.3	28.4	23.8	16.956	0.054
30	6.887	77.3	71	76	75.2	30.5	29.7	24.6	16.197	0.051
32	6.852	76.4	71.2	75.4	74.5	28.2	27.3	24.1	15.606	0.048
34	6.827	76.5	71	75.6	75	28.1	27	24	15.18	0.046
36	6.817	76.4	71.3	75.6	75.1	28	27.3	24.2	15.01	0.045
38	6.795	76.3	71.4	75.1	74.8	29.3	28	24.5	14.64	0.044
40	6.778	76.5	71.2	75.2	75	28.4	27.6	24.3	14.35	0.043
42	6.761	76.4	71.5	74.8	74.5	29	28.1	25	14.07	0.041
44	6.742	76.8	71.4	75.2	74.6	28	27.4	24.5	13.75	0.04

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

ตาราง ข.3 ข้อมูลการทดลองและผลการคำนวณอัตราส่วนความชื้นของลำไยที่อุณหภูมิ 85 °C
 อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 59.06 kg_{dry air}/h-kg_{solid} พื้นที่หน้าตัด 0.4*0.4 m²
 ความเร็วลม 0.7 m/s ความชื้นสัมพัทธ์ 0.76
 น้ำหนักแห้ง 6.045 kg ความชื้นสมดุล 3.1%d.b.
 ความสิ้นเปลืองพลังงานที่Blower 1.6Kw-h ความสิ้นเปลืองพลังงานที่Heater 126.6 Kw-h

Time (h)	W (kg)	T _h (°C)	T _p (°C)	T _{di} (°C)	T _{do} (°C)	T _{blower} (°C)	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	M (%d.b.)	MR
0	18.612	86.5	26	85.5	40.4	28.3	28	19	207.43	1
0.25	18.285	86.7	48.5	85.7	58.3	28.3	27.8	19.4	202.03	0.974
0.5	17.745	86.1	58.7	85.1	67.5	28.4	27.8	20	193.11	0.93
0.75	17.345	86.2	61.2	85.3	68.8	28.6	28.1	20.4	186.50	0.898
1	16.847	86.4	61.7	85.1	69.8	28.7	28	20.5	178.27	0.857
1.5	16.742	86.2	62.5	84.6	71.4	28.3	27.5	19.9	176.54	0.811
2	15.517	86.4	63.2	84.9	72.8	27.9	27.2	20	156.30	0.75
2.5	14.877	86.6	64.2	85.4	73.7	27.5	26.7	19.7	145.73	0.698
3	14.257	86.5	65.2	85.1	74.3	27.2	26.3	19.5	135.49	0.648
4	13.297	86.5	66.5	85	75.3	26.4	25.7	19	119.63	0.571
5	12.342	86	67.5	84.7	76.3	25.9	24.8	19.1	103.86	0.493
6	11.337	86.1	68.6	85.3	77	24.7	23.7	18.4	87.264	0.412
8	10.327	85.6	69.6	84.6	78.1	23.7	23.1	17.9	70.58	0.331
10	9.487	85.5	71.2	85	79.3	23.3	22.4	17.5	56.70	0.263
12	8.647	84.7	72.8	84.7	80.1	22.5	21.8	17.4	42.83	0.195
14	8.202	84.4	74.2	84.3	80.4	21.9	20.8	17	35.48	0.159
16	7.767	85.1	76.5	84.9	81.3	23.6	22.6	17.6	28.29	0.124
18	7.6	85.1	78.3	84.7	81.9	25.7	24.9	17.8	25.53	0.11
20	7.372	84.5	78.9	84.2	81.7	27.5	27	18.7	21.77	0.092
21	7.2	85.3	79.9	84.63	82.5	29	28.4	19.7	18.92	0.078

22	7.125	85.3	80.7	84.9	83	29.2	28.8	21.3	17.69	0.072
----	-------	------	------	------	----	------	------	------	-------	-------

ตาราง ข.3 (ต่อ)

Time (h)	W (kg)	T _h °C	T _p °C	T _{di} °C	T _{do} °C	T _{blower} °C	T _{db} °C	T _{wb} °C	M %d.b.	MR
23	7.05	85.7	80.7	84.7	83	27.9	27.1	20.6	16.45	0.066
24	7.012	85.6	81.1	85.1	83.2	28	27.2	20.5	15.82	0.063
25	6.982	84.8	81	85	83.1	25.8	24.8	19.4	15.32	0.06
26	6.951	85.3	81.5	84.6	82.5	29	28.4	19.7	14.81	0.058
27	6.931	85.3	81.6	84.9	83	29.2	28.8	21.3	14.48	0.056
28	6.903	85.7	81.1	84.7	83	27.9	27.1	20.6	14.02	0.054
29	6.892	85.6	81.9	85.1	83.2	28	27.2	20.5	13.84	0.053
30	6.881	84.8	81.9	85	83.1	25.8	24.8	19.4	13.66	0.052



ภาคผนวก ค
ข้อมูลการวัดอุณหภูมิและความเร็วลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ก.1 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้งอุณหภูมิ 65 °C

เวลา (min)	จุดที่ทดสอบ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	63.3	64.8	66	62.2	64.2	66.9	62.5	65.2	67.5
5	62.9	64.4	66	62.2	64.1	67.1	62.4	65	67.7
10	63.1	64.7	66.2	62.6	64.4	67.3	62.9	65.6	67.7
15	63.4	64.7	65.7	62.5	64.5	66.8	62.8	65	67.2
20	63.1	64.4	65.9	62.2	64.3	66.8	62.8	65.3	67.5
25	63.3	64.8	66.5	63.1	64.5	67.3	63.1	65.3	67.9
30	63.1	64.4	66	62.2	64.5	66.8	62.7	64.9	67.5
35	63.1	64.7	66.2	62.6	64.4	67.1	63.1	65.3	67.5
40	63.1	64.5	65.9	62.1	63.8	66.7	62.3	64.5	67.4
45	63.2	64.4	66	62.4	64.3	67.1	62.4	64.9	67.8
50	63.2	64.5	66.4	62.9	64.6	67.4	63.1	65.4	67.7
55	63	64.4	66.1	61.9	63.9	67	62.6	65	67.3
60	63.1	64.8	66	62.5	64.7	67.1	62.8	65.6	

ตาราง ก.2 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้งอุณหภูมิ 75 °C

เวลา (min)	จุดที่ทดสอบ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	73.9	75	76.6	73.6	75.4	78.1	73.9	76.2	78.2
5	74	75.1	76.2	73.9	75.4	77.5	73.9	75.9	77.9
10	74.2	75.2	76.2	73.8	75.4	77.2	74	76	77.8
15	74.3	75.5	76.3	74.1	75.4	77.5	74.2	76	78.1
20	74.5	75.4	76.6	73.9	75.4	77.5	74.2	76	78
25	74.7	75.8	76.8	74.2	75.5	77.9	74.5	76	78.1
30	74.8	75.7	76.9	74.5	76	77.9	74.7	76.3	78.5
35	74.5	75.6	76.7	74.2	75.7	77.7	74.6	76	78.1
40	74.6	75.4	76.9	74.2	75.5	77.5	74.4	76.2	78.1
45	74.8	75.7	76.8	74.3	75.8	77.5	74.6	76.1	78
50	74.8	76	76.7	74.5	75.7	78.1	74.6	76.3	78.3

55	74.5	75.8	76.8	74.4	75.7	77.5	74.7	76.4	78
60	74.5	75.5	76.6	74.2	75.4	77.7	74.5	76.4	78

ตาราง ก.3 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้งอุณหภูมิ 85 °C

เวลา (min)	จุดที่ทดสอบ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	83	84.3	85.4	83	84.9	86.9	83	85.3	87.6
5	83.1	84.4	85.7	83	84.7	87	83	85.2	87.3
10	83	84.1	85.4	82.7	84.3	86.3	82.7	84.9	87
15	83.1	84.5	85.9	82.7	84.2	86.9	83	85.2	87.5
20	83.1	84.2	85.5	82.5	84.3	86.6	82.7	85.1	87.2
25	82.9	84.3	85.6	82.8	84.4	86.7	82.9	84.9	87.1
30	83	84.2	85.7	82.7	84.6	86.6	83	85.2	87.3
35	83.3	84.6	86	82.7	84.7	87.1	83.3	85.5	87.8
40	83.1	84.6	85.8	82.8	84.8	86.8	83.1	85.1	87.4
45	83.2	84.5	85.5	82.4	84.2	86.9	82.7	85.1	87.3
50	83	84.3	85.7	82.8	84.5	87	83	85	87.6
55	83.3	84.8	86	82.8	84.6	87	83.2	85.2	87.6
60	83.5	84.9	85.6	83.1	85.1	86.9	83.2	85.2	87.3

ตาราง ก.4 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ในหน้าตัดของห้องอบแห้งเมื่อลมร้อนเข้าห้องอบแห้งอุณหภูมิ 95 °C

เวลา (min)	จุดที่ทดสอบ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	92	93.5	95.2	92.3	93.4	96.8	92.2	94.5	97.3
5	92.1	93.6	95.3	92.3	93.6	97	92	94.7	97.3
10	92.5	93.8	95.3	92	93.5	96.9	92.3	94.5	97.4
15	92.9	94.4	95.7	92.5	94.1	97.3	92.7	95.2	97.8
20	92.8	94.2	95.4	92.3	94.4	97.5	92.4	95.3	97.7
25	92.9	94.5	96	92.7	95	97.2	92.8	95.2	98.1
30	92.7	94.4	95.8	92.7	94.8	97	92.7	95	97.6
35	92.8	94.6	95.5	92.3	94.5	97.1	92.5	95.1	97.8
40	92.6	94.5	96.2	92.2	94.5	97.2	92.7	95.3	97.5
45	92.5	94.6	95.9	92.2	93.9	96.8	92.3	95	97.6

50	92.5	94.5	95.6	92.5	94.6	97.1	92.5	95.2	97.8
55	92.9	94.5	96	92.3	93.9	97.1	92.5	95	97.8
60	92.7	94.7	95.8	92.5	94.6	97.1	92.6	95.3	97.7

ตาราง ก.5 อุณหภูมิเนื้อลำไยภายในห้องอบแห้งขณะทำการอบแห้งลำไยที่ 65°C

เวลา(h)	จุดที่ทดสอบ					
	T1	T2	M1	M2	B1	B2
0	27.2	27.4	27.0	27.0	26.8	26.5
0.25	31.1	32	29.8	30.3	28.4	28.6
0.5	57.4	46.9	50.4	45.8	43.4	44.7
0.75	58.7	54.8	55.4	53.9	52	52.9
1	59.1	56.4	56.9	55.9	54.6	55.3
1.5	60	56.9	57.8	56.5	55.5	56.1
2	60.7	57.2	58.5	56.9	56.3	56.6
2.5	60.7	57.9	58.9	57.5	57	57.1
3	60.7	58.3	59.1	58.1	57.5	57.8
4	60.3	58.2	59.0	58.2	57.7	58.1
5	60.6	58.5	59.6	58.7	58.6	58.9
6	60.4	58.5	59.6	58.8	58.7	59.1
8	60	58.4	59.5	58.9	58.9	59.3
10	59.6	58.1	59.3	58.8	59	59.4
12	59.5	58.1	59.4	59.0	59.2	59.8
14	60	57.7	59.6	58.8	59.1	59.8
16	59.3	57.6	59.3	58.9	59.2	60.1
18	59.5	56.6	59.5	58.6	59.5	60.5
20	59.3	57.9	59.7	59.5	60	61.1
22	59.4	57	59.9	59.2	60.3	61.4
24	60.1	57.2	60.5	59.7	60.9	62.1
26	59.7	57.3	60.4	59.7	61.1	62.1
28	59.1	58	60.6	60.5	62	63
30	59.8	57.6	60.9	60.3	62	63

32	60	57.8	61.1	60.5	62.1	63.1
34	60.2	58.1	61.3	60.7	62.4	63.3
36	60	58.5	61.3	60.9	62.6	63.3
38	59.9	59.1	61.6	61.5	63.2	63.8
40	60.2	59.3	61.6	61.5	63	63.6
42	60.1	59.7	61.7	61.8	63.3	63.8
44	60.4	59.9	62.1	62.1	63.7	64.2

หมายเหตุ สัญลักษณ์ : T คือ ด้านบนของชั้นอบแห้ง : M คือ ด้านกลางของชั้นอบแห้ง : B คือ ด้านล่างของชั้นอบแห้ง
ตาราง ก.6 อุณหภูมิเนื้อลำไยภายในห้องอบแห้งขณะทำการอบแห้งลำไยที่ 75 °C

เวลา(h)	จุดที่ทดสอบ					
	T1	T2	M1	M2	B1	B2
0	24.2	24.3	24.1	24.1	24	24.3
0.25	36.4	35.8	34	32.5	32.5	30.5
0.5	60.6	50.6	46.8	39.5	43.2	35.1
0.75	63.3	58.4	55.8	49.5	53.1	45.3
1	64.3	58.7	59.5	55.2	55.2	50.4
1.5	63.8	57.5	59.1	56.5	56.4	52.3
2	64.7	62.5	60.4	58.4	58.4	58.1
2.5	65	62.8	60.7	59.3	58.1	58
3	65.3	63.3	61.3	59.1	59.5	58.4
4	65.3	63.5	61.6	59.4	59.6	58.6
5	65.9	64.3	62.4	59.3	60.1	58.9
6	66.8	65.2	63.2	60.2	60.1	59.3
8	67.2	66.2	64.6	61.2	62.1	60.4
10	68.6	67.9	66.5	62.7	63.9	60.7
12	68.8	68.2	67.1	64.1	64.8	62.1
14	69.3	68.6	67.6	66.7	66.2	63.5
16	69.7	68.8	68.1	67.5	68	65.2
18	70.4	69.7	69.1	68.6	68.4	67.5
20	71.5	70.4	70.4	69.3	69.2	67.8
22	72.3	70.9	71.1	70.2	70.5	68.3

24	73.4	71.8	71.8	71.2	71.1	69.5
26	73.9	72.7	72.8	71.8	71.5	70.4
28	74.4	73.8	73.8	72.1	72	70.5
30	74.6	74.3	74.6	73.4	72.3	71
32	73.9	73.9	73.6	73.5	73.2	71.2

หมายเหตุ สัญลักษณ์ : T คือ ด้านบนของชั้นอบแห้ง : M คือ ด้านกลางของชั้นอบแห้ง : B คือ ด้านล่างของชั้นอบแห้ง
 ตาราง ค.7 อุณหภูมิเนื้อลำไยภายในห้องอบแห้งขณะทำการอบแห้งลำไยที่ 85°C

เวลา(h)	จุดที่ทดสอบ					
	T1	T2	M1	M2	B1	B2
0	26.1	25.8	25.4	25.8	25.3	26
0.25	53.1	52.4	53.3	53.2	46.7	48.5
0.5	63.2	62	62.5	61.6	57.3	58.7
0.75	65.1	63.6	64.9	63.8	61.2	61.2
1	66	64.5	66.1	65	61	61.7
1.5	66.8	65.3	67.8	66.6	61.7	62.5
2	69.5	70	69.1	67.6	63.3	63.2
2.5	76.7	75.1	70.4	69.1	64.2	64.2
3	76.8	75.2	71.7	70.1	64.8	65.2
4	76.9	75.4	73.7	71.8	65.3	66.5
5	77.1	75.6	75.1	72.8	66.5	67.5
6	77.4	75.8	76.4	74	68.3	68.6
8	77.6	76.2	77.8	75	68.7	69.6
10	78.4	77.2	79.3	76.3	70.5	71.2
12	79.1	78.6	80.2	77.2	72	72.8
14	79.7	79.7	80.9	77.6	73.5	74.2
16	80.9	80.9	81.7	78.4	77	76.5
18	81.8	81.8	82.3	79	78.4	78.3
20	81.8	81.5	82.1	78.9	78.6	78.9
22	82.6	82.3	82.9	79.5	79.8	79.9
24	83.2	82.8	83.2	80	80.2	80.7

26	83.2	82.9	83.2	80	80.3	80.7
----	------	------	------	----	------	------

หมายเหตุ สัญลักษณ์ : T คือ ด้านบนของชั้นอบแห้ง : M คือ ด้านกลางของชั้นอบแห้ง : B คือ ด้านล่างของชั้นอบแห้ง

ตาราง ค8.ค่าความเร็วลมในห้องอบแห้งที่ตำแหน่งต่างๆ

จุดที่ทดลอง	ความเร็วลม(m/s)			
	0.5	0.7	0.9	1
1	0.48	0.71	0.9	0.98
2	0.5	0.72	0.91	0.99
3	0.51	0.69	0.92	1.1
4	0.48	0.7	0.9	1
5	0.49	0.68	0.88	1
6	0.52	0.69	0.89	1.02
7	0.5	0.71	0.89	1.01
8	0.48	0.7	0.88	0.99
9	0.49	0.68	0.81	0.98



ภาคผนวก ง

- การคำนวณความชื้นวัสดุ
- การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด
- การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

1. การคำนวณหาค่าความชื้นของวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุขึ้นหรือวัสดุแห้ง การหาค่าความชื้นของวัสดุโดยการชั่งน้ำหนักของวัสดุ แล้วนำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 103 °C ประมาณ 72 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง โดยน้ำหนักของวัสดุที่ผ่านการอบที่อุณหภูมินี้มาแล้วถือว่าเป็นน้ำหนักแห้ง จากนั้นก็สามารถนำไปคำนวณหาค่าความชื้นได้ตามสมการ

ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{(w-d)}{w} \quad (จ.1)$$

หรือความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{(w-d)}{d} \quad (จ.2)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, เศษส่วน

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เศษส่วน

w คือ น้ำหนักของวัสดุ, kg

d คือ น้ำหนักแห้งของวัสดุ, kg

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square)

ในการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์มีหลายวิธีและวิธีที่นิยมใช้กันมากคือการวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดและขอยกตัวอย่างโดยการพิจารณาสมการเชิงเส้นดังนี้

$$y = a + bx \quad (จ.3)$$

โดยที่จำนวนข้อมูลเท่ากับ m ค่าคือ $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)$ ค่าผลรวม S จะอยู่ในรูปดังนี้

$$S = \sum_{i=1}^m (y_i - a - b x_i)^2 \rightarrow \text{Minimum} \quad (จ.4)$$

เมื่อ S คือ ผลรวมของค่ายกกำลังสองของค่าแตกต่าง ซึ่งค่าที่น้อยที่สุดของ S เกิดขึ้นเมื่อทำการ
อนุพันธ์ย่อย $\frac{\partial S}{\partial a} = 0$ และ $\frac{\partial S}{\partial b} = 0$ ดังนี้

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^m (y_i - a - bx_i)^2}{\partial a} = \sum_{i=1}^m 2(a + bx_i - y_i) = 0 \quad (3.5)$$

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^m (y_i - a - bx_i)^2}{\partial b} = \sum_{i=1}^m 2(a + bx_i - y_i)x_i = 0 \quad (3.6)$$

จากการจัดสมการใหม่จะได้

$$ma + b\sum x_i = \sum y_i \quad (3.7)$$

$$a\sum x_i + b\sum x_i^2 = \sum x_i y_i \quad (3.8)$$

ซึ่งเมื่อทำการแทนค่าผลรวมของค่าตัวแปรอิสระ $\sum x_i$, $\sum x_i^2$ และค่าตัวแปรจริงที่ต้องการ $\sum y_i$ และ $\sum x_i y_i$ จะสามารถหาค่าคงที่ a และ b เพื่อแทนลงในสมการ $y = a + bx$ สมการดังกล่าวจะสามารถแทนค่าของข้อมูล ซึ่งให้ค่าความแตกต่างจากข้อมูลจริงน้อยที่สุดดังนี้

$$S = \sum_{i=1}^m R^2 = \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2 \longrightarrow \text{Minimum} \quad (3.9)$$

โดยที่ R^2 คือ ค่าความแตกต่างของค่าที่ได้จากสมการ \hat{y}_i เทียบกับค่าที่ได้จากข้อมูล y_i

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Statistica เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์

ตัวอย่างการวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด

การวิเคราะห์สมการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดของสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ มีลักษณะการวิเคราะห์ที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์ของค่าคงที่ของการอบแห้งในรูปสมการเอ็กโปเนนเชียลเมื่อมีข้อมูลการทดลองระหว่างอุณหภูมิความร้อนและค่าคงที่ของการอบแห้งดังแสดงในตาราง

$$K = c_1 \exp(c_2 T) \quad (3.10)$$

อุณหภูมิร้อน (T)	ค่าคงที่ (K)
50	0.070
60	0.102
70	0.167
80	0.220
90	0.314

และสามารถจัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$\ln(K) = \ln(c_1) + c_2 T \quad (3.11)$$

จัดสมการตามวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะได้

$$m \ln c_1 + c_2 \sum T = \sum \ln(K) \quad (3.12)$$

$$\ln c_1 \sum T + c_2 \sum T^2 = \sum (T)(\ln(K)) \quad (3.13)$$

ทำการหาผลบวกของเทอมต่างๆได้ดังนี้

T	K	ln(K)	T ²	T ln(K)
50	0.070	-2.659	2500	-132.963
60	0.102	-2.283	3600	-136.967
70	0.167	-1.790	4900	-125.283
80	0.220	-1.514	6400	-121.130
90	0.314	-1.158	8100	-104.253
Σ 350	0.873	-9.404	25500	-620.596

จากการแทนค่าในสมการ ๓.5 และ ๓.6 และทำการแก้สมการพบว่า

$$\ln c_1 = -4.519 \quad \text{หรือ} \quad c_1 = 0.0190 \quad \text{และ} \quad c_2 = 0.0377$$

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Analysis)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of covariance, ANCOVA) เป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะแบ่งตัวแปรออกเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม และในการวิเคราะห์ทางสถิติเบื้องต้น ตัวแปรตามจะมี 1 ตัวแต่ตัวแปรอิสระอาจจะมี 1 ตัวหรือมากกว่าก็ได้ และเรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way-ANOVA) แต่ถ้าตัวแปรอิสระมีมากกว่า 1 ตัวจะเรียกชื่อตามจำนวนตัวแปรอิสระ เช่น ตัวแปรอิสระ 2 ตัวเรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way-ANOVA)

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนมักนำค่าสถิติต่างๆที่ได้จากการคำนวณมาสรุปไว้ในรูปของตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	P
ระหว่างกลุ่ม (B)	k-1	SSB	MSB = SSB/(k-1)	MSB/MSW	
ภายในกลุ่ม (W)	n-k	SSW	MSW = SSW/(n-k)		
รวม (T)	n-1	SST			

เมื่อ df คือ ระดับขั้นความเสรี

SS คือ ผลรวมกำลังสอง

MS คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ย

F คือ ค่าสถิติ F หรือ $F_{\text{คำนวณ}}$

P คือ ความน่าจะเป็นของค่าสถิติ F

k คือ จำนวนกลุ่ม

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

MSB คือ ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

SS คือ ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยภายในกลุ่ม

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

- 1) ระดับข้อมูล
- 2) สมมติฐาน
- 3) ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ
- 4) ระดับนัยสำคัญ
- 5) การตัดสินใจ
- 6) การแปลผล

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม SPSS เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way-ANOVA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

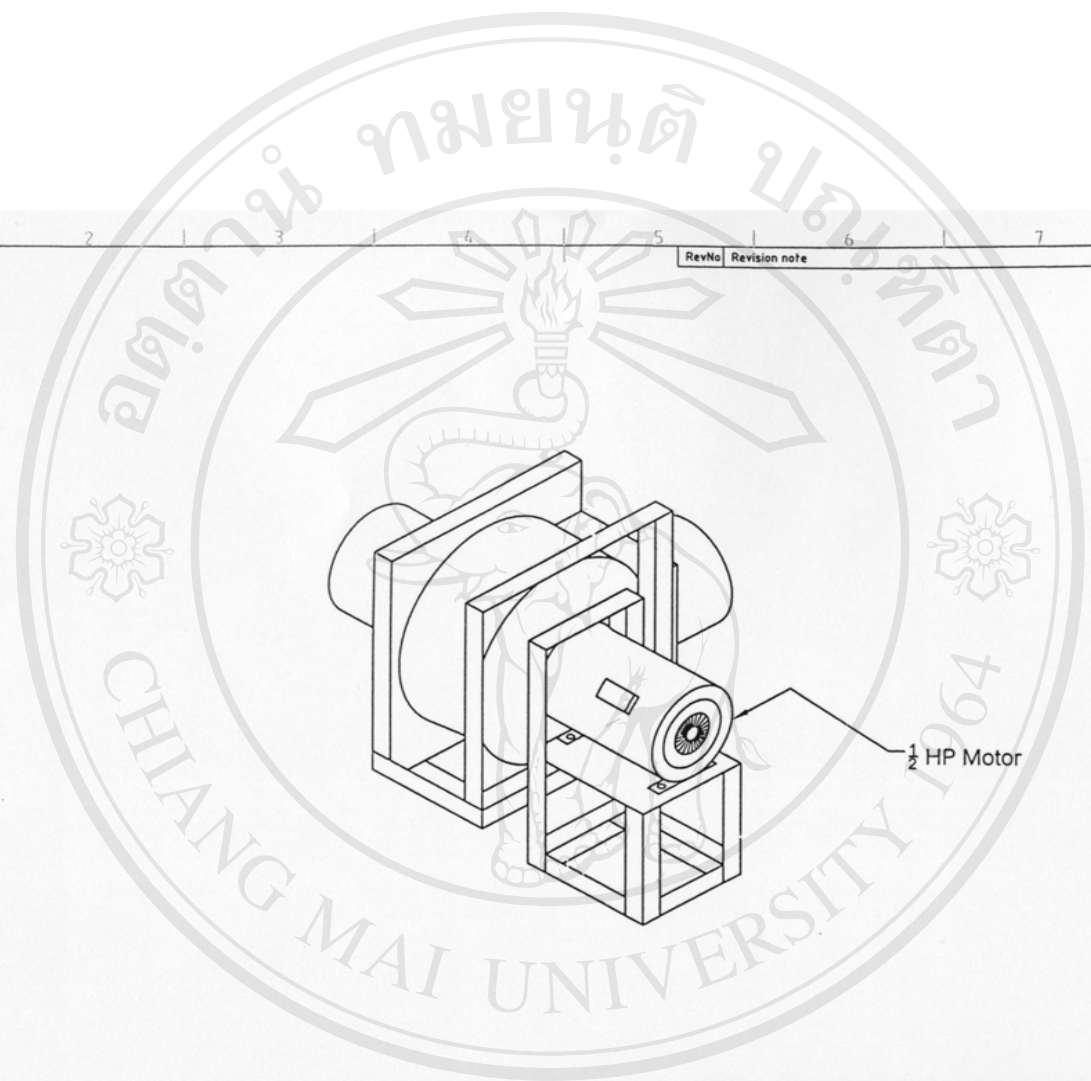


ภาคผนวก จ
แบบเครื่องอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

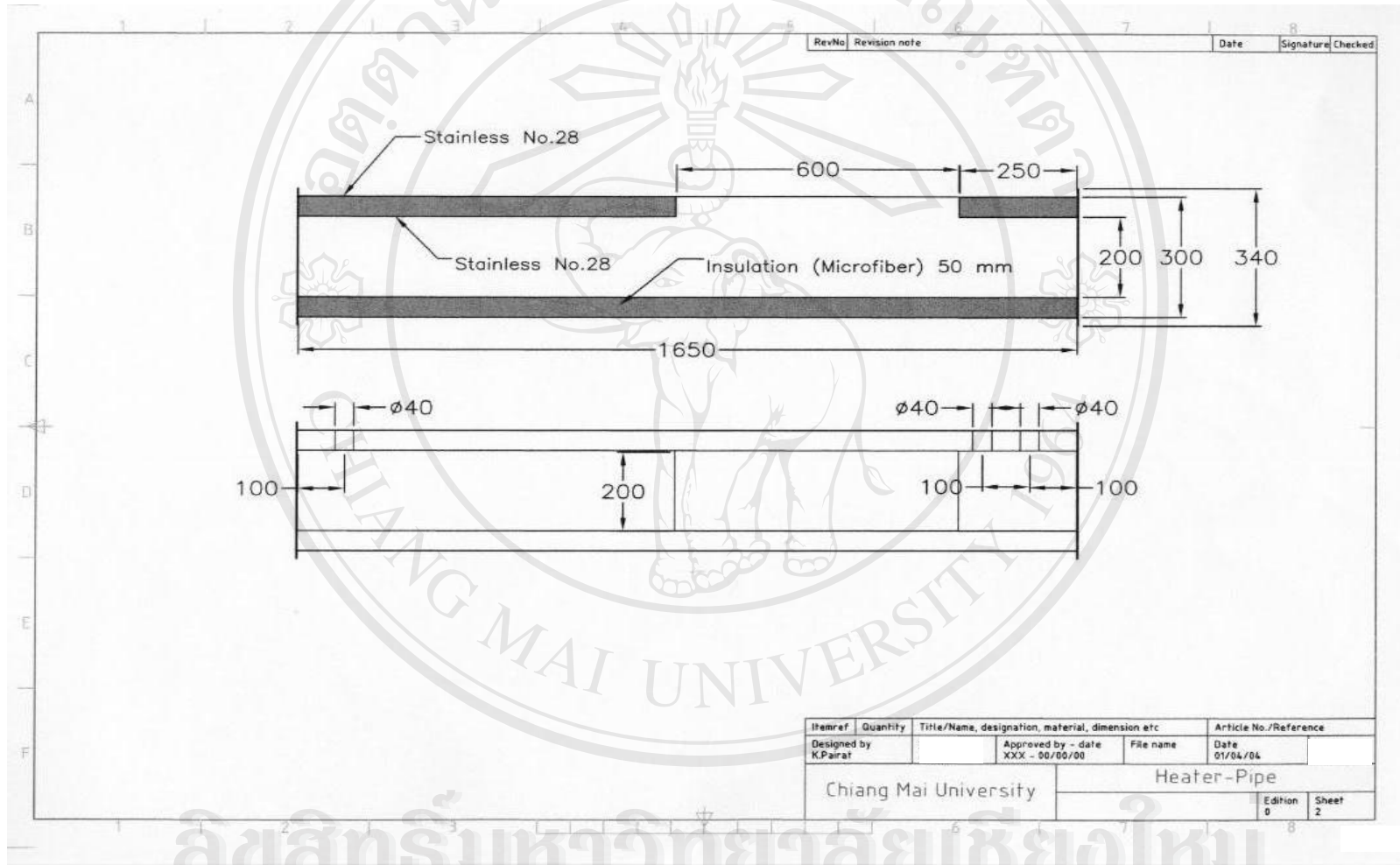


RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc	Article No./Reference
Designed by K.Pairat		Approved by - date XXX - 00/00/00	Date 01/04/04
Chiang Mai University		Blower	Edition 0
			Sheet 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

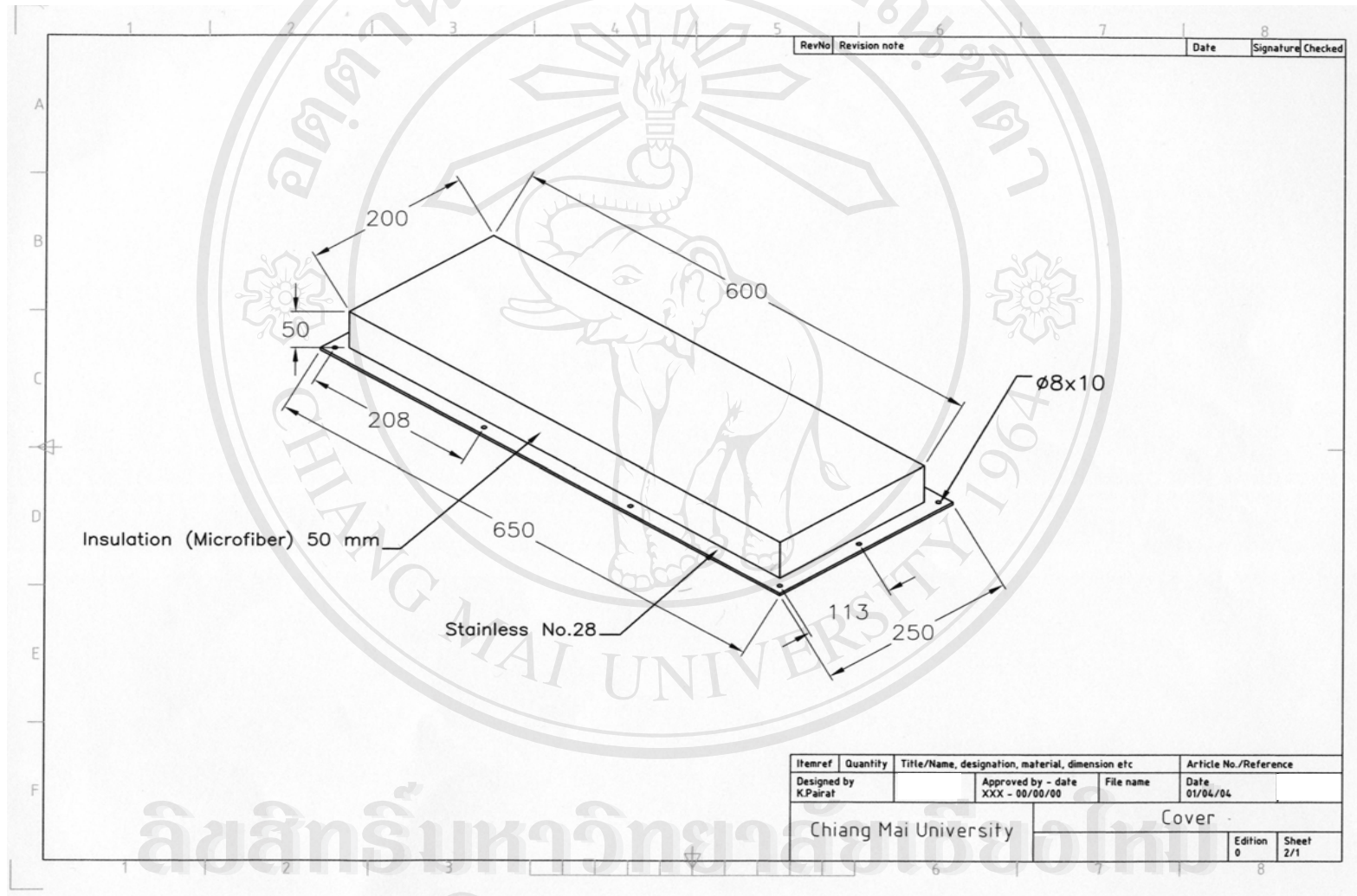
รูป จ2. พัดลม



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

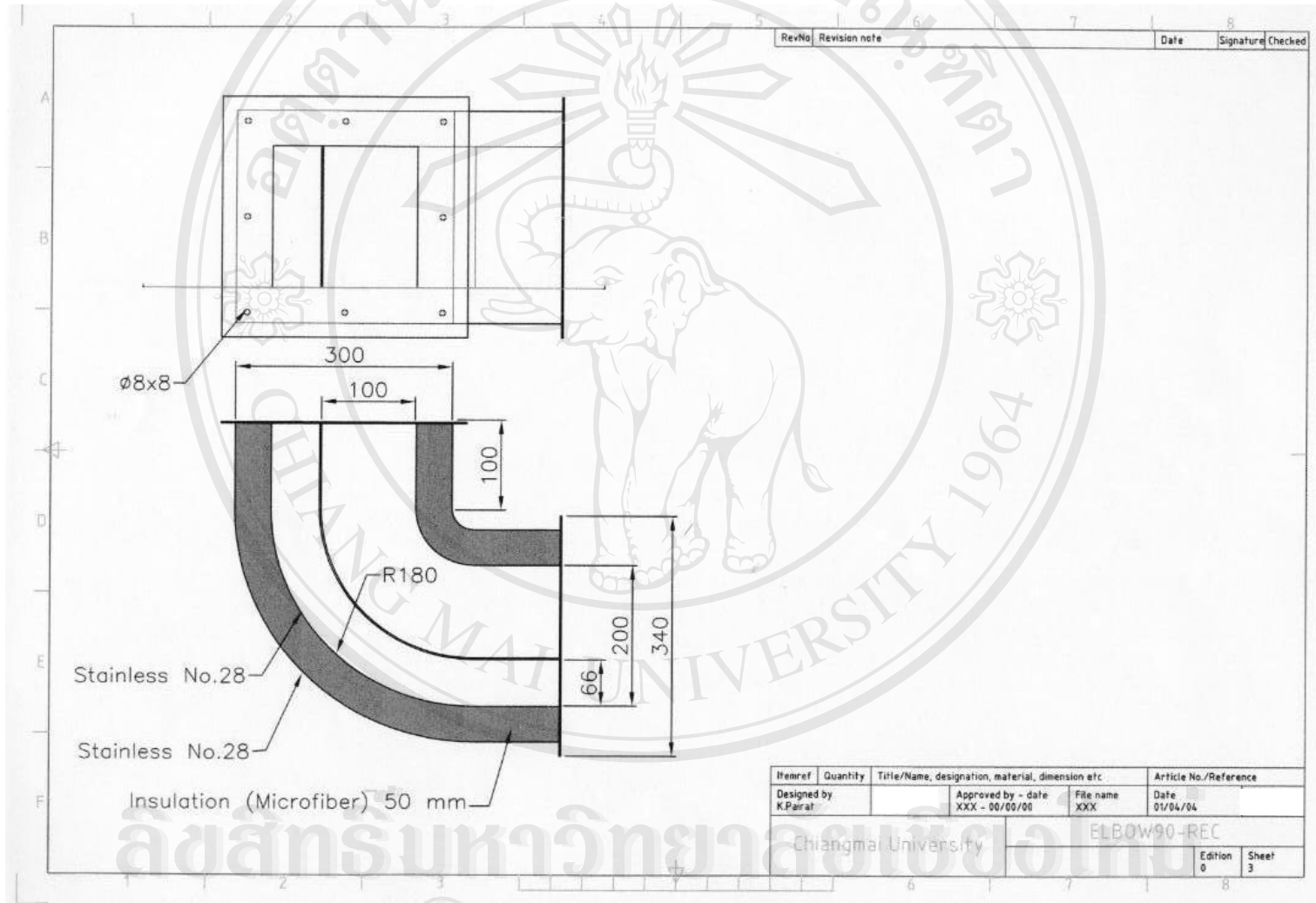
Copyright © by รูป จ3. ท่อฮีตเตอร์ Chiang Mai University

All rights reserved



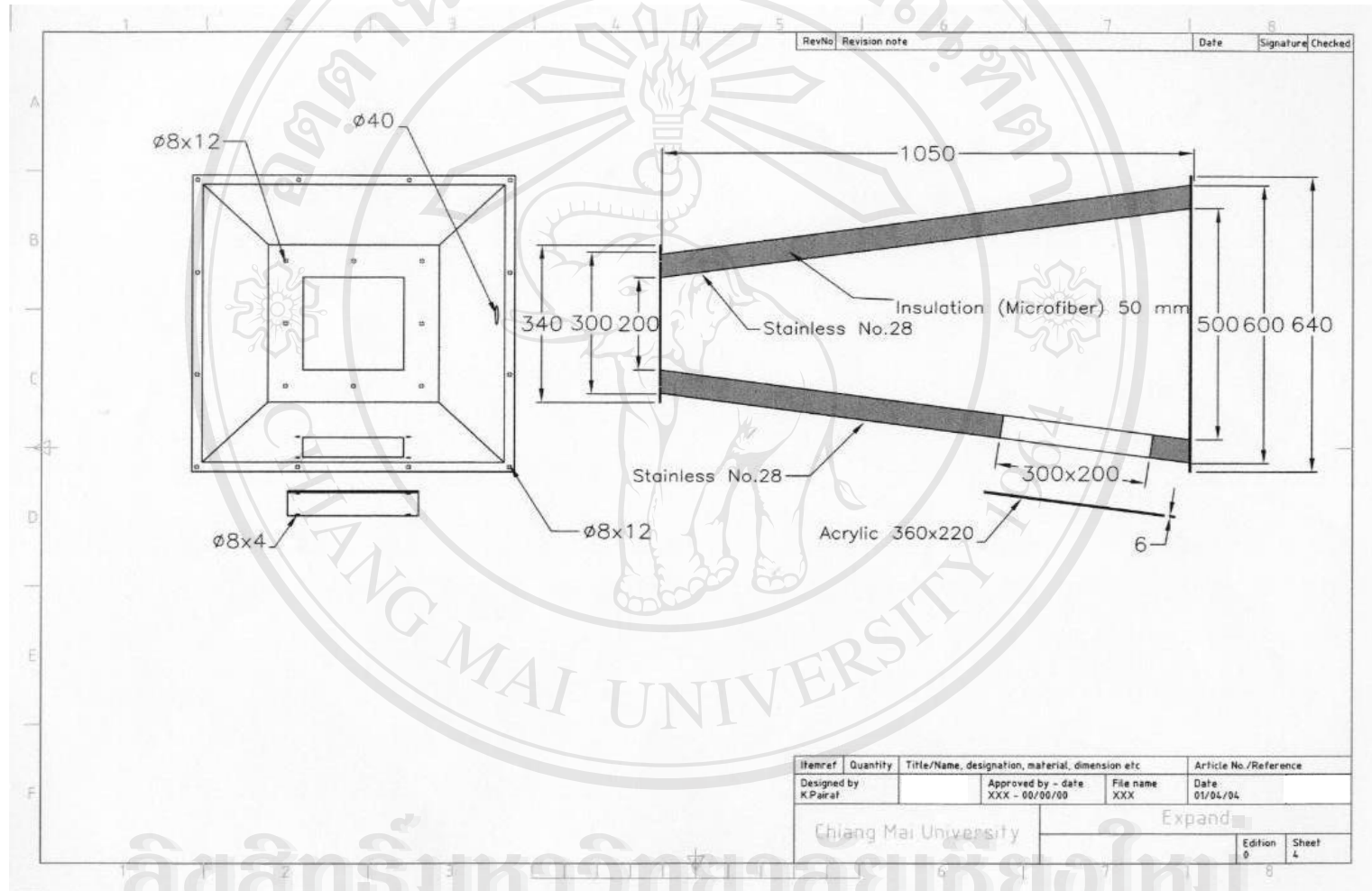
Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference	
Designed by K.Pairat		Approved by - date XXX - 00/00/00	File name	Date 01/04/04	
Chiang Mai University				Cover	
				Edition 0	Sheet 2/1

รูป จ4. ฝาครอบท่อฮีตเตอร์



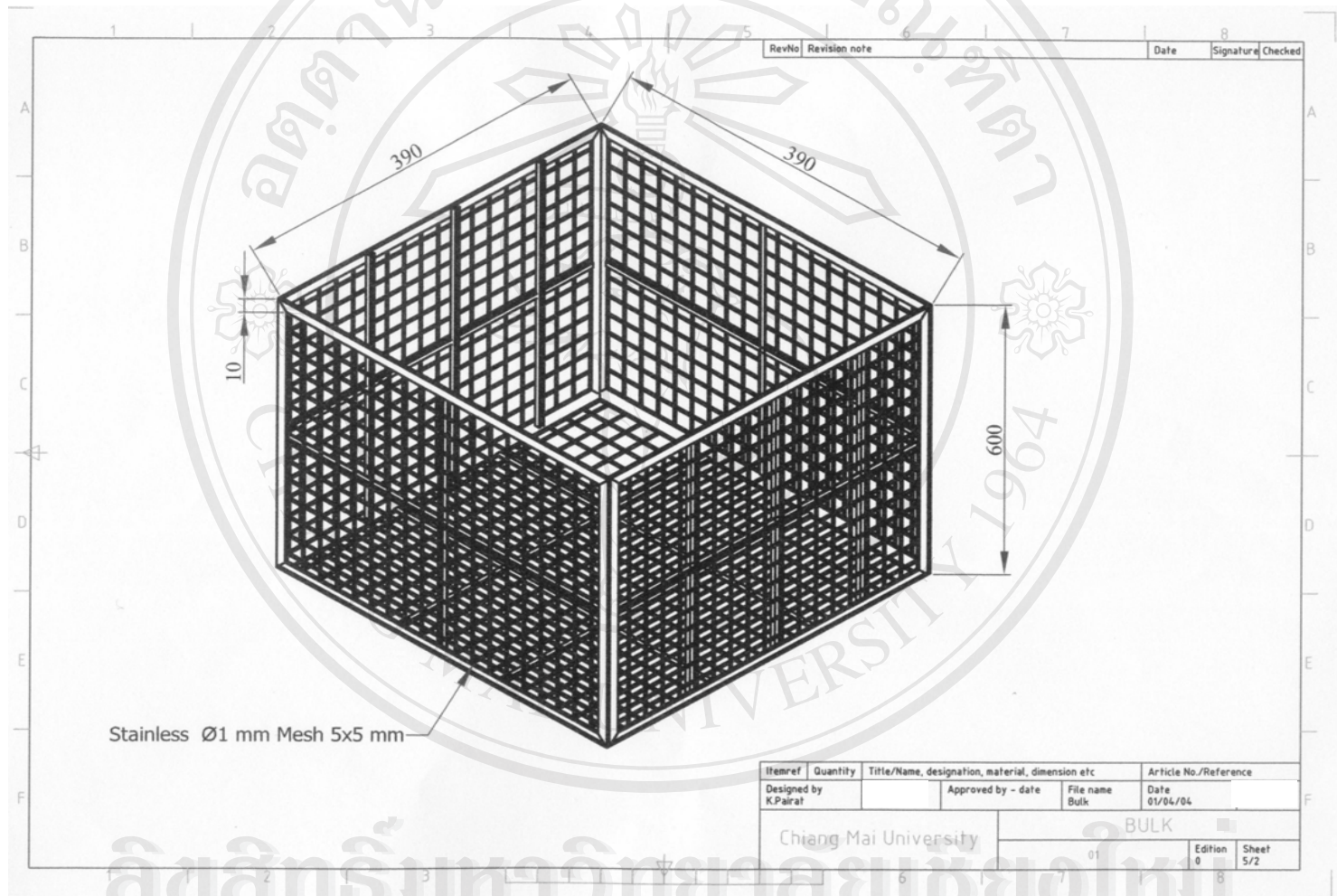
ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป จ5. ซ่อมอง 90° 1



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูป ๖. ท่อขยาย

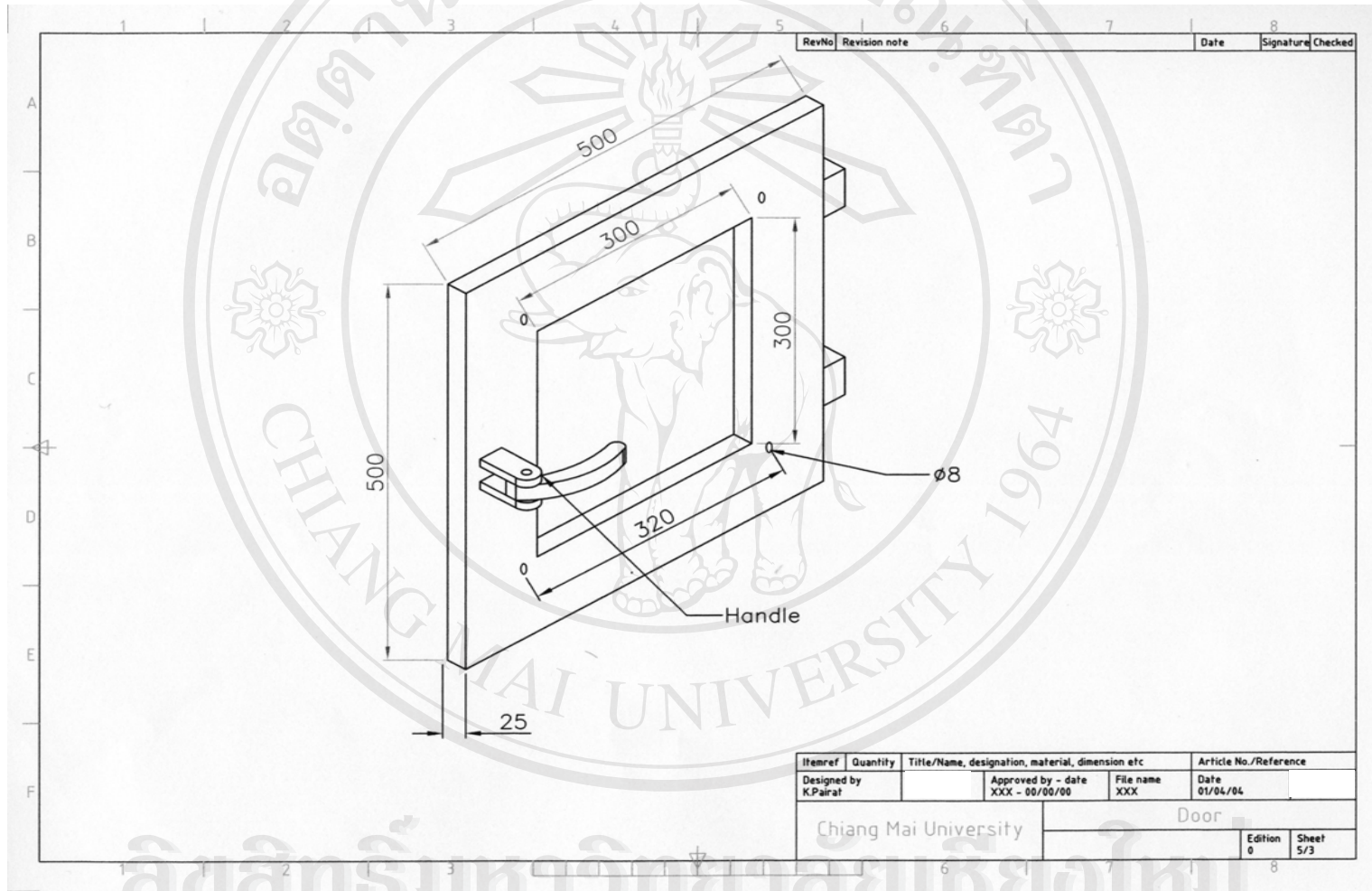


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

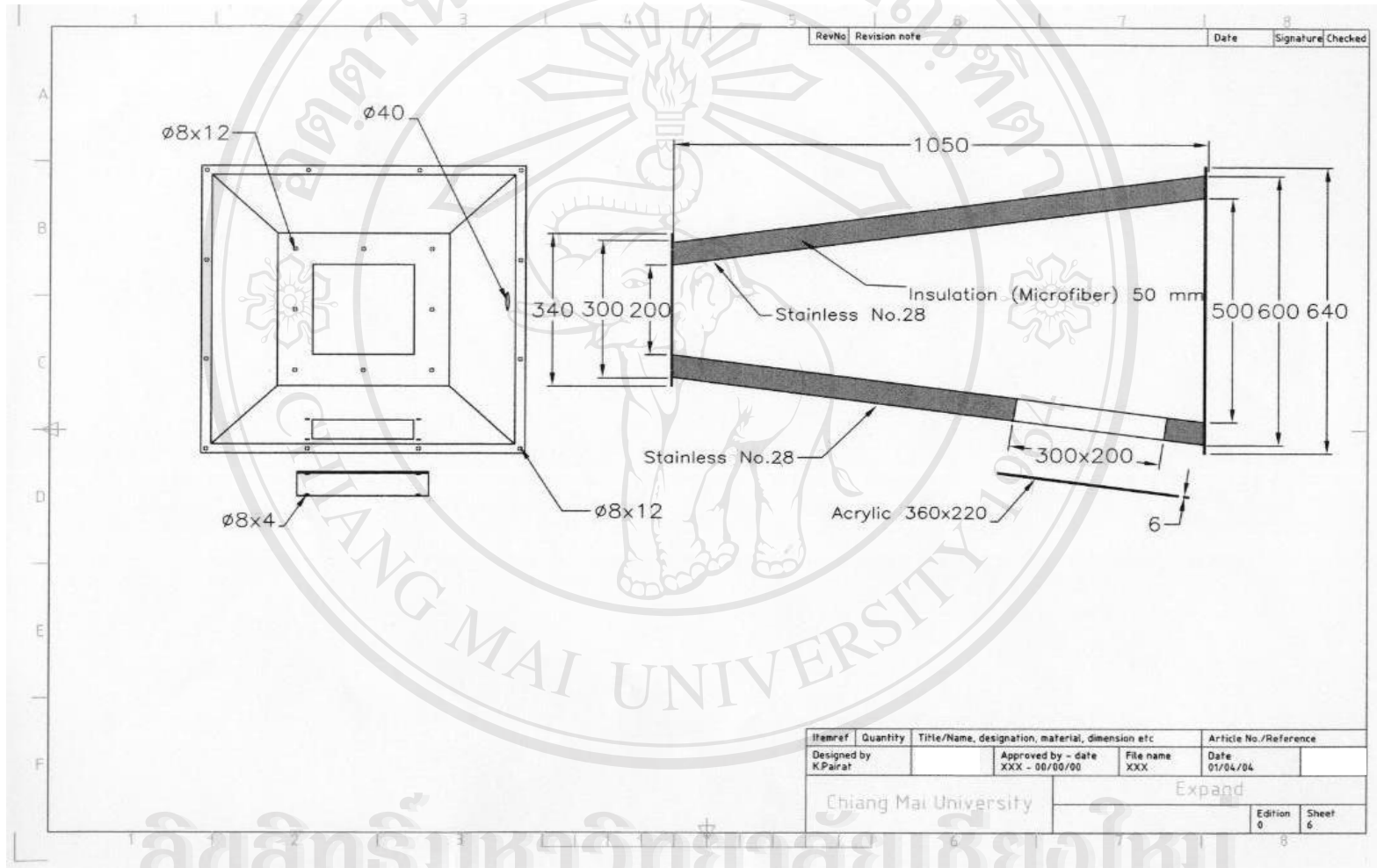
All rights reserved

รูป ๖๘. ตะแกรง



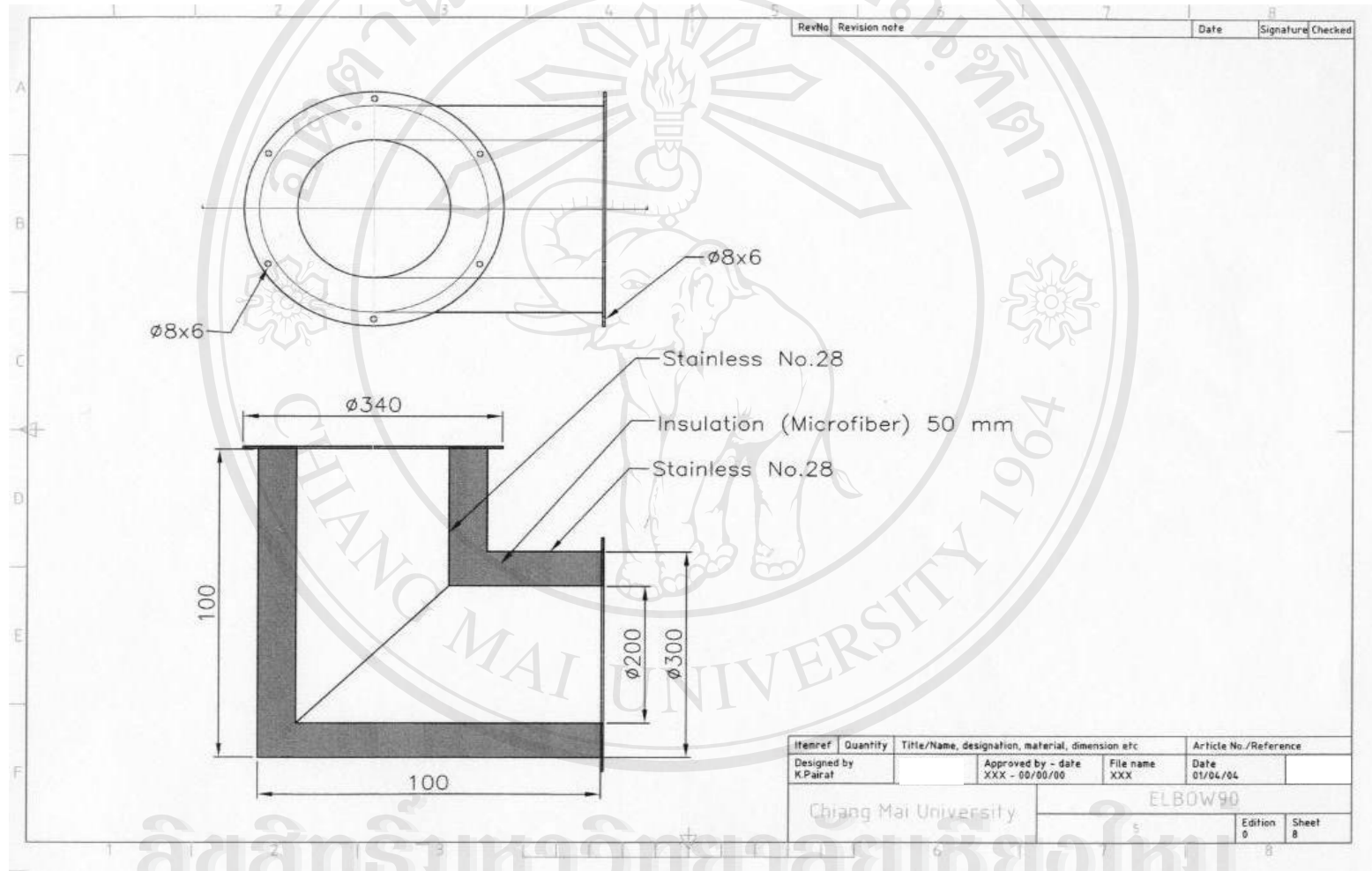
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูป ๑๙. ประตูเครื่องอบแห้ง

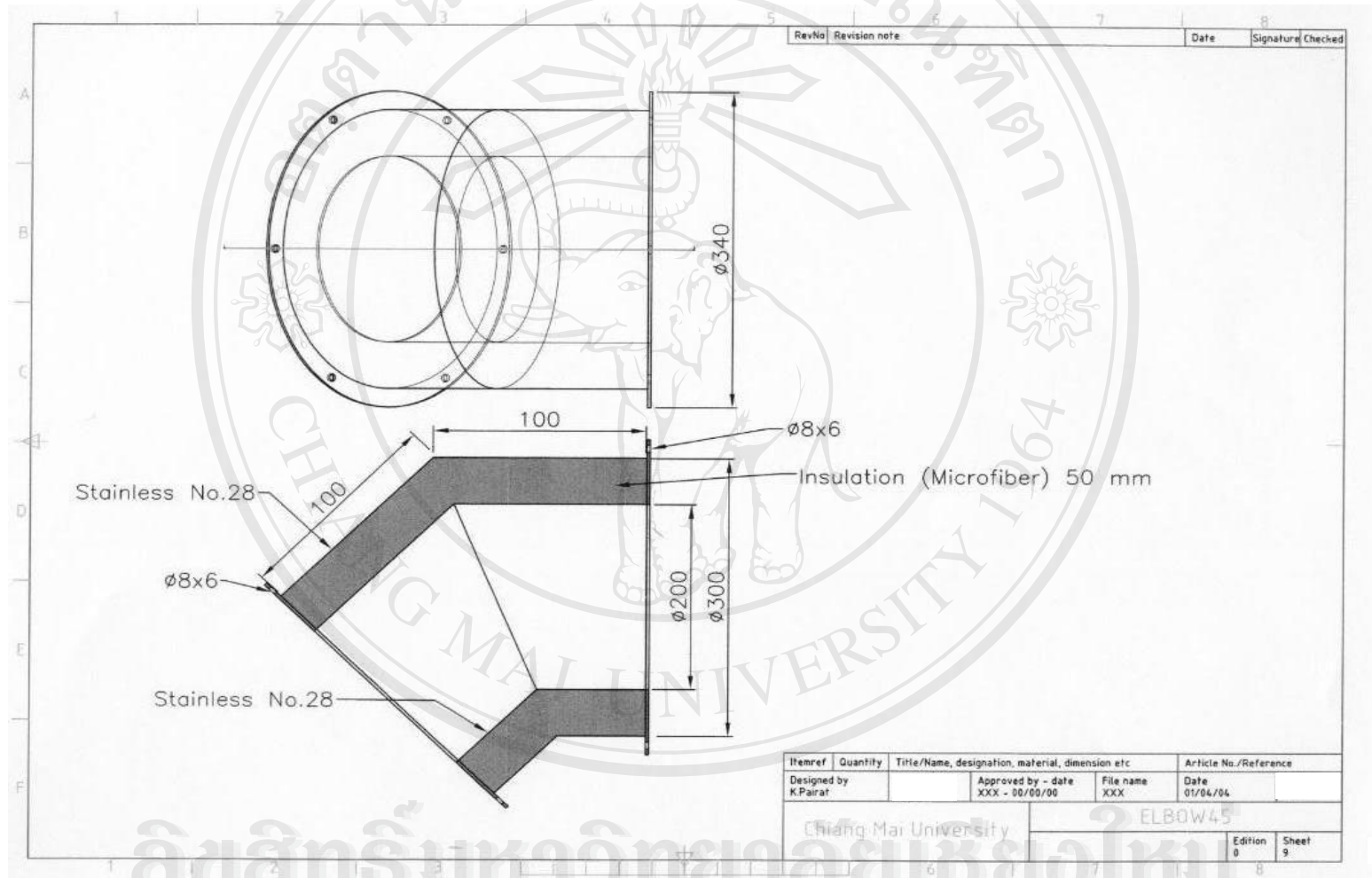


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by รูป ๑10. ท่อลดขนาด Chiang Mai University
All rights reserved

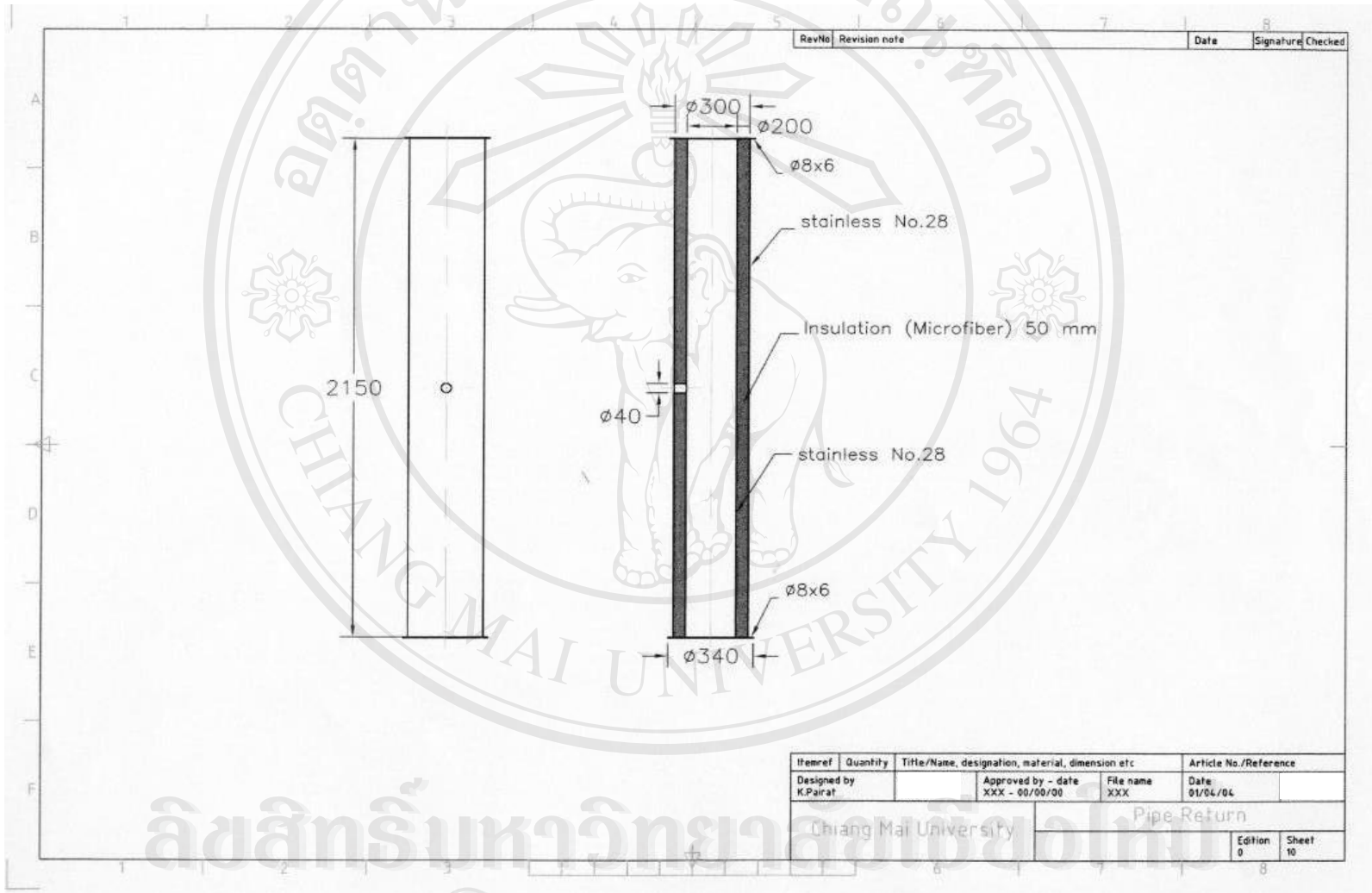


รูป จ12. ข้องอ90° 2



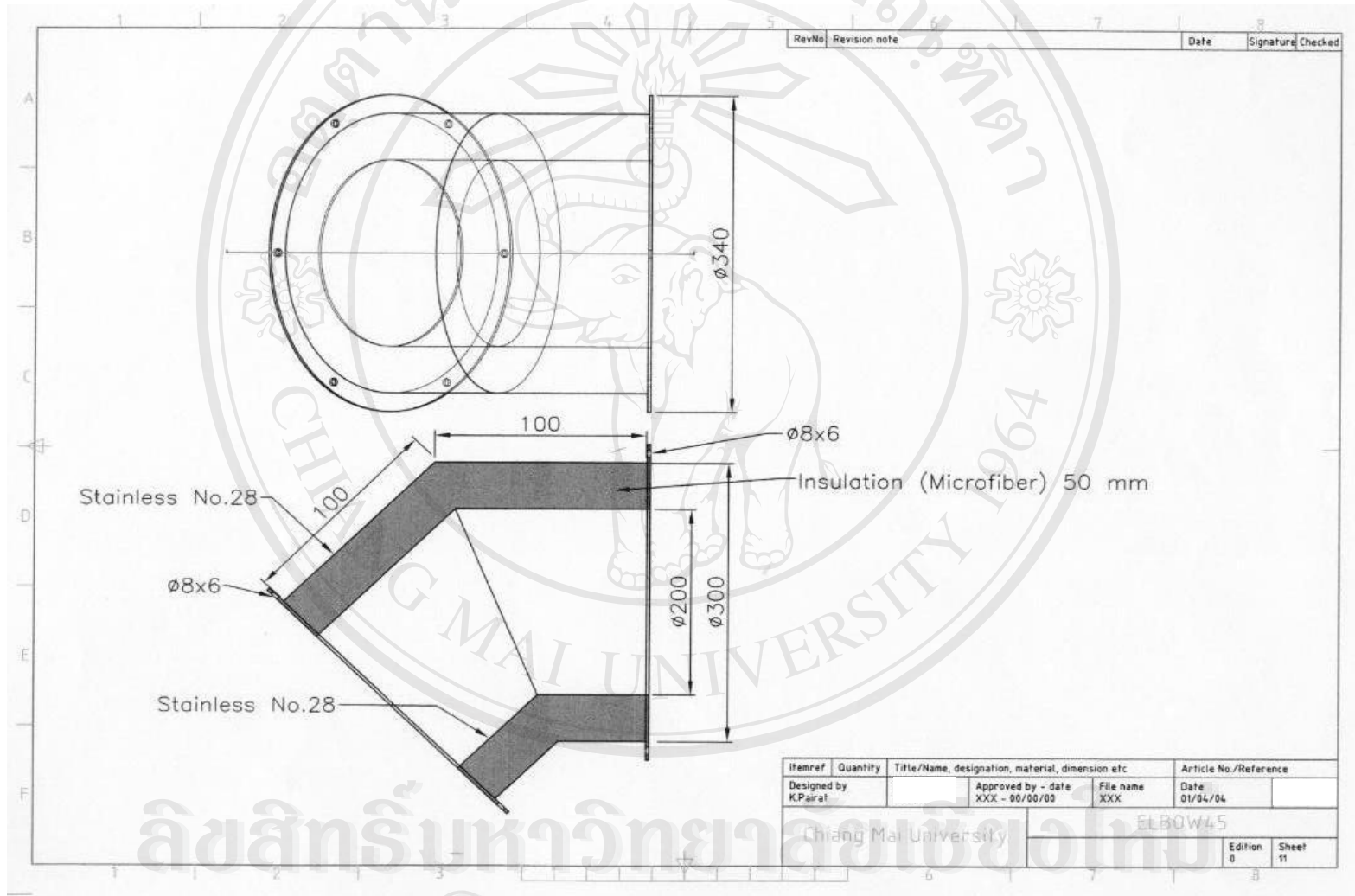
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูป จ13. ข้อจ45° 1



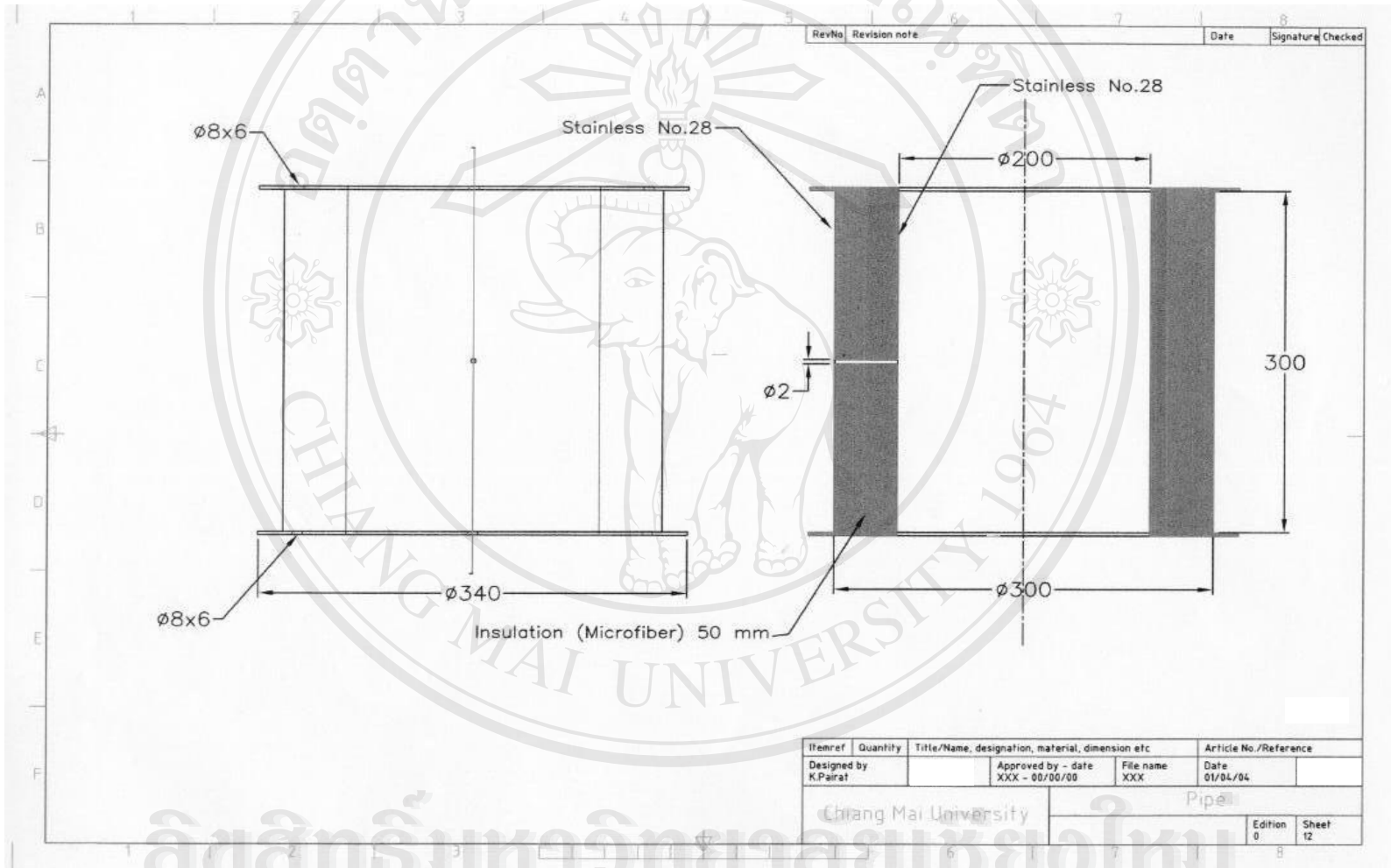
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูปจ14. ท่อตรงนำอากาศมาใช้ใหม่ 1



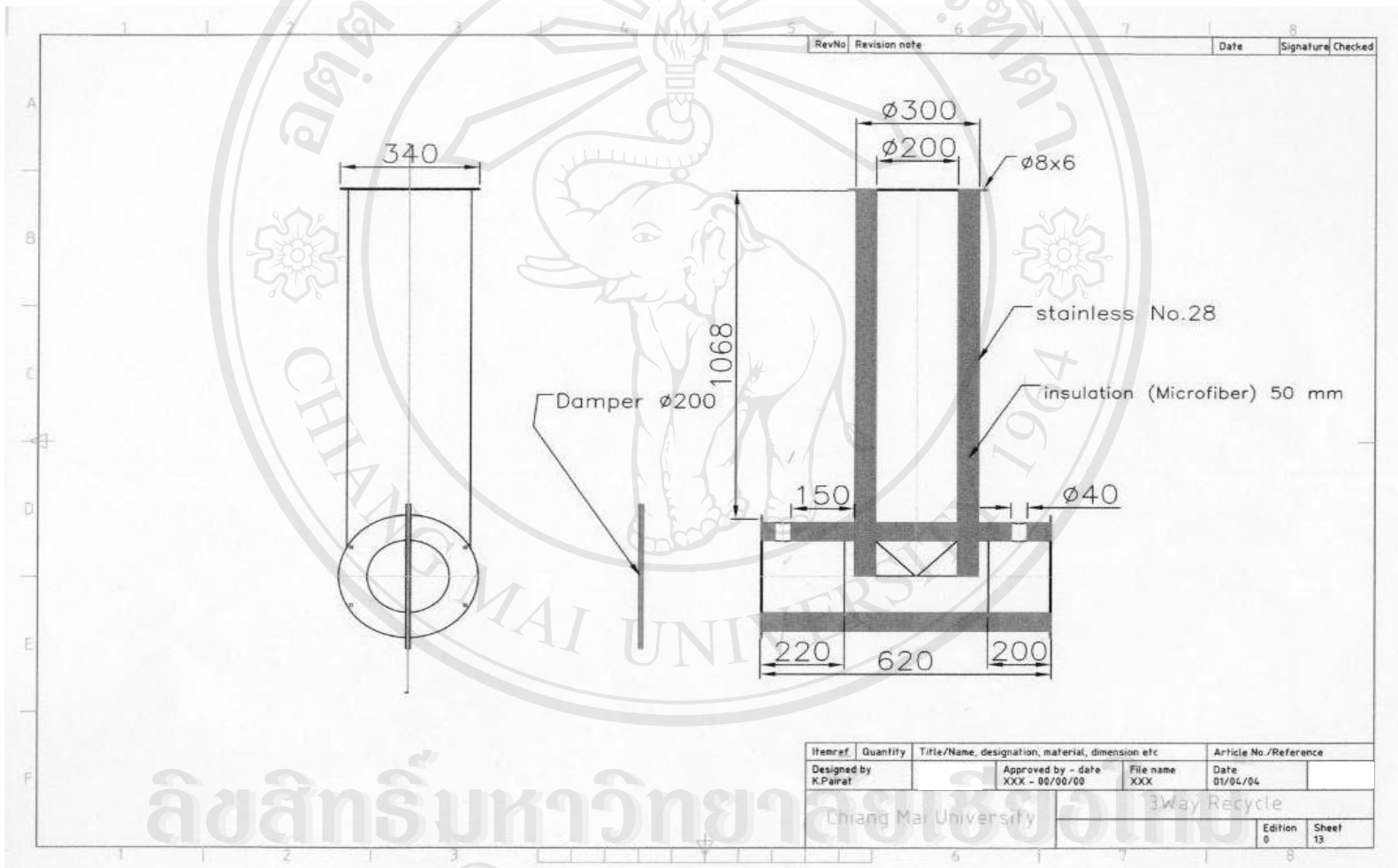
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูป จ 15. ข้อ ง 45° 2



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูป จ16.ท่อตรงนำอากาศมาใช้ใหม่ 2



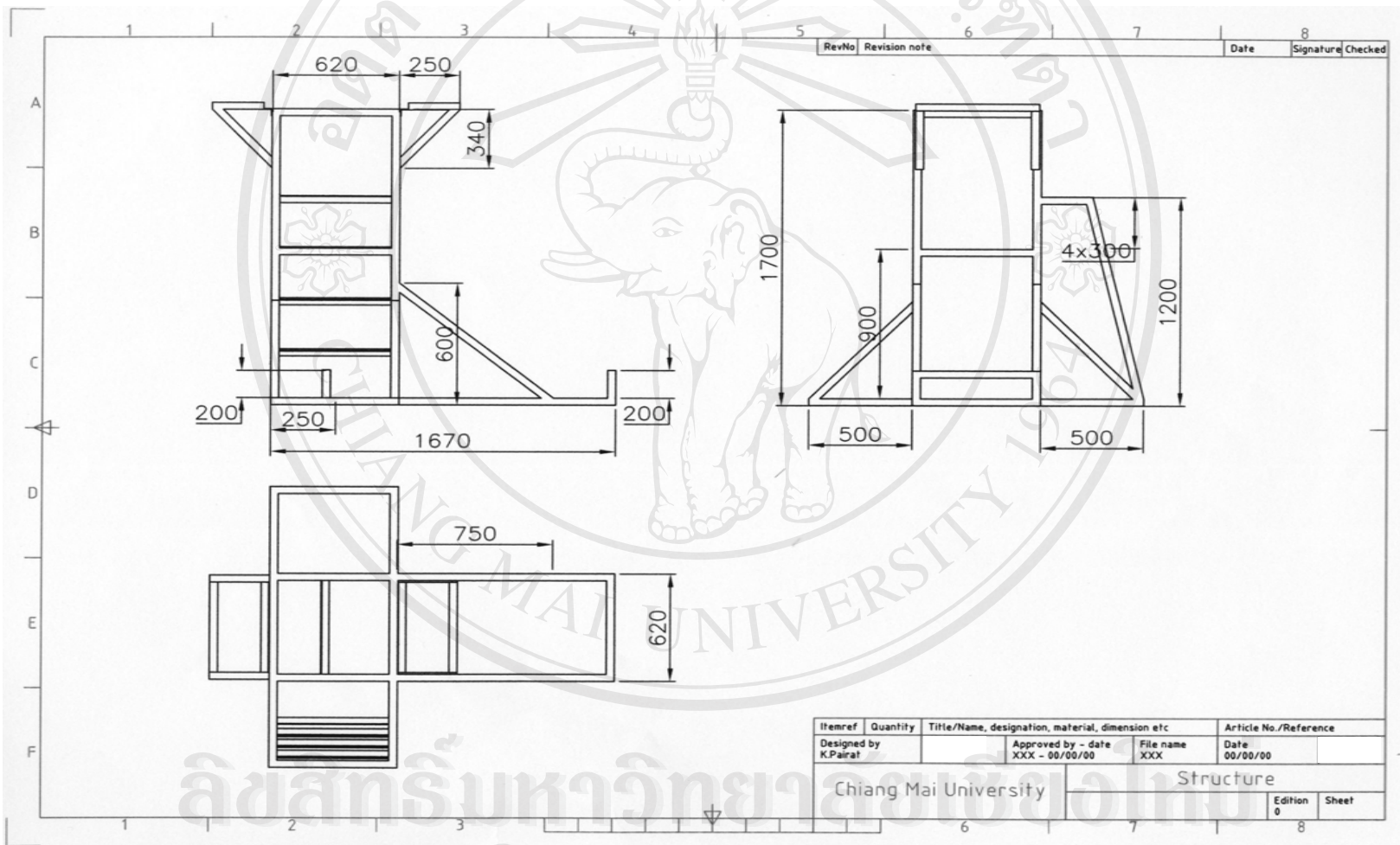
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

รูป จ17. ท่อสามทางนำอากาศมาใช้ใหม่ 2

RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked
-------	---------------	------	-----------	---------

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc		Article No./Reference
Designed by K.Pairat		Approved by - date XXX - 00/00/00	File name XXX	Date 01/04/04
Chiang Mai University			Duct	
			Edition 0	Sheet 14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 รูป จ18.ท่อแอร์คัก
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



รูป จ19. โครงสร้างเครื่องอบแห้ง



ภาคผนวก ฉ
ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการ

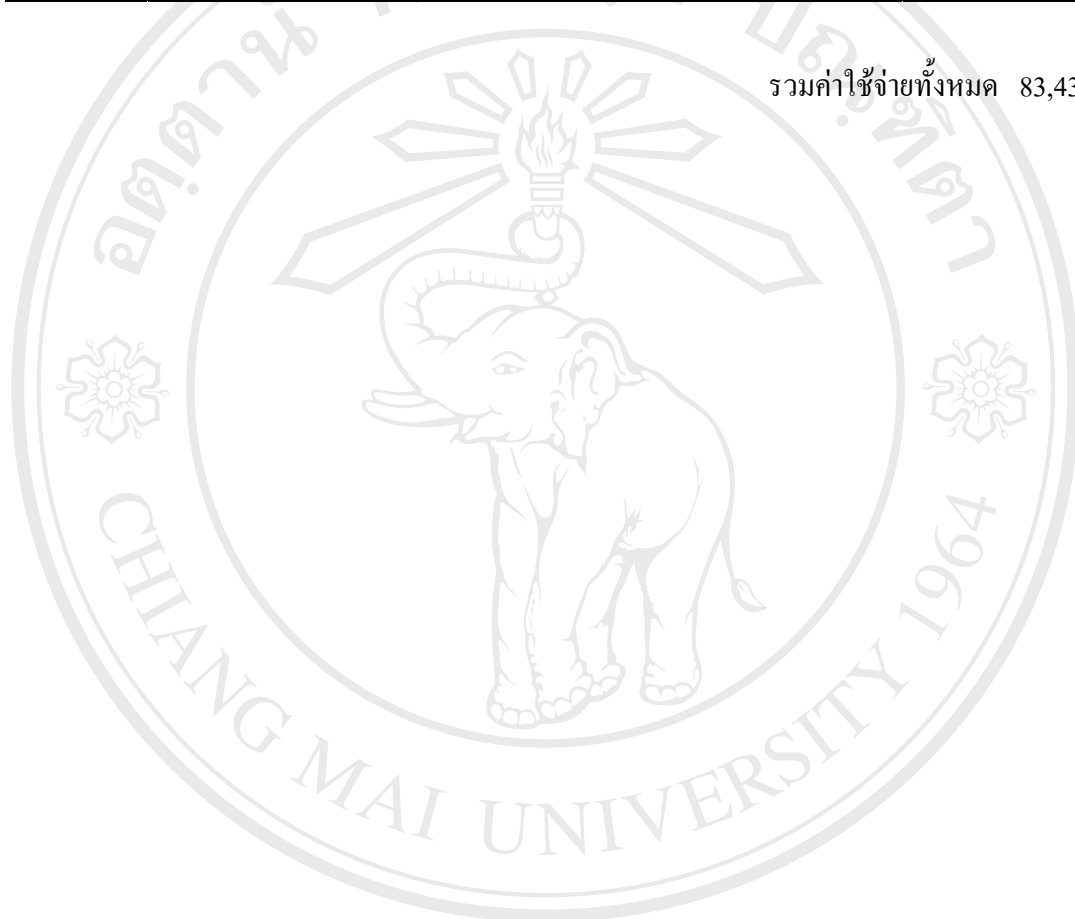
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง จ.1ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งในห้องปฏิบัติการ

รายการที่	ชื่อรายการ	จำนวน	ราคา(บาท)
1	แผ่นสแตนเลส	10	11,000
2	เหล็กแบน1นิ้ว	4	600
3	บานพับตัวบี	2	200
4	ค้ำจับ	1	150
5	แผ่นยางรอง	60	336
6	น็อตสแตนเลส	200	400
7	กระจกกันความร้อน	1	800
8	ตะแกรงสแตนเลส	1	1,500
9	เหล็กหน้าแปลน	13	3,250
10	ลูกยิงรีเว็ต	1	300
11	เหล็กฉาก	7	902
12	กล่องคอนโทรล	1	360
13	ฐานฟิวส์คอนโทรล 2A	2	130
14	แมกเนติกPAK11JT4.6A	1	880
15	แมกเนติกPAK11JT11A	1	1,360
16	เบกเกอร์ 2P 60A	1	1,185
17	เบกเกอร์ 2P 30A	3	1,620
18	ไฟลวดแฉั่มปี	4	260
19	Thermocouple DigiconMD900	1	5,750
20	มิเตอร์ 2P 30A	1	520
21	มิเตอร์ 2P 50A	1	600
23	สายไฟทนความร้อน	5	250
24	เทอร์โมคัปเปิ้ลJB-306X300	1	610
25	ฮีตเตอร์	7	11,250
26	อินเวอร์เตอร์ 0.5 HP	1	13,740

รายการที่	ชื่อรายการ	จำนวน	ราคา(บาท)
27	Blower-Motor 0.5 HP	1	3,800
28	เครื่องซั่งดิจิตอล	2	20,000
29	ฉนวนใยแก้ว	1	2,565

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด 83,438 บาท



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



ภาคผนวก ข

การคำนวณหาความดันสูญเสียของเครื่องอบแห้งและกราฟแสดงสมรรถนะของพัดลม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

การสูญเสียความดัน

- การสูญเสียความดันในท่อตรง

ASHRAE (2001) ในขณะที่อากาศไหลในท่อตรงความดันที่สูญเสียส่วนใหญ่มาจากความเสียดทานซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการของ Darcy-Weisbach

$$\Delta P_f = \frac{f L \rho v^2}{2D_h}$$

เมื่อ	ΔP_f	=	การสูญเสียความดันหลัก, Pa
	f	=	Friction factor
	D_h	=	Hydraulic diameter, m ในกรณีที่ไม่กลม = $4A/P$
	A	=	พื้นที่หน้าตัด, m^2
	L	=	ความยาวท่อ, m
	v	=	ความเร็วของไหล, m/s
	ρ	=	ความหนาแน่น, kg/m^3

หากว่าการไหลเป็นแบบราบเรียบ (ตัวเลขเรย์โนลด์ส์, Re มีค่าน้อยกว่า 2000) จะสามารถคำนวณค่าแฟคเตอร์ความเสียดทานได้จาก

$$f_D = \frac{64}{Re}$$

สมการสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนเบอร์ซูลัส Blasius ให้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$f = \frac{0.3164}{Re^{0.25}}$$

เมื่อ $Re \leq 10^5$

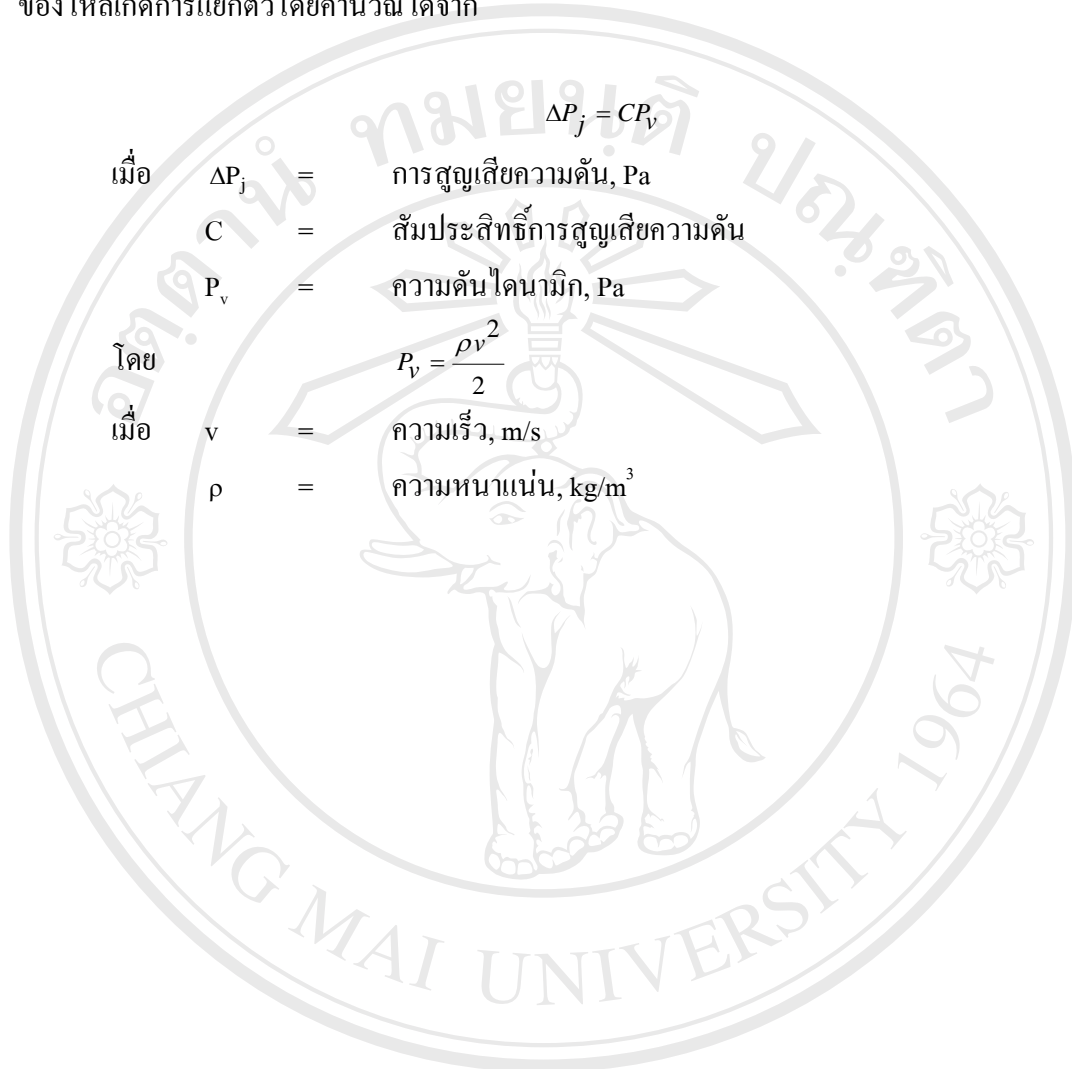
สำหรับสมการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายใช้สมการของ Colebrook คำนวณหาแฟคเตอร์ความเสียดทานสมการดังกล่าวจะได้ว่า

$$\frac{1}{f_D^{1/2}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re f_D^{1/2}} \right]$$

เมื่อ ϵ = แฟคเตอร์ความขรุขระของผิวท่อ, mm

- การสูญเสียความดันในข้อต่อท่อลดและท่อขยาย

ASHRAE(2001)การสูญเสียความดันในช่องหรือท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่คงที่ ทำให้ของไหลเกิดการแยกตัวโดยคำนวณได้จาก



$$\Delta P_j = CP_v$$

- เมื่อ ΔP_j = การสูญเสียความดัน, Pa
 C = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความดัน
 P_v = ความดันไดนามิก, Pa
- โดย $P_v = \frac{\rho v^2}{2}$
- เมื่อ v = ความเร็ว, m/s
 ρ = ความหนาแน่น, kg/m³

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การคำนวณหาความดันสูญเสียของเครื่องอบแห้ง

- ห้องอบแห้งมีความยาว 0.5 m และความยาว 0.5 m

- ความเร็วที่ห้องอบแห้งที่มากที่สุดในการออกแบบ 0.7 m/s

- อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ	$Q = AV$
	$= 0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 0.7\text{ m/s}$
	$= 0.175\text{ m}^3/\text{s}$
ความหนาแน่นของอากาศที่ 75°C	$\rho = 1.007\text{ kg/m}^3$
ความหนืดสัมบูรณ์	$\mu = 0.1275 \times 10^{-5}\text{ kg/m}\cdot\text{s}$

1. ท่อลมตรงเหลี่ยม

$Q = VA,$	$V = \frac{Q}{A}$
	$= \frac{0.175}{0.0314}$
	$= 5.5\text{ m/s}$
$Re = \frac{\rho VD}{\mu}$	$= \frac{1.077 \times 5.5 \times 0.2}{0.1275 \times 10^{-5}}$
	$= 13.447 \times 10^5$
$Dh = \frac{4A}{P}$	$= \frac{4 \times (0.2 \times 0.2)}{0.8}$
	$= 0.2$

ใช้ ε ของท่อจาก ASHRAE, 2001 ได้ค่า Medium smooth = 0.09

จากสมการ	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 Dh} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$
	$f' = 0.11 \left(\frac{\varepsilon}{Dh} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$
	$= 0.09009$
จากเงื่อนไข ถ้า	$f' > 0.018, f' = f$
	$f' < 0.018, f = 0.85 f' + 0.0028$

จากสมการของ Darcy

$$P = \frac{fL}{Dh} \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 26.128 \text{ Pa}$$

2. ข้องอ (Vane Fitting 90 องศา)

เทียบเท่ากับข้อต่อ CD3-9 Elbow, 5 Gore, 90 Degree จาก ASHRAE. 2001

$$C = 0.21$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0.175}{0.0314}$$

$$= 5.5 \text{ m/s}$$

$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 7.165 \text{ Pa}$$

3. ท่อขยาย

เทียบเท่ากับข้อต่อ No. B4-17 ใน ASHRAE 1981

$$A_0 = \text{พื้นที่หน้าตัดทางเข้า } 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \text{พื้นที่หน้าตัดทางออก } 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_0}{A_1} = 0.16$$

ที่ 30 องศา $C = 0.47$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 6.25 \text{ m/s}$$

$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 9.24 \text{ Pa}$$

4. ความดันสูญเสียในห้องอบแห้ง
สมการของอาจารย์วิวัฒน์จะได้

โดยจะคำนวณจากการใช้ค่าไยเป็นวัสดุอ้างอิงในการทดลองโดยใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

$$P = 105.95 \times (V)^{0.794}$$

$$V = 0.7 \text{ m/s}$$

$$P = 105.95 \text{ Pa}$$

5. ท่อลด

เทียบเท่ากับข้อต่อ No. B5-1 ใน ASHRAE. 1981

$$A_0 = \text{พื้นที่หน้าตัดทางเข้า } 0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \text{พื้นที่หน้าตัดขาออก } 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_0}{A_1} = 6.25$$

ที่ 30 องศา $C = 1.50$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 6.25 \text{ m/s}$$

$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 31.55 \text{ Pa}$$

6. ท่อลมแยก (Tee - way)

เทียบเท่ากับข้อต่อ No. SR5-13 ใน ASHRAE . 1997

$$A_c = \text{พื้นที่หน้าตัดท่อลมหลัก } 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$A_b = \text{พื้นที่หน้าตัดท่อลมแยก } 0.2 \times 0.2 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_b}{A_c} = 1$$

$$C = 1.00$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 6.25 \text{ m/s}$$

$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 21.035 \text{ Pa}$$

7. ข้องอ (Vane fitting 45 องศา)

เทียบเท่ากับข้อต่อ No. CD3-17 Elbow ใน ASHRAE. 1997

$$C = 0.34$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 6.25 \text{ m/s}$$

$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 7.15 \text{ Pa}$$

8. ท่อตรงกลม (Retune)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0.175}{0.0314}$$

$$= 5.5 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$= 13.447 \times 10^5$$

$$Dh = 0.2$$

ใช้ ε ของท่อจาก ASHRAE. 2001 ได้ค่า Medium smooth = 0.09

จากสมการ	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 Dh} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$
	$f' = 0.11 \left(\frac{\varepsilon}{Dh} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$
	$= 0.09009$
จากเงื่อนไข ถ้า	$f' > 0.018, f' = f$
	$f' < 0.018, f = 0.85 f' + 0.0028$

จากสมการของ Darcy

$$P = \frac{fL}{Dh} \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 33.04 \text{ Pa}$$

9. ข้องอ (Vane fitting 45 องศา)

เทียบเท่ากับข้อต่อ No. CD3-17 Elbow ใน ASHRAE. 1997

$$C = 0.34$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 6.25 \text{ m/s}$$

$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 7.15 \text{ Pa}$$

10. ท่อตรงกลมยาว 0.3 เมตร

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 5.5 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$Re = 13.447 \times 10^5$$

$$Dh = 0.2$$

ใช้ ε ของท่อจาก ASHRAE 2001 ได้ค่า Medium smooth = 0.09

จากสมการ	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 Dh} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$
	$f' = 0.11 \left(\frac{\varepsilon}{Dh} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$
	$= 0.09009$
จากเงื่อนไข ถ้า	$f' > 0.018, f' = f$
	$f' < 0.018, f = 0.85 f' + 0.0028$

$$f = 0.09009$$

$$P = \frac{fL}{Dh} \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 4.61 \text{ Pa}$$

11. ท่อตรงกลมยาว 0.6 เมตร

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= 5.5 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

$$Re = 13.447 \times 10^5$$

$$Dh = 0.2$$

ใช้ ε ของท่อจาก ASHRAE 2001 ได้ค่า Medium smooth = 0.09

จากสมการ	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7 Dh} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$
	$f' = 0.11 \left(\frac{\varepsilon}{Dh} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}$
	= 0.09009
จากเงื่อนไข ถ้า	$f' > 0.018, f' = f$
	$f' < 0.018, f = 0.85 f' + 0.0028$

$$f = 0.09009$$

$$P = \frac{fL}{Dh} \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$

$$= 8.6223 \text{ Pa}$$

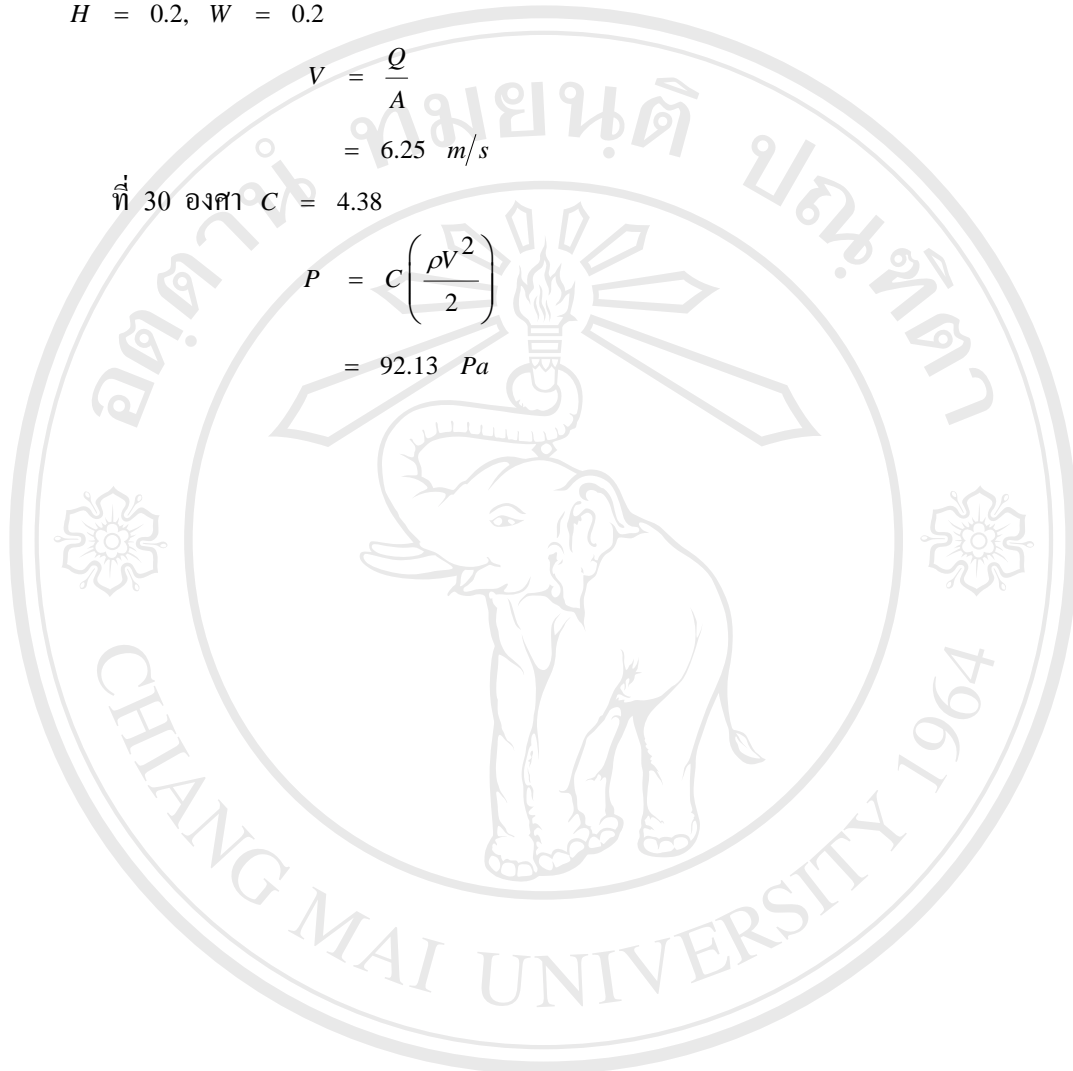
12. ความดันสูญเสียเมื่อผ่านบานปรับลม (Damper) เลือกใช้แบบปีกผีเสื้อ No.CD9-1 ASHRAE. 1997

$$H = 0.2, W = 0.2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$
$$= 6.25 \text{ m/s}$$


ที่ 30 องศา $C = 4.38$

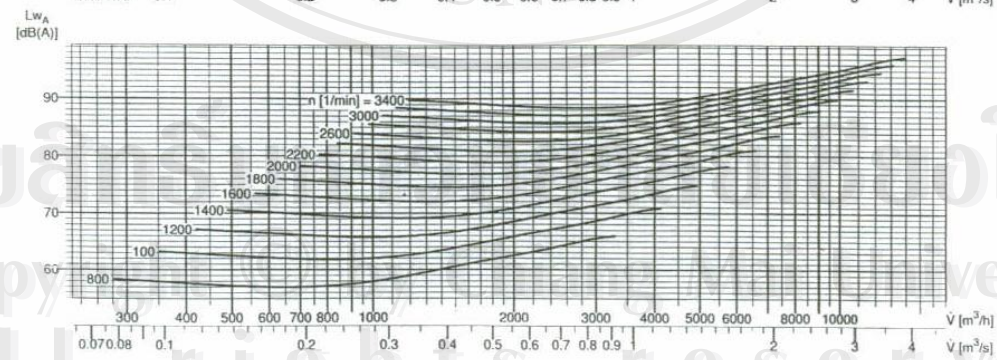
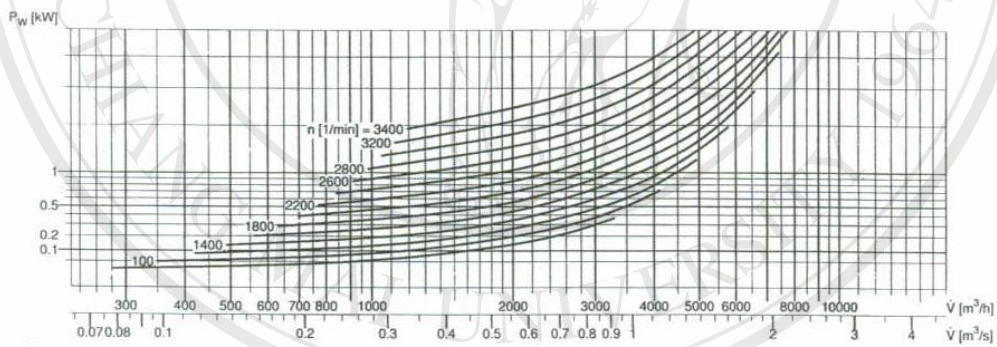
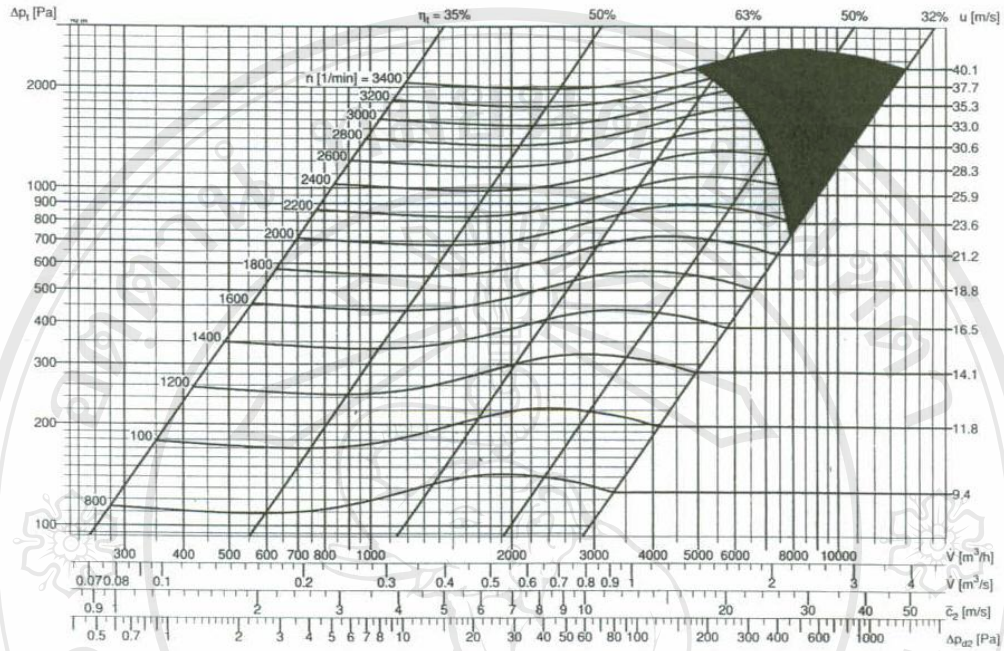
$$P = C \left(\frac{\rho V^2}{2} \right)$$
$$= 92.13 \text{ Pa}$$



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

 = in diesem Bereich nicht einsetzen / do not operate in this zone / pas utilisable dans cette zone



กราฟแสดงสมรรถนะของพัดลมที่เลือกในงานวิจัย



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved



การประชุมวิชาการ
การถ่ายทอดพลังงานความร้อนและมวล
ในอุปกรณ์ด้านความร้อน
ครั้งที่ 3



21 - 22 สิงหาคม 2547
ณ เบลวิลล่ารีสอร์ท

อำนวยการโดย จังหวัดเชียงใหม่

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การประชุมวิชาการเรื่องการถ่ายทอดผลงานความรู้อันมีคุณค่าในรูปการดำเนินงาน (ครั้งที่ 1)
วันที่ 21- 22 สิงหาคม 2547 ณ เบลริลส์รีสอร์ท อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

การพัฒนาตู้อบแห้งลมร้อนสำหรับห้องปฏิบัติการ DEVELOPMENT OF A CABINET DRYER : A LABORATORY SCALE

ไพรัช กล้ามาศ
ศิระ อัจฉริยวิริยะ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
จ.เชียงใหม่ 50200
โทร 053-944146
โทรสาร 053-944145
E-mail : siva@dome.eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งลมร้อนสำหรับห้องปฏิบัติการที่สามารถอบสำไลได้ 60 kg อุณหภูมิลมร้อน 100°C ลมพัดจากด้านล่างสู่ด้านบน และมีทวนเวียนอากาศกลับมาใช้ใหม่ และสามารถปรับความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0-1.0 m/s จากการออกแบบห้องอบแห้งมีขนาด 0.5m*0.5m*0.8m ซดลดให้ความร้อนขนาด 15 kW พัดลมเป่าอากาศเป็นแบบเหวี่ยง (Centrifugal fan) ชนิดใบพัดโค้งหน้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.5 HP และจากการทดลองอบสำไลที่ 65, 75, 85, และ 95°C โดยมีการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ 90 % ความเร็วลม 0.7 m/s พบว่าการกระจายของลมร้อนและอุณหภูมิในห้องอบแห้งมีความสม่ำเสมอ การสูญเสียความร้อนอยู่ที่ประมาณ 4 % โดยเมื่ออบสำไลที่ 75 °C อัตราการไหลของอากาศ 71.15 kg_{dry air}/h-kg_{dry-longan} จะมีความสิ้นเปลืองพลังงาน(SEC) 9.28 MJ/kg_{water} และเวลาการอบแห้ง 48 ชั่วโมง

Abstract The objectives of this research were to design and develop for hot-air drying multi-purposed cabinet dryer at a laboratory scale which can be operated for 60 kg of longan weight. The drying chamber was designed with the dimension of 0.5m*0.5m*0.8m. The inlet drying air pass through the drying chamber from the bottom. The drying temperature was at 100 °C and the air velocity of 0 to 1 m/s. The dryer consisted of a centrifugal fan, an electrical heater and the drying chamber. The air velocity could be changed by setting the fan speed control. A temperature controller was connected to the heating system. The experimental of whole longan drying was done at the drying temperature 65,75,85 and 95 °C, with 90% of hot air recirculated, the air velocity at 0.7m/s. The result of the research showed that the heat loss of dryer during drying was less than 4%. The optimal drying condition are drying air temperature of 75 °C, air flow rate of 71.15 kg_{dry air} /h- kg_{dry-longan}. The specific energy consumption obtained from experiment are 9.28 MJ/kg_{water}., and drying time are 48 hours.

1. บทนำ

วัสดุเกษตรส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุน ในการอบแห้งมักใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลางในการอบแห้ง โดยที่การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างวัสดุกับอากาศจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ในขณะการอบแห้งนั้นพบว่าต้องใช้เวลา และพลังงานความร้อนปริมาณมากในแต่ละครั้ง ซึ่งปัจจุบันค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงมีความจำเป็นจะต้องหาแนวทางเพื่อพัฒนาวิธีการอบแห้งที่เพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานให้สูงขึ้นควบคู่กับการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการออกแบบตู้อบแห้งที่ดีและใช้เงื่อนไขการอบที่เหมาะสม จากการศึกษาเอกสารได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งตั้งโต๊ะเปี่ยมติลปี (2540) ออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุนสำหรับอบเมล็ด

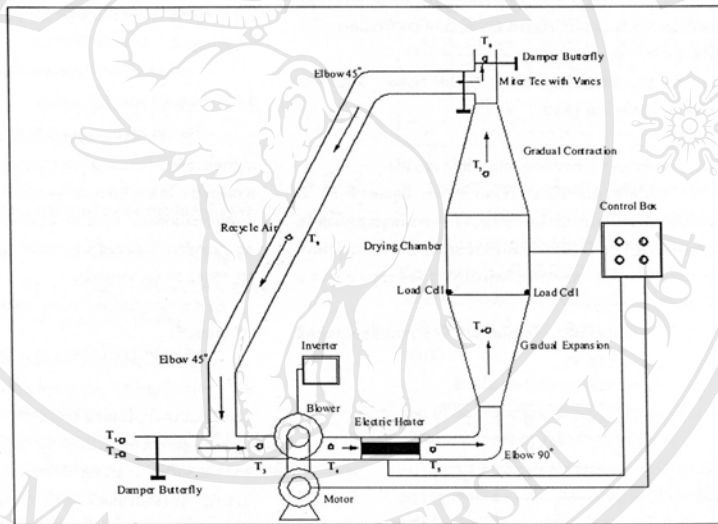
มะม่วงหิมพานต์ โดยตู้อบแห้งมีปริมาตร 0.10 m³ มีการเวียนกลับเข้าตู้อบแห้งใหม่ พัดลมเป่าอากาศ เป็นแบบเหวี่ยงใบพัดโค้งหน้า

ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.50 HP ซดลดให้ความร้อนเป็นแบบ Electric heater ขนาด 1.411 kW เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ขนาด 0.5 HP อุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมสแตท เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิวัดค่าได้ละเอียด ± 1°C ความดันที่สูญเสียในระบบมีค่า 6.44 เมตรอากาศ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ใช้อบแห้งแต่ละครั้งมีค่า 4 kg พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ ที่ 90°C สัดส่วนเวียนกลับของอากาศ 45% อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 70 kg_{dry air}/h-kg_{product} ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะ 138.04 MJ/kg_{water}

การอบแห้งผ้าฝ้ายด้วยลมร้อนเพื่อให้ได้คุณภาพดี ควรอบที่ 75°C (Achariyavirya *et al.*, 2001) และในการจำลองสภาพของการอบแห้งนำไปด้วยลมร้อนเพื่อหาเงื่อนไขที่ทำให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่ำที่สุด และเมื่อทำการจำลองสภาพการอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C อัตราการไหลเฉพาะอากาศ $25 \text{ kg}_{\text{dry air}}/\text{h} \cdot \text{kg}_{\text{dry longan}}$ สัดส่วนการนำอากาศที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่เท่ากับ 90% ใช้เวลาอบแห้ง 56 h และความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานเฉพาะ $4.2 \text{ MJ/kg} \cdot \text{water}$ อีกทั้ง วีระศักดิ์ (2546) พบว่า กรณีการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบตู้ ที่อุณหภูมิ 80°C อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ $64 \text{ kg}_{\text{dry air}}/\text{h} \cdot \text{kg}_{\text{dry longan}}$ สัดส่วนการนำอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ 97% มีความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานเฉพาะ $7.6 \text{ MJ/kg}_{\text{water}}$ ซลิตา (2546) และ Kanma (2002) ได้

เสนอแนวทางการอบแห้งผ้าฝ้ายแบบอุณหภูมิต่ำเป็นลำดับขั้น โดยใช้ อุณหภูมิสูงไปต่ำ โดยอบที่ช่วง 80°C ถึง 60°C ที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

อดิพงษ์ นันทพันธุ์และคณะ (2546) ได้ออกแบบและสร้างและทดสอบสมรรถนะของเตาแห้งก่อนเชื้อเห็ดโดยใช้ถังในเตาเป็นเชื้อเพลิง โดยได้รายงานการสูญเสียความร้อนไปกับความร้อนสะสมในโครงสร้าง 7.1% การถ่ายเทความร้อนออกจากเตา 3.8% ความร้อนที่สูญเสียไปกับการปล่อยความร้อนทิ้ง 3.1% และมีความร้อนสูญเสียอีกประมาณ 24.7% ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ และเตาแห้งนี้มีประสิทธิภาพ 61.9% ในการใช้เชื้อเพลิงจำนวน 11.95 kg



- | | | |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| T_1 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก | T_2 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก | T_3 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก |
| T_4 : อุณหภูมิออกจากพัดลม | T_5 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก | T_6 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก |
| T_7 : อุณหภูมิออกจากห้องอบ | T_8 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก | T_9 : อุณหภูมิกระเปาะเปียก |
| T_{10} : อุณหภูมิภายในห้องอบ | | |

รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบประสมคิในห้องปฏิบัติการ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบเครื่องอบแห้งเอนกประสงค์ รายละเอียดของเครื่องอบแห้งที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการดังรูปที่ 1 มีส่วนประกอบดังนี้

1. ตู้อบแห้ง เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมีขนาดกว้าง 0.60 เมตร ยาว 0.60 เมตร และสูง 0.80 เมตร มีการหุ้มฉนวนหนาและ 0.05 เมตร ภายในมีห้องอบแห้ง เป็นสี่เหลี่ยมมีขนาดกว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.40 เมตร และสูง 0.60 เมตร ทำด้วยตะแกรงสแตนเลส ด้านหน้าของตู้อบแห้งมีประตูเปิด สำหรับนำวัสดุทางการเกษตรเข้าและออกจากตู้อบแห้ง และมีกระจกเพื่อสังเกตภายในตู้อบแห้ง

2. ท่อลมเข้าออก และท่อลดขนาดทำจากสแตนเลสและมีฉนวนกันความร้อนทำจากใยแก้วหนา 5 cm

3. พัดลมเป่าอากาศ เป็นพัดลมแบบเหวี่ยงในพัดโค้งหลัง (Centrifugal fan backward curved blade) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ขนาด 0.5 HP

4. ขดลวดความร้อนเป็นแบบ Electric heater แบบมีครีบริบายความร้อนมีขนาด 15 kW

2.2.2 ทดความสม่ำเสมอของอุณหภูมิในห้องอบแห้ง เปิดเครื่องทำงานที่ความเร็วลม 0.7 m/s ที่อุณหภูมิ 55 °C รอนเครื่องทำงานในสภาวะที่สม่ำเสมอจึงทำการวัดอุณหภูมิในห้องอบแห้งที่ตรงบริเวณพื้นที่หน้าตัดก่อนเข้าห้องอบแห้งโดยแบ่งพื้นที่ออก 9 ส่วนเท่า ๆ กัน และทำการวัดอุณหภูมิ 9 จุดตามรูป 2 ทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 65, 75, 85 และ 95 °C

1	6	7
2	5	8
3	4	9

ประตูห้องอบแห้ง

รูปที่ 2 ตำแหน่งในการวัดการกระจายลมและอุณหภูมิโดยมองจากด้านบนของห้องอบแห้งโดยอ้างอิงจากประตูห้องอบแห้ง

2.2.3 อิทธิพลของเงื่อนไขการอบแห้งที่มีต่อแรงลอยตัวขณะอบแห้ง

1. ได้ทำการทดลองอบแห้งลำไยที่ความหนา 20 cm ความเร็วลม 0.7 m/s อุณหภูมิ 65 °C ตามลำดับ โดยขณะที่ทำการอบแห้งได้ทำการชั่งน้ำหนักวัสดุขณะเปิดพัดลมและปิดพัดลมทุกๆ 2 ชั่วโมงจนเหลือความชื้นสุดท้าย 13% d.b. แล้วนำค่าน้ำหนักทั้งสองค่าที่อ่านได้มาลบกันเพื่อหาค่าแรงลอยตัวหลังจากนั้นทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 75, 85 และ 95 °C

5. เครื่องควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมสแตทไปควบคุมอุณหภูมิวัดค่าได้ละเอียด $\pm 1^{\circ}\text{C}$

6. เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ขนาด 0.50 HP ใช้ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนพัดลมเพื่อควบคุมอัตราการไหลของอากาศ

7. ลิ้นปี่วนอากาศเวียนกลับมาใช้ใหม่ใช้ฉนวนบิกมีส์

2.2 การทดลอง

2.2.1 ทดความสม่ำเสมอของการกระจายลมในห้องอบแห้ง เปิดเครื่องทำงานที่ความเร็วลม 0.5 m/s ที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม รอนเครื่องทำงานในสภาวะที่สม่ำเสมอจึงทำการวัดความเร็วลมในห้องอบแห้งโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม TSI รุ่น 8385-M-GB ที่ตรงบริเวณพื้นที่หน้าตัดก่อนเข้าห้องอบแห้ง โดยแบ่งพื้นที่ออก 9 ส่วนเท่าๆกัน และทำการวัดความเร็วลม 9 จุด ทำการวัดทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมงดังรูป 2

หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนความเร็วเป็น 0.7, 0.9 และ 1.0 m/s

2. ทำการทดลองอบลำไยที่ความหนา 5 cm ที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อม โดยมีเงื่อนไขความเร็วลมที่ 0.3, 0.5, 0.7 และ 1 m/s ตามลำดับ ในขณะที่ทำการทดลองได้ทำการชั่งน้ำหนักวัสดุขณะเปิดพัดลมและปิดพัดลม แล้วนำค่าน้ำหนักที่อ่านได้มาคำนวณหาแรงลอยตัว และทำการทดลองซ้ำโดยการเปลี่ยนความหนาของลำไยเป็น 10, 15 และ 20 cm ตามลำดับ

2.2.4 ทดการสูญเสียความร้อน และความสิ้นเปลืองพลังงาน ของเครื่องอบแห้ง

นำลำไยพันธุ์ตอมาทดลองอบมีความหนา 20 cm อุณหภูมิ 65 °C ความเร็วลม 0.7 m/s ขณะทำการอบแห้งได้บันทึกน้ำหนักลำไย อุณหภูมิลมร้อนในห้องอบแห้งตำแหน่งล่าง กลาง และบนของคานาชั้น อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_2) และ กระเปาะเปียก (T_2) ของอากาศแวดล้อม อุณหภูมิผิวภายนอกที่ตำแหน่ง T_a, T_b, T_c, T_d และ T_{10} ของแต่ละชั้นตามรูปที่ 1 โดยทำการวัดทุก 1 ชั่วโมงจนความชื้นสุดท้ายของลำไยประมาณ 13 % d.b.

ทำการทดลองเช่นเดิมแต่เปลี่ยนอุณหภูมิอบแห้งเป็น 75, 85 และ 95 °C โดยหามวลแห้งของลำไยจากการอบตัวอย่างด้วยอุณหภูมิร้อนที่ 103 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

2.2.5 การวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง และการสูญเสียความร้อนของเครื่องอบแห้ง

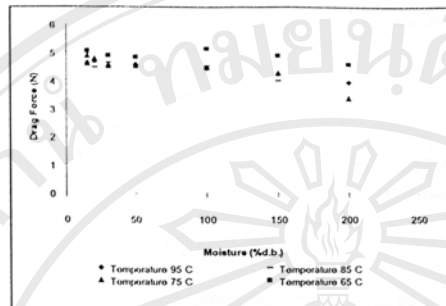
เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานในการคำนวณหาความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะ (SEC) ของ Acharyavinnya, A (2001) ทาจากสมการ (1)

$$SEC = \frac{(2.6 \sum E_{blower} + \sum Q_h)}{(M_{in} - M_f) m_p} \quad (1)$$

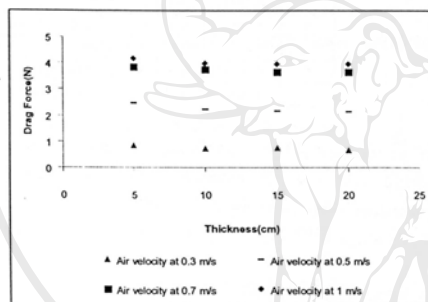
เมื่อ SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะ, kJ/kg_{moist}

m_p คือ มวลแห้งของวัสดุ, kg

M_f คือ ความชื้นสุดท้าย, เศษส่วนเมตริกแห้ง



รูปที่ 4 ค่าแรงลอยตัวของลำใยในระหว่างการอบแห้งที่ 65, 75, 85 และ 95 °C ความเร็วลม 0.7 m/s ที่ความหนา 20cm



รูปที่ 5 ค่าแรงลอยตัวเมื่ออบแห้งลำใยที่มีความหนา 5, 10, 15 และ 20 cm. ความเร็วลม 0.3, 0.5, 0.7 และ 1.0 m/s และที่อุณหภูมิอากาศ แวดล้อม

3.4 ความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้งและการสูญเสียความร้อนของเครื่องอบแห้ง

จากการคำนวณค่าการสูญเสียความร้อนในการอบแห้งที่ได้จากการทดลอง พบว่าค่าการสูญเสียความร้อนจากการปล่อยความร้อนทิ้งที่อุณหภูมิ 65 °C มีค่า 85.08 % ซึ่งมีค่ามากที่สุด การสูญเสียความร้อนโดยการนำความร้อนจากผนังเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 95 °C มีค่า 3.53 % ซึ่งมีค่ามากที่สุด และการสูญเสียความร้อนไปกับการรั่วที่อุณหภูมิ 65°C มีค่า 0.949 % ซึ่งมีค่ามากที่สุดแสดงดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 ค่าพลังงานต่างๆที่ให้แก่เครื่องอบแห้งเพื่อใช้ในการอบแห้งลำใยที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °C ที่ความเร็วลม 0.7 m/s

T °C	การสูญเสียความร้อนจากการนำ (%)	ความร้อนทิ้ง (%)	ความร้อนที่ใช่ (%)	การสูญเสียความร้อนจากการรั่ว (%)
65	3.10	85.08	10.86	0.949
75	3.45	84.28	11.52	0.79
85	3.46	82.83	13.03	0.66
95	3.53	79.56	16.34	0.54

ในการวิจัยนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งให้พลังงานกับฮีตเตอร์ เพื่อทำการอุ่นอากาศ สำหรับค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) แสดงในตารางที่ 3 พบว่า SEC มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น เนื่องมาจากการที่อุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้นจะทำให้เกิดการอบแห้งสูงขึ้นด้วย มีผลทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงจึงส่งผลให้ค่า SEC ลดลง

ตารางที่ 3 ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะและเวลาอบแห้งลำใยที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °C ที่ความเร็วลม 0.7m/s

T (°C)	SEC (MJ/kg _{water})	ความชื้น (%d.b.)		เวลาอบแห้ง (h)
		เริ่มต้น	สุดท้าย	
65	64.90	233.43	13.18	52
75	56.28	231.52	13.75	44
85	54.53	207.89	13.66	30
95	49.40	240.10	13.50	22
75 RC 90%	9.28	269.24	13.16	48

*SEC คือ ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้ง

*RC คือ ค่าการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่

4. สรุป

ในการสร้างเครื่องอบแห้งเอนกประสงค์สำหรับห้องปฏิบัติการและการทดลองใช้ในการอบแห้งลำใย จะเห็นว่าในห้องอบแห้งมีการกระจายของลมและอุณหภูมิค่อนข้างสม่ำเสมอ การสูญเสียความร้อนอยู่ที่ประมาณ 4% อีกทั้งพบว่าค่าแรงลอยตัวไม่ขึ้นกับความชื้น ความหนาและอุณหภูมิลมร้อนแต่จะขึ้นกับความเร็วลม

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อมหาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนโครงการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] จงจิตรี ธีรวิชัย และคณะ 2537. การอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจากพลังงานแสงอาทิตย์. รายงานการวิจัย สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] เปี่ยมศิลาปี ทองทิพย์ 2540. การอบแห้งเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดหมุน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีพลังงาน, คณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] ซลิดา พิงจาบ 2546. แนวทางการอบแห้งลำใยแบบใช้อุณหภูมิอบแห้งแบบเป็นลำดับขั้น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] วิศักดิ์ วงศาธาตุศรี 2546. การออปติไมซ์การใช้พลังงานในการอบแห้งลำใยแบบเบดอยู่กับที่. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] อติพงษ์ นันทพันธุ์, สมศักดิ์ ปกแก้ว, ประหยัด ยศน้อย, ศรีธร อุปคำ, ชีรศักดิ์ นาคง, ชาญณรงค์ ชมพู 2546. การวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของเตาแก๊สก่อนเชื้อเพลิง. การประชุมวิชาการการถ่ายเทพลังงานและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนครั้งที่ 2. ศูนย์ฝึกอบรมไทยพาณิชย์ อำเภอหางดง เชียงใหม่, 25-26 กันยายน.
- [6] Acharyaviriyi, A. 2001 Simulation and optimization of the drying strategy of longan drying. Doctor of Engineering thesis, Energy Technology Program, King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- [7] Kanma, K. 2002. A mathematical for predicting energy consumption in fixed-bed longan drying M.S. Thesis, Chiangmai University.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ

นายไพรัช กล้ามาศ

วัน เดือน ปี เกิด

13 พฤษภาคม 2520

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย
จากโรงเรียนทับปุดวิทยา จังหวัดพังงา
ปีการศึกษา 2538สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved