

태양열 건조시스템의 실험적 연구 (I)

Experimental Study of a Solar Drying System

이길동* 이남호* 오정무*
K.D.Lee N.H. Lee P.C.M.Auh

ABSTRACT

This paper presents an experimental study of a solar drying system designed and installed by KIER.

Experiments have been performed using the KIER system for the drying of marine products, such as squid.

Presented in detail are the experimental observations of collector air temperature, solar intensity, absorber plate temperature, drying chamber temperature, humidity and other measures of drying chamber performance with variation of air mass flow rate.

As a result, average temperature attained in the drying chamber during autumn weather has been adequated for drying of squids.

I. 서론

최근 브라질, 인도, 터키 및 말레이시아에서는 주로 곡물, 어류, 기호품등 태양열을 적용하여 건조시키고자 광범위한 연구가 수행되고 있으며, Solar Cabinet Drying System, Shelf Type Drying System, Greenhouse Solar Curing and Drying System, Glass Roof Drier 등 다양하다.

그러나 국내에서는 태양열 건조시스템의 연구가 부진한 상태이므로 현재 기름 및 자연환경에 의존하고 있는 재래식 건조방법을 개선하고자 동해안과 남해안지역의 수산물 건조 실태조사의 기본 자료를 토대로 하여 좀더 쾌적한 환경에서 위생적인 dehydrated foods를 생산해 낼 수 있는 태양열 건조시스템을 설계 제작하여 시스템의 열적 성능을 측정 분석하였다.

II. 이론적 고찰

실험 결과는 실험이 이상적인 조건(일사량, 입구온도, 외기온도 등이 균일)하에서 이루어져야 하므로 측정전에 fan을 미리 작동시켜 집열판의 열용량을 완전히 제거한 후에 비교적 일정한 일사량을 나타내는 12시를 기준으로 하여 그 전후에 계속 실험하고 결과치를 시간에 대해 적분하여 평균 한값을 하루동안의 효율 계산에 사용하였다.

그래서 건조시스템의 효율은 다음과 같이 정의하였다.

eta = (m Cp integral from t1 to t2 (To - Ti) dt) / (Ac integral from t1 to t2 I dt) (1)

여기서 m은 질량유량, t1, t2는 각각 실험시작과 실험종료 시각을 나타내고, Ac는 집열면적 I는 일사량, To는 출구온도 Ti는 입구온도를 나타낸다.

같은 방법으로 건조시스템의 평균 입구온도 T-bar_i, 평균 일사량 I-bar, 평균 출구온도 T-bar_o 및 평균외기

* 正會員 : 韓國動力資源研究所

온도 \bar{T}_a 도 다음과 같이 정의된다.

$$\bar{T}_i = \bar{T}_a = \frac{\int_{t_1}^{t_2} T_i dt}{(t_2 - t_1)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\bar{I} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I dt}{(t_2 - t_1)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\bar{T}_o = \frac{\int_{t_1}^{t_2} T_o dt}{(t_2 - t_1)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

그리고 효율계산에 사용되는 공기밀도 (ρ) 와 비열 (C_p) 은 온도에 민감하기 때문에 Table 1 과 같은 자료를 사용하였다.⁹⁾

Table 1. Properties of Air at Atmospheric Pressure

T (°K)	ρ (kg/m ³)	C_p (KJ/kg °C)
100	3.6010	1.0266
150	2.3675	1.0099
200	1.7684	1.0061
250	1.4128	1.005
300	1.1774	1.0057
350	0.9980	1.0090
400	0.8826	1.0140
450	0.7833	1.0207
500	0.7048	1.0295

III. 실험 방법

1. 실험장치 제작

태양열 건조시스템의 실험장치는 평판형공기식 집열기와 vertical vented 건조실을 조립이 가능하도록 결합하여 자연대류효과를 얻도록 제작하였으며 평판형 공기식 집열기의 집열면적은 4 m² (4m×1m) 으로 하였고 수평경사각은 구조상 15° 로 하였다.

집열판은 열용량이 큰 두께 0.8 mm의 철판을 사용하여 윗 표면에 무광흑색페인트를 칠하여 태양광흡수율 ($\alpha=0.95$) 을 증가시켰고 투과체는 convection loss 와 radiation loss를 줄일 수 있도록 5 mm 두께의 강화유리를 덮어서 greenhouse effects를 얻도록 하였다. 또한 집열판과 투과체

사이의 거리는 5 cm로 일정하게 하였다.

그리고 air tight joint는 glass sheet와 집열기의 housing stainless frame 사이에 Si rubber gasket으로 완전 밀봉되게 처리하였으며 집열기의 입구는 metallic grill로 덮어서 쥐, 벌레등의 침입을 막도록 하였다.

한편 건조실은 대한아이소플라ستيك 주식회사의 단열재 isopink(50 mm)을 사용하여 바깥쪽에 1 mm 안쪽에는 0.8 mm의 스테인레스판재로 접착시켜 제작하였다.

측면은 사각형이고 크기는 1500×1000×2470 mm이다. 농수산물은 4개의 storage tray에 얹어서 건조될 수 있도록 하였으며 tray와 tray사이의 간격은 50 cm로 하였다.

tray는 밑부분이 wire mesh(1380×880×40 mm)로 하여 집열기에서 가열된 공기를 통과시켜 건조시킬 수 있도록 하였다.

Fig.1, Fig.2에는 각각 설계 제작된 태양열 건조시스템의 개략도와 공기식 집열기의 개념도가 나타나 있고 Table 2에는 공기식 집열기의 재질 및 재원을 나타내었다.

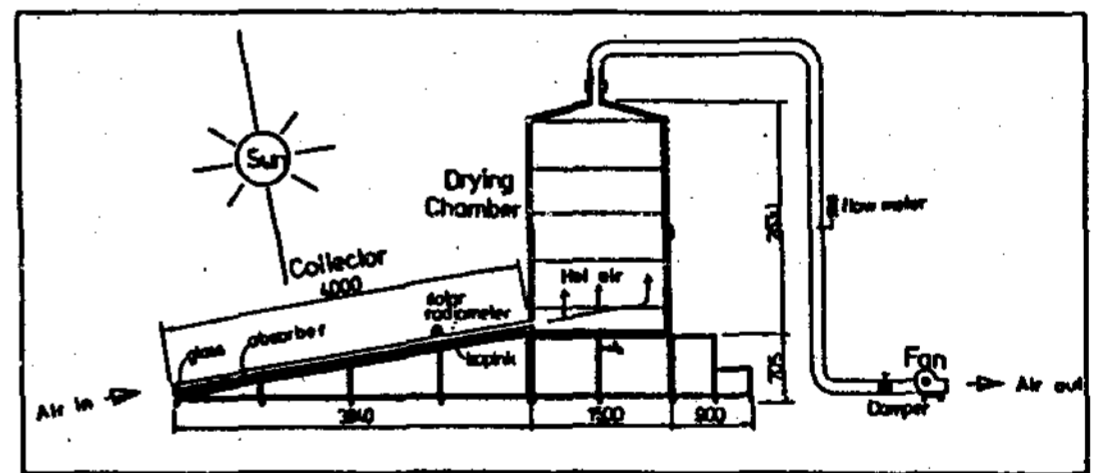


Fig. 1 Schematic Diagram of Experimental Apparatus

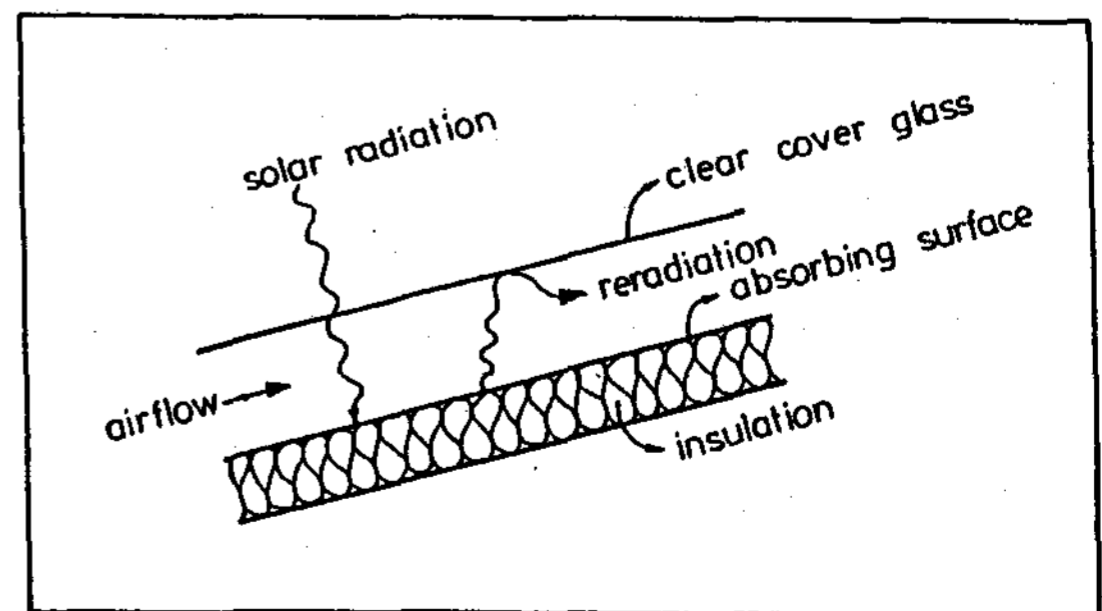


Fig. 2 Concept of a Flat Plate Air Collector.

Table 2 Specification of the Test Section

a. Flat Plate Air Collector	
Absorber Plate : Thick 0.8mm Steel (1,000x4,000mm)	
Plate to glazing spacing: 50mm	
Bottom and Side Insulation : 50mm isopink	
Glazing : 50mm tempered glass	
Selective Surface : Flat Plate Black Paint ($\alpha=0.95$)	
Tilt : 15°	
Azimuth : South	
b. Drying Chamber	
Material : Thick 0.8mm Stainless Steel	
Capacity : 1500 x 1000 x 2290mm	
Insulation: 50mm isopink	

2. 열적 성능측정

이상과 같이 태양열 건조시스템을 설계제작해서 한국동력자원연구소 내 태양열 시범 동산에 설치하였으며 시스템의 열적 성능은 Calibration 된 열전대 ($\phi 0.5 \text{ mm}$ C-C thermocouple) 22 개를 HP 3054 automatic data acquisition/control system의 scanner에 연결하고 controller로는 HP 9825 B를 사용하여 매 10분 간격으로 집열판의 표면온도 ($\phi 0.5 \text{ mm}$ C-C 열전대를 표면에 용접시킴), 집열기 공기온도와 출입구온도, 건조실 내부의 공기온도를 측정하여 기록되게 하였다.

또한 총 태양복사에너지 강도 (solar intensity)는 집열기와 평행되게 수평경사각 15°로 설치된 Solar Radiometer (Eppley, Model PSP, U.S.A)로 외기온은 백엽상에 고정된 C-C thermocouple에 의하여 각각 기록되게 하였다.

한편 집열기를 통과한 공기유량의 변화는 공기 흡입을 위한 Fan(1마력), 유량 범위가 160 ~ 800 Nm^3/h 인 공기식 유량계 (Nippon Flow Cell Type FLG(100 A), Japan) 및 유량조절밸브를 설치하여 수동으로 조절하였다.

건조실의 상대습도는 Ratona 형 전자식 자기온습도계 (SATO KEIRYOKL MFG.Co, Model R-704, Japan)을 사용하여 측정하였으며 실험은 청명한 날 9월에서 11월중 10시경에서 18시경 까지 실시했으며 실시결과는 실험조건과 외기

조건이 다르기 때문에 시간에 따른 온도와 태양복사에너지강도 변화로 표현하였다.

Fig.3, Fig.4 에는 측정시스템의 단면도와 열전대 설치도를 나타내었다.

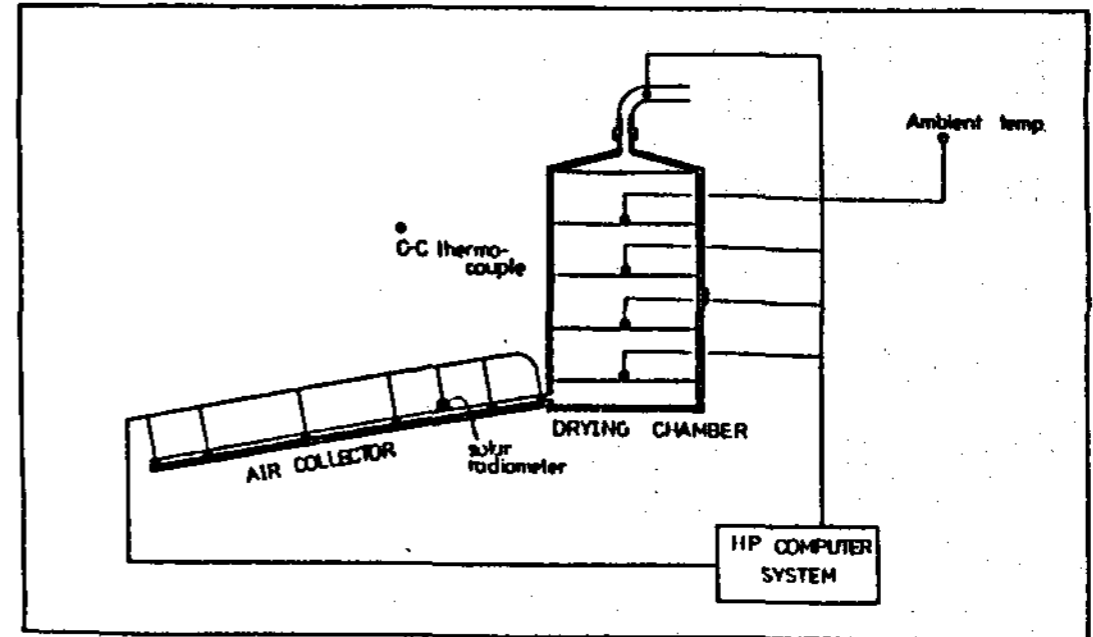


Fig. 3 A Sectional plan of Measurement System

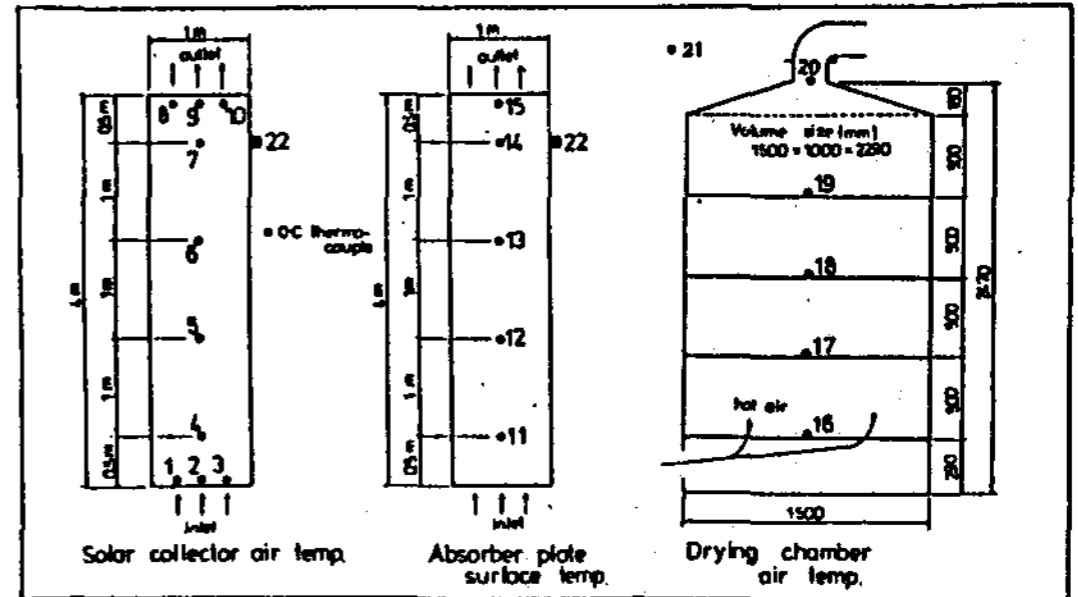


Fig. 4 Location of Thermocouples on Air Collector and Drying Chamber

IV. 결과 및 분석

1. 실태조사

Table 3은 동해안 및 남해안 지역의 수산물 건조실태조사 결과를 Fig.5에는 멸치, 오징어등을 넓은 야외에 펼쳐놓아 자연건조시키는 광경을 나타내었다.

Table 3에서 동해안 및 남해안 지역 대부분은 우천시만 제외하고 태양열에 직접 노출시켜 자연 건조로 수산물을 건조시키고 있었으며 소규모일 경우는 태양열 적용이 가능함을 조사결과 알 수 있었다.

그러나 건조상 시설 투자비는 고가였다. 그리고

Table 3 A Survey on Drying System.

Location	Drying mode	Drying product	Remark
1. Changhang	drier installation and operation	Laver	Solar applications are possible for small scale drying using briquets.
2. Sokcho	natural drying	Squid	There is no need for any particular solar system since most of the squids caught in pelagic fishery (50-60days) are refrigerated and naturally dried as needed to maintain freshness.
3. Hupo	natural drying	filefish	Solar systems can be first brought in as a means for small scale drying by minor producers, however maintaining the freshness rather casts a problem.
4. Samcheonpo	natural drying (mechanical drying in Winter)	anchovy	Anchovies caught are first steamed on the ship as they are laid on nets and naturally dried. Initial investments for drying systems are rather costly. Solar applications are possible for small scale drying.
5. Pusan	automatic drier	laver	Solar applications are possible for a small scale production There is a need for the construction of a multi-purpose solar system. (Items for multipurpose drying: filefish, squid, shellfish, kelp.)
6. Yeosu	natural drying	filefish	Installation of a solar drying system is effective drying Winter.
7. Hulsan I	mechanical drying	squid anchovy	Solar application are possible.
8. Wando	mechanical drying	lever	No possibility for solar drying system.
9. Kunsan	mechanical drying	squid	Solar applicaiton are possible.
10. Okku	mechanical drying	shriep	Solar application are possible.

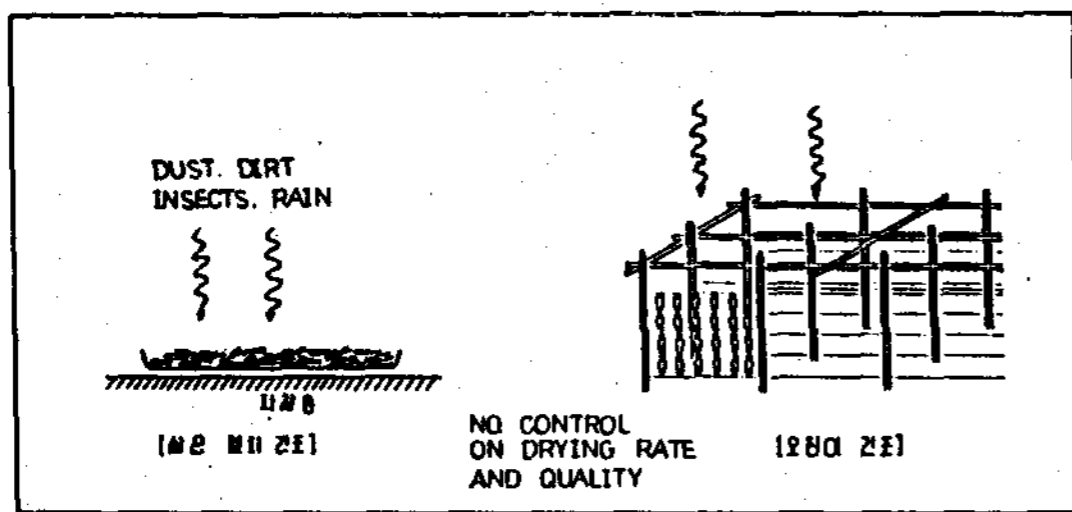


Fig. 5 View of Natural Drying

취취의 건조시는 태양열 건조시스템을 겨울철에 설치하는 것이 효과적이고 김은 대부분 해태 건조기를 설치하여 건조하고 있었으며 태양열 적용이 불가능했다.

한편 Fig. 5 에는 식품의 선도 유지를 하기 위해서 자연건조방식을 사용하고 있었지만 가) 건조

기간이 길며, 이 건조기간이 기상조건과 외부환경에 좌우되며 나) 먼지 등 공해물질에 의해서 영향을 받기 때문에 위생적이 못 된다.

더구나 다) 식품의 standard drying quality 을 유지할 수 없는 단점이 있었다.

일반적으로 농수산물의 건조는 저온(40℃~50℃)에서 공기의 속도를 빠르게 하는 것이 식품에 손상을 주지 않는 것으로 알려져 있으며 더구나 식품의 선도 유지는 가열된 공기의 온도와 속도 및 상대습도에 의해서 큰 영향을 받기 쉽다.^{2,4)} 그래서 이러한 재래식 건조방법을 개선하여 별도의 태양열시스템을 설치하여 농수산물의 건조특성에 따라 습도, 온도, 공기속도등을 제어하여 건조시키면 보다 효과적으로 식품의 선도를 최적으로 유지할 수 있다고 판단된다.

2. 온도분포와 태양복사에너지 강도의 변화

Fig. 6 은 자연대류와 강제대류에 의한 공기식 집열기의 출구온도, 외기온도 및 태양복사에너지 강도 변화를 각각 나타내었다.

집열기 온도분포는 자연대류든 강제대류든 간에 태양복사에너지 강도에 비례함을 보이고 있다.

특히 Fig.6(a) , 6(b) 는 그런 경향을 잘 나타내고 있다. 또한 Fig.6(b) , Fig.6(c) 에서 집열기 출구온도 분포보다 drying chamber 온도분포가 약간 낮게 나타난 경우 건조실 내의 증발잠열에 따른 열흡수 및 열손실 때문인 것으로 판단된다.

한편 Fig.6(a) , Fig.6(b) 를 비교해 보면 태양복사에너지 강도가 최대가 되는 오후 1시경 집열기의 출구온도는 강제대류에 의한 경우보다 자연대류에 의한 온도상승이 높았으나 유량변화율은 낮을 것으로 추정할 수 있으며 건조실 내의 습도제거는 낮은 유량변화율로 집열기를 통과시켜 높은 출구온도를 얻는것이 유리하다.

본 실험에서는 측정장치의 미비로 자연대류에 의한 유량변화율은 측정하지 못했다.

일사량이 낮은 Fig.6(d) , Fig.6(f) 의 경우는 Fig.6(e) , Fig.6(g) 에서 알 수 있듯이 단순한

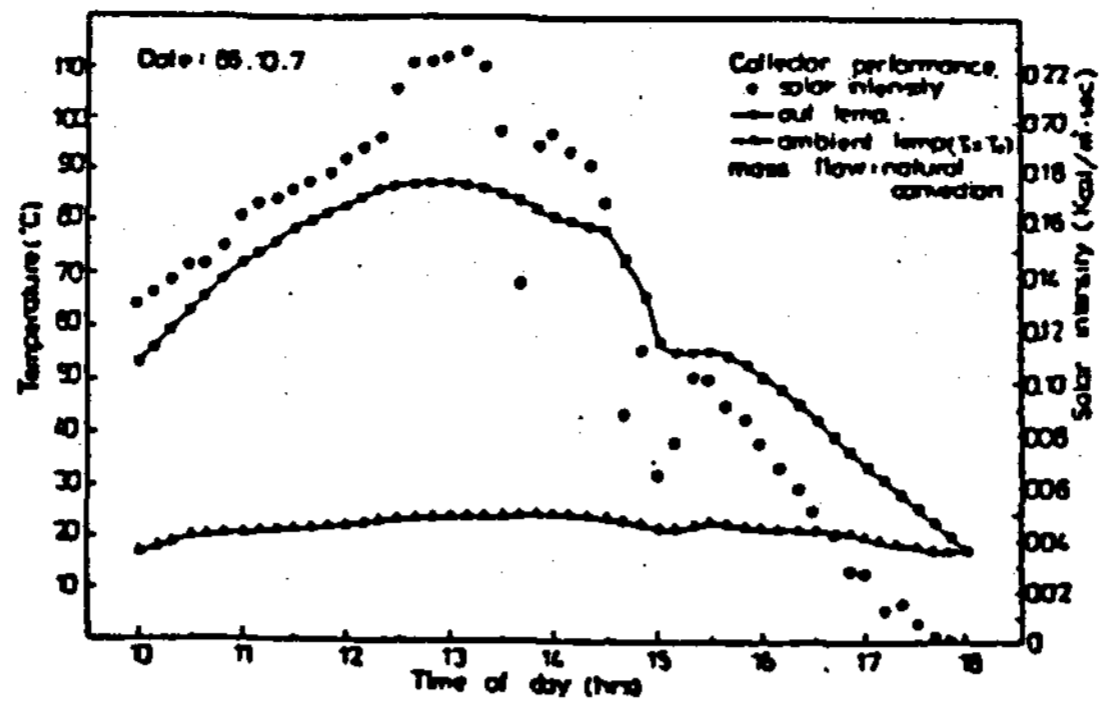


Fig. 6(a)

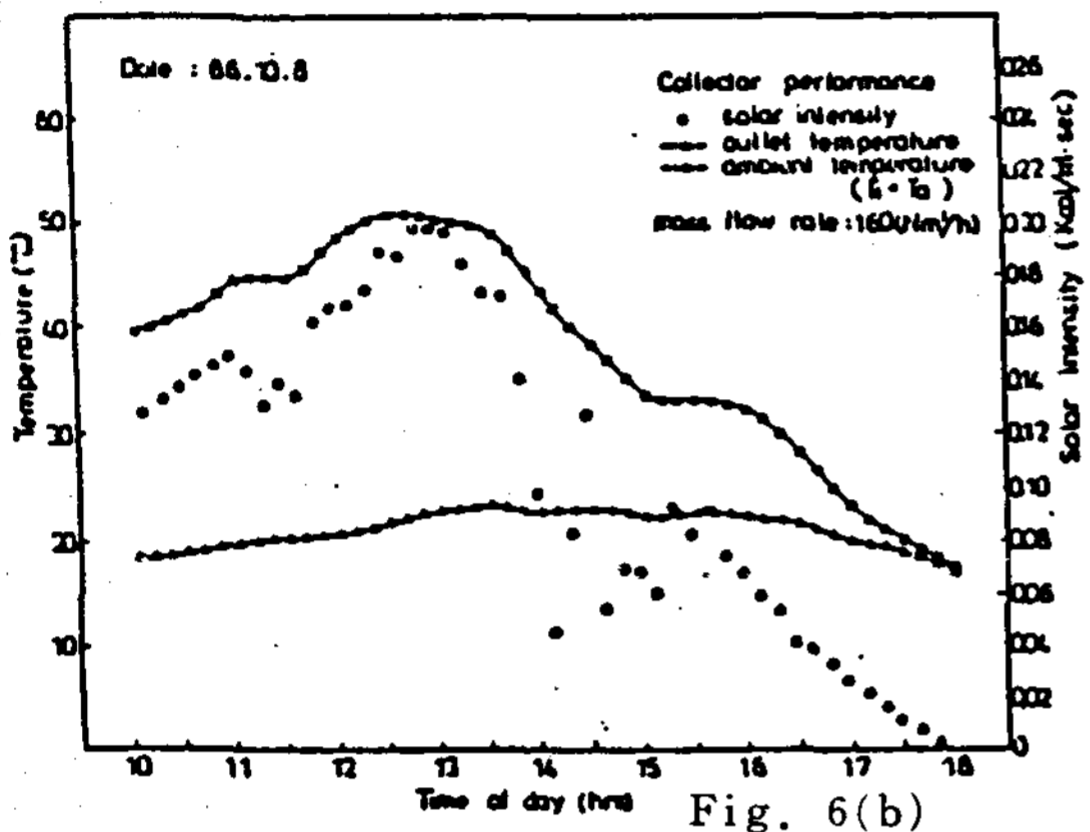


Fig. 6(b)

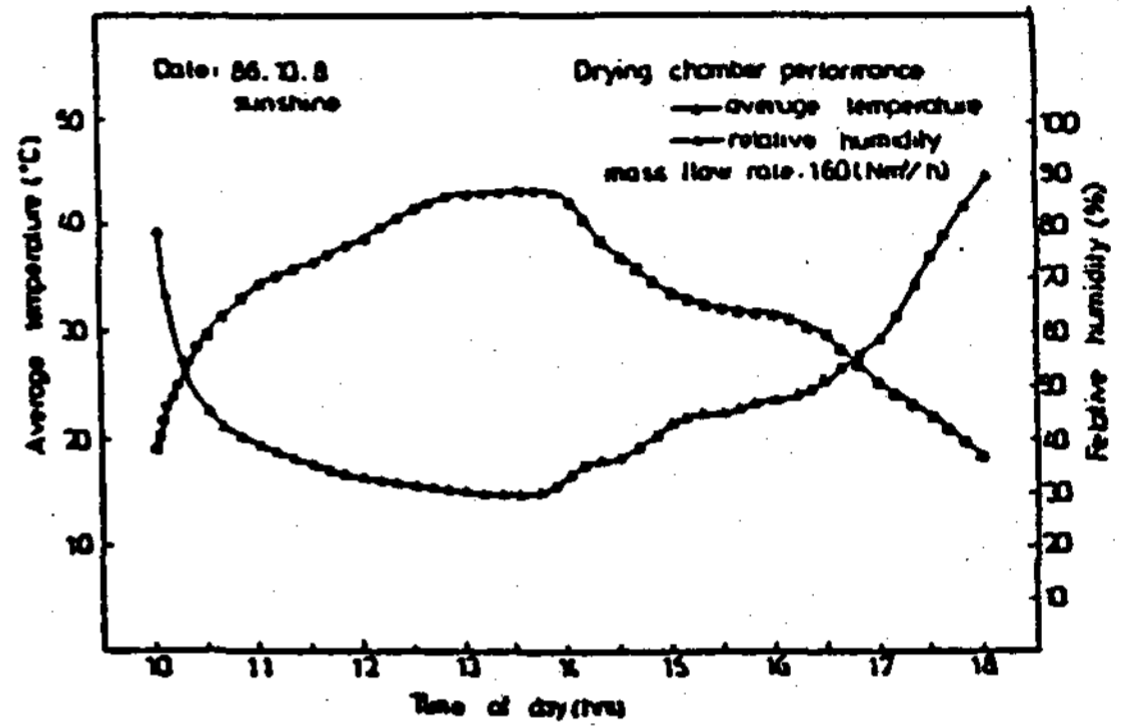


Fig. 6(c)

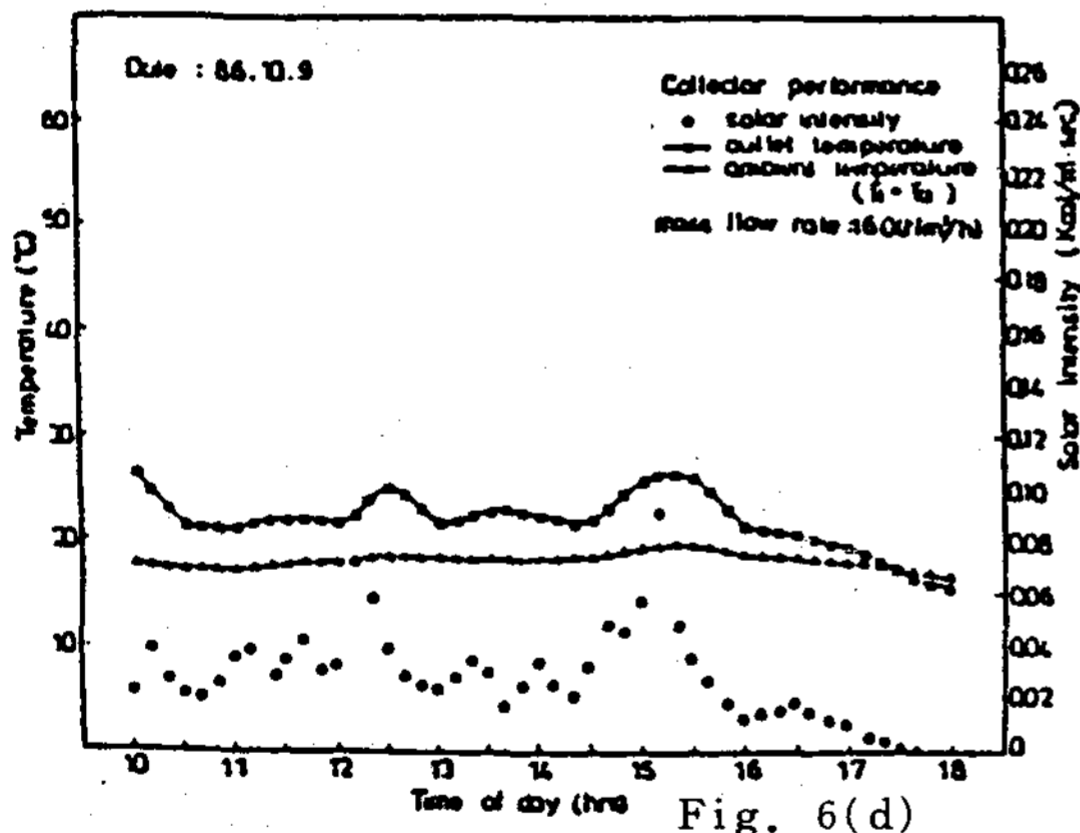


Fig. 6(d)

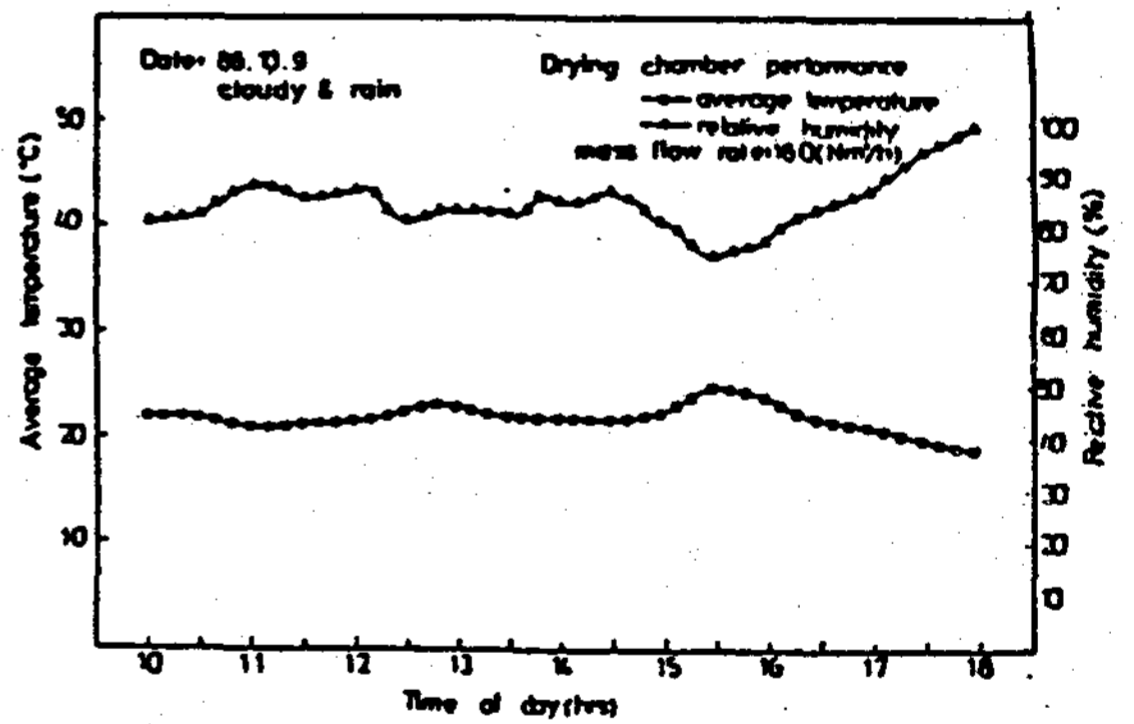


Fig. 6(e)

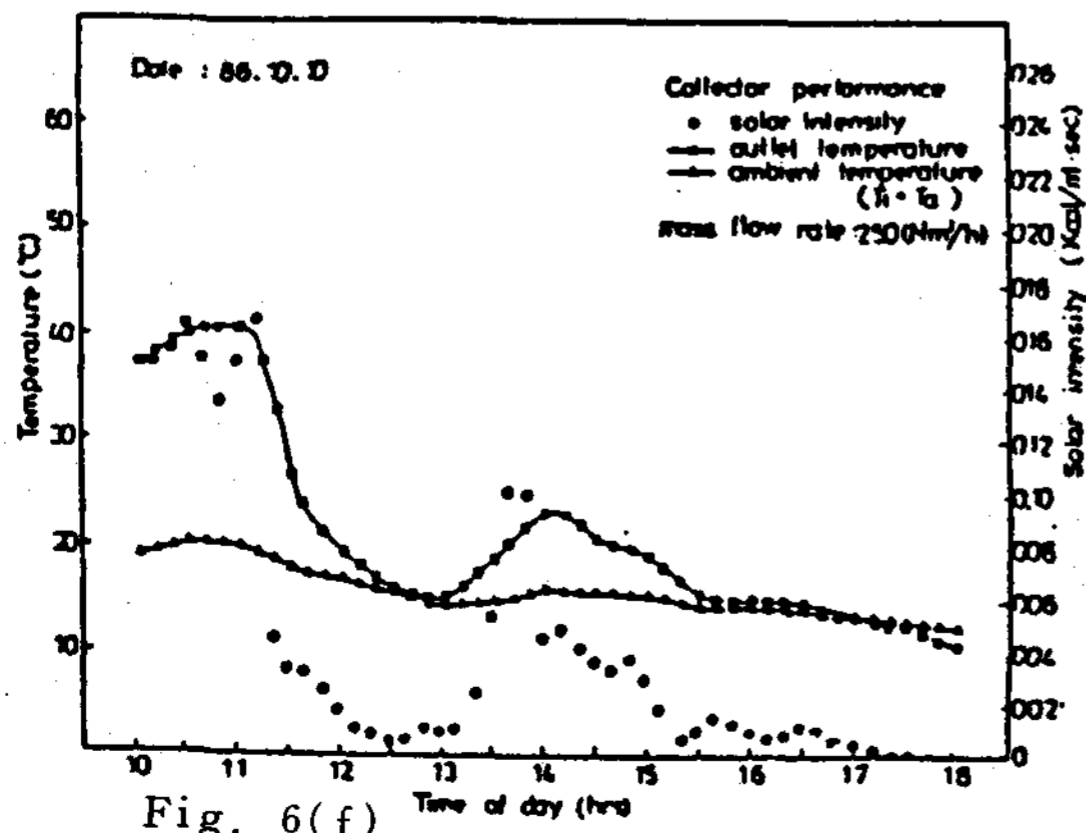


Fig. 6(f)

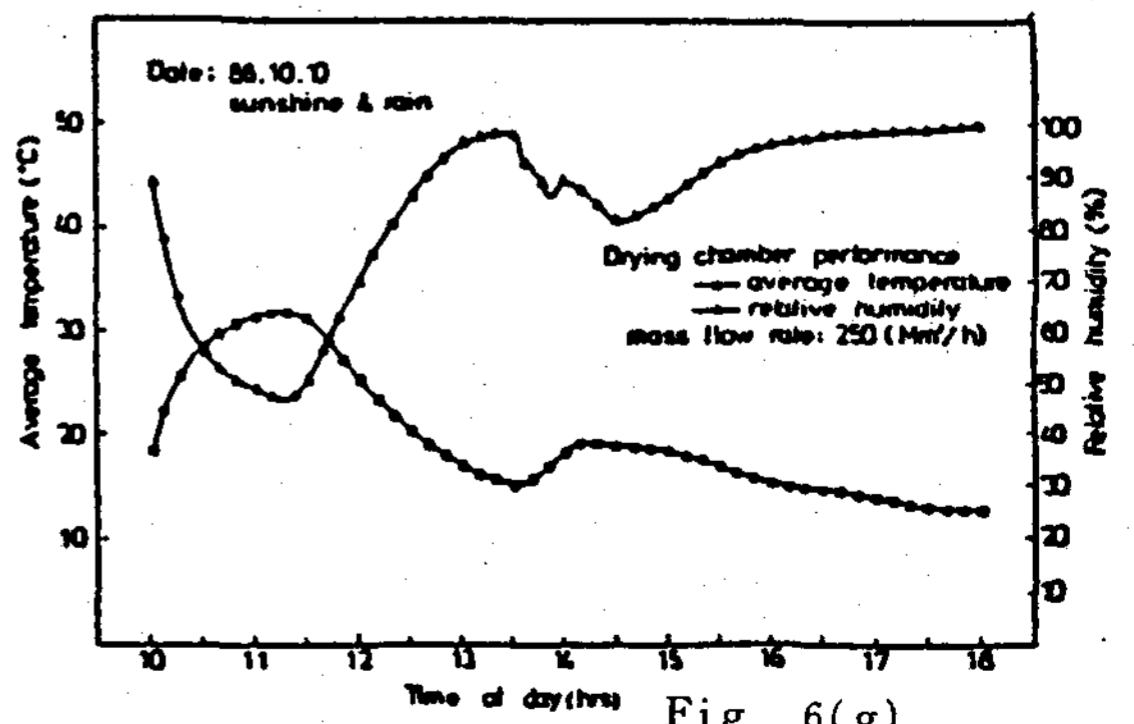


Fig. 6(g)

Fig. 6. Total Solar Intensity, Inlet and Outlet Air Temperature, and Humidity.

바람에 의해서만 농수산물의 수분을 제거하는것보다 열풍 (집열기에서 가열된공기) 에 의해서만 수분을 제거하는 것이 유리함을 알 수 있다.

Fig.7 에서는 비교적 일사량이 균일한 청명한날 유량변화가 공기식 집열기의 성능에 미치는 효과를 나타내었는데 그림에서 집열판의 온도는 유량을 변화시켜도 길이가 증가함에 따라 온도 증가폭이 점점 좁아지는 것으로 미루어 보아 어떤길이의 임계치 이상에서는 열손실이 증가하여 더이상 온도상승이 되지 않는 것을 추정할 수 있으며 이런 사실은 Garg¹⁰⁾ 의 이론치와 같은 경향을 보였다.

집열판의 길이 0.5 m의 위치에서 집열판 표면온도가 외기온 보다 낮은 것은 유량이 증가함에 따라 집열판의 표면온도가 감소하였기 때문이며 또한 투과체와 집열판 사이의 공기온도는 유량이 증가할 수록 낮았다.

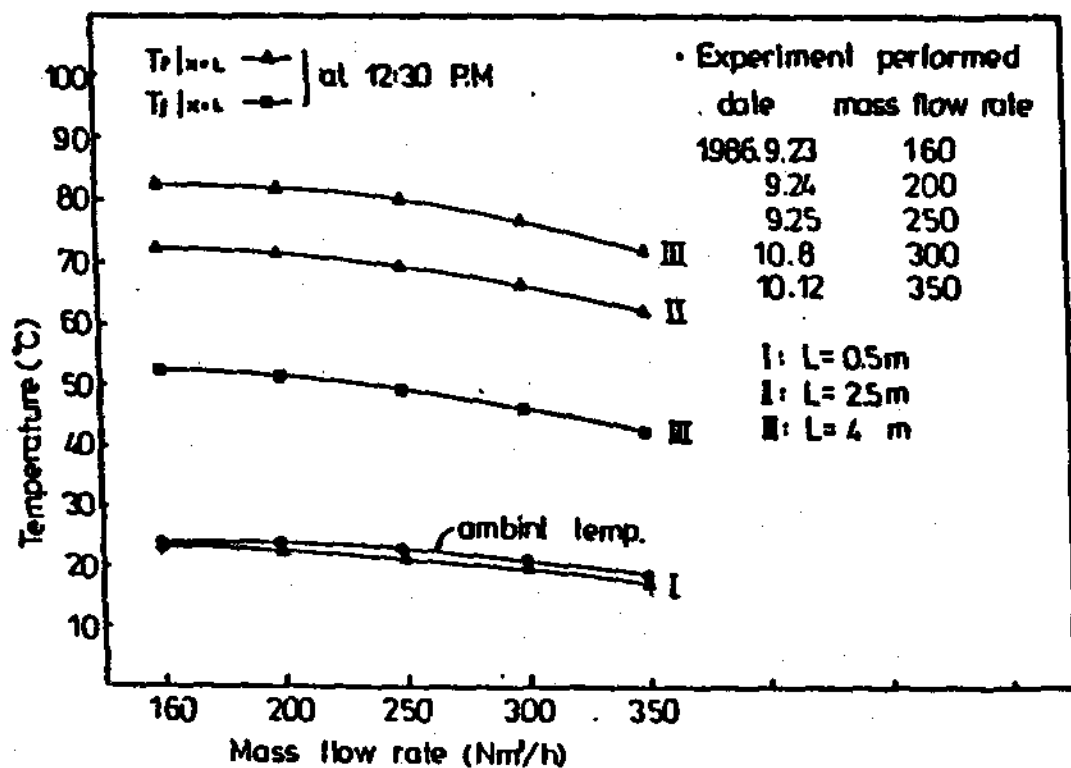


Fig. 7 Effect of Mass Flow Rate on the Performance of Flat Plate Air Heater.

한편 공기식 집열기에서는 집열판의 전면을 열전달 매체인 공기가 지나가기 때문에 정상상태에서는 집열판의 재질, 열용량, 두께, 열전도도 등은 효율상승에 큰 영향을 미치지 못한다.^{7,8)}

따라서 광흡수율이 높은 선택표면 처리된 집열판을 사용하여 집열기의 성능을 높일 수 있다.

선택표면의 연구는 최근 AES, SIMS, XPS 등 표면분석 장치가 개발됨에 따라 Ignatiev¹¹⁾ 등에 의해서 광범위하게 연구되고 있다.

3. 태양열 건조시스템의 효율계산

일반적으로 태양열 건조시스템의 집열효율은 주로 공기식 집열기의 성능에 의해서 좌우가 되며 건조시스템의 출구온도에 영향을 미치는 인자는 일사량, 유량, 입구온도, 집열판 길이, 건조실 내의 농수산물의 수분 함유량등의 영향이 가장 크다고 할 수 있으나 이미 설치된 건조시스템에서는 출구온도의 조정은 집열기를 통과하는 유량 및 건조실 내의 습도에 따라서 달라진다.^{4,7,8)}

Table 4 에는 비교적 일사량이 고른 12시경 계속 실험하여 식(1~4)를 사용하여 계산한 건조시스템의 효율을 나타내었다.

Table 4 Overall Performance of Solar Drying System

Experiment	Date	Weather	Inlet temp. (T _i -T _d)	Outlet temp. (°C)	ΔT	Mass flow rate (Nm ³ /h)	Efficiency (%)
1	'86. 10. 8	Sunshiny	22.4061	40.3967	17.9906	160	29.40
2	10. 9	Cloudy and rain	18.0031	21.2363	3.2332	200	35.10
3	10. 12	Sunshiny	16.9949	31.6792	14.6843	350	53.59
4	10. 13	Sunshiny	18.4829	37.3463	18.8634	200	40.26
5	10. 18	Sunshiny	16.2920	28.2243	11.9323	400	51.49
6	10. 20	Sunshiny	17.8438	35.1366	17.2928	250	39.92
7	10. 27	Sunshiny	12.4173	31.0330	18.6157	160	33.07

Table 4에서 효율이 낮은 것은 공기의 열용량이 작아서 집열기 내에서 쉽게 온도가 상승하고 그에 따라 열손실이 증가하였기 때문인 것으로 보여진다.

이때 출구온도는 집열기로 통과하여 가열된 공기가 건조실 내의 습기를 제거한 후의 온도를 나타낸다.

한편 시스템의 효율은 대체적으로 유량이 증가함에 따라 높게 계산되었으며 실험(2)와, 실험(4)를 비교해 보면 같은 유량이 집열기를 통과하여도 태양복사에너지 강도의 변화 때문에 효율은 각각 35.10% 와 40.26%이며 최대 집열효율은 외기온이 17°C일때 유량 350 Nm³/h에서 53.6%가 되었다.

이때 실험은 건조실이 텅빈 이상적인 상태에서 이루어 졌으며 실지로는 농수산물의 건조 특성에 따라 시스템의 효율을 측정할 필요가 있다.

4. 수산물 건조

Fig.8 와 Fig.9, Table 5 와 Table 6 은

물오징어를 건조실에 넣어서 유량변화에 따라 건조시킨 시스템의 열적 성능의 실험결과를 나타낸 것이다.

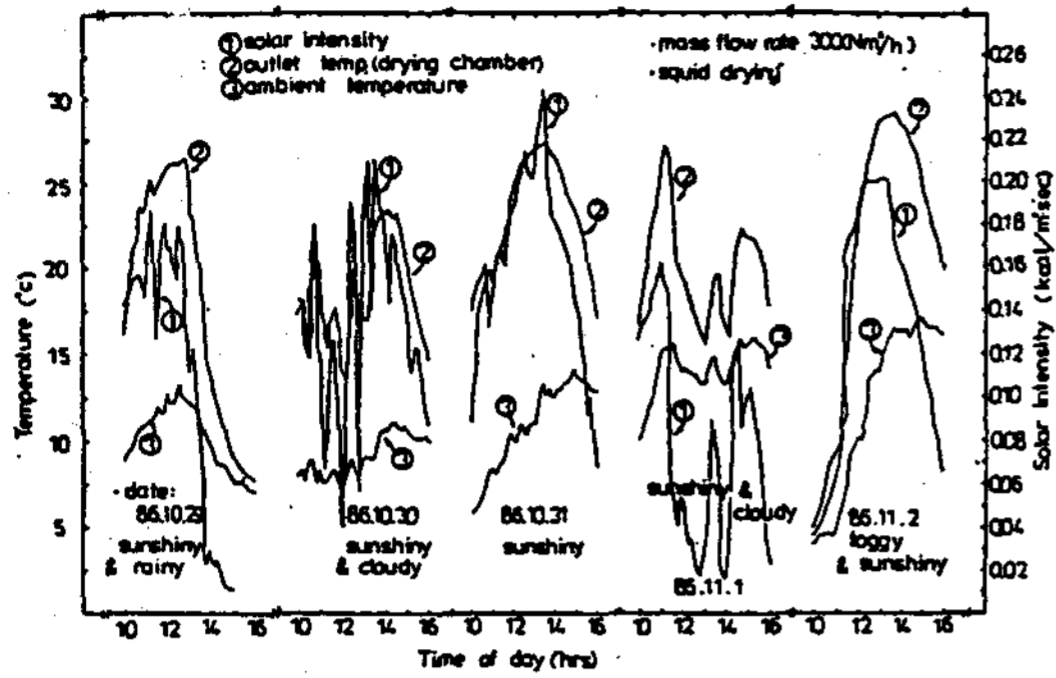


Fig. 8(a) Weather Conditions During Drying Operation

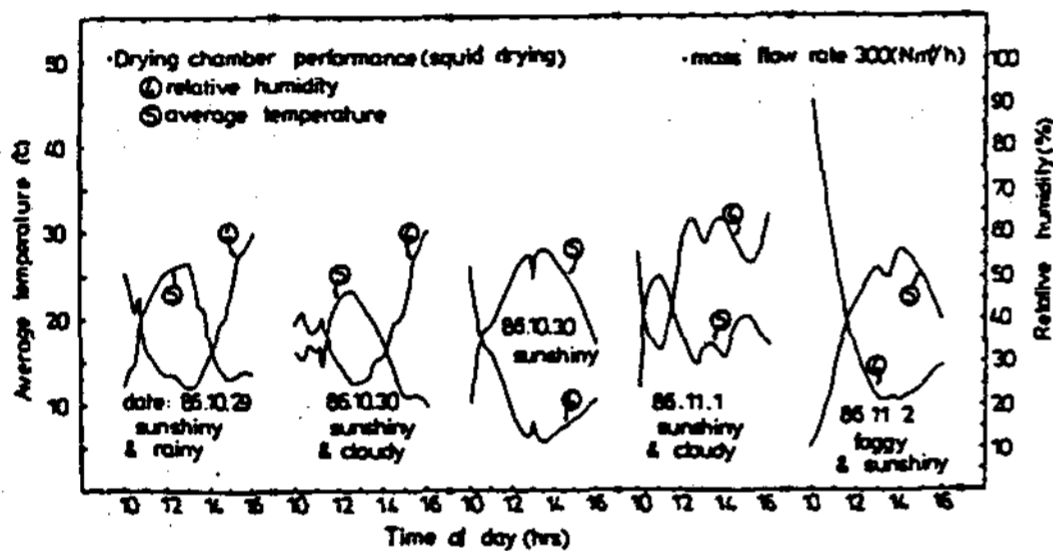


Fig. 8(b) Drying Chamber Performance

Fig. 8 Variation of Temperature, Solar Intensity and Relative Humidity During Squid Drying

비교를 하기 위해서는 똑같은 물오징어를 자연건

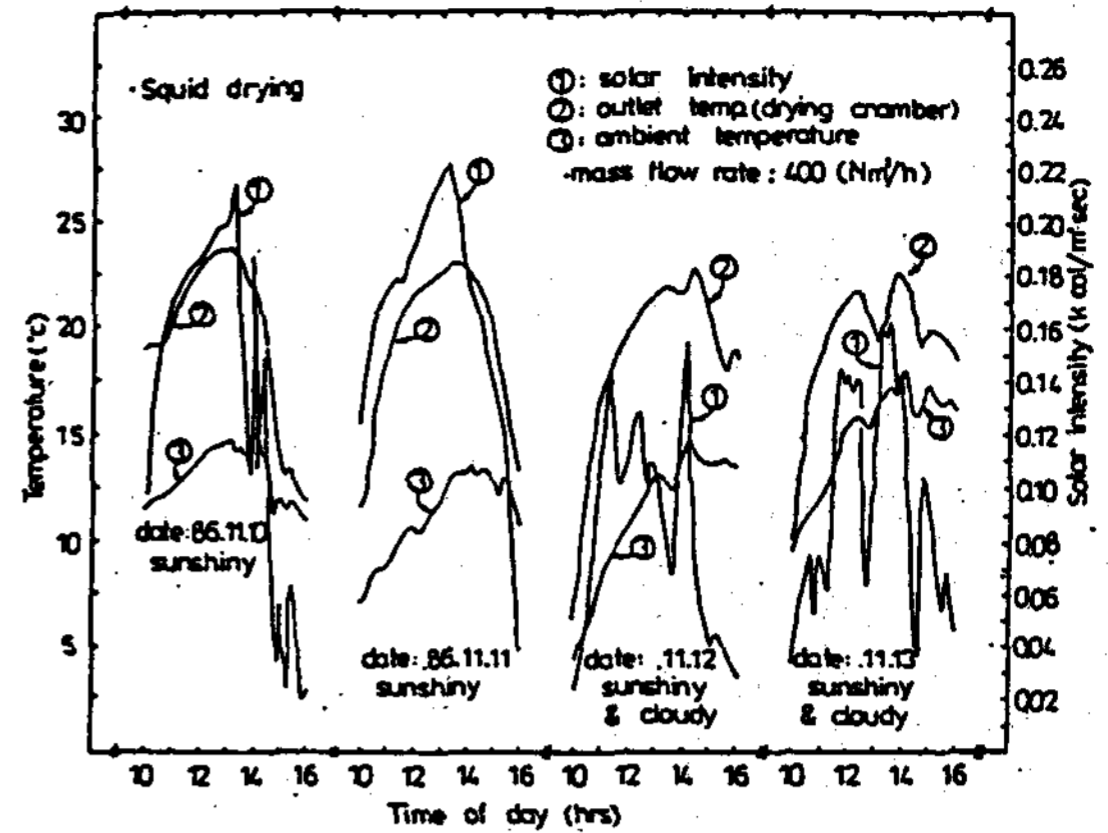


Fig. 9(a) Weather Condition During Operation

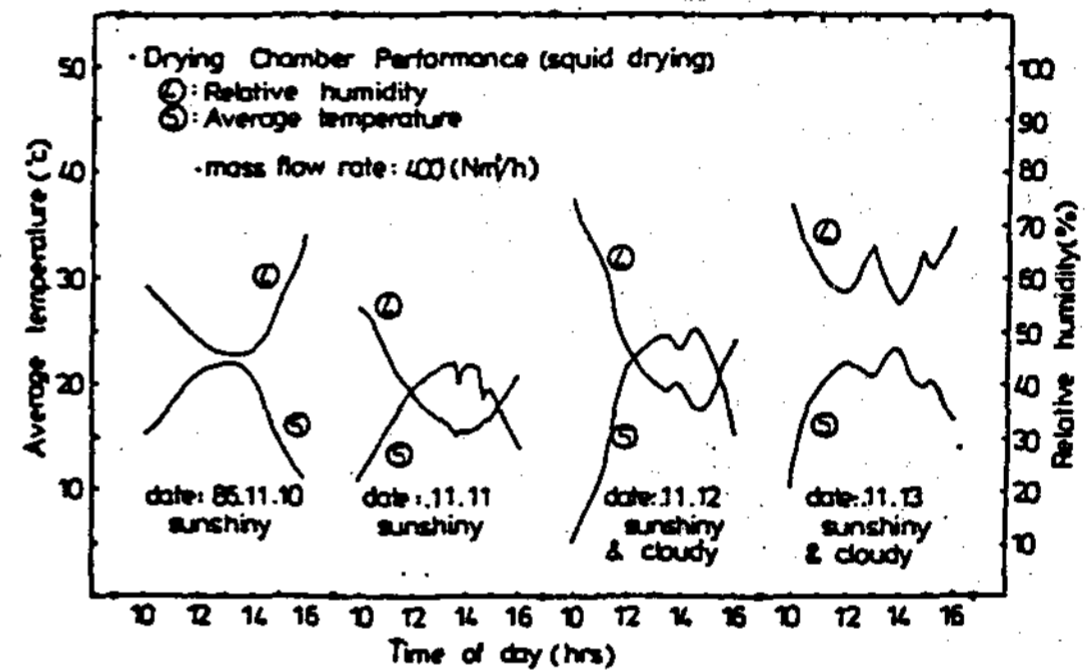


Fig. 9(b) Drying Chamber Performance

Fig. 9 Variation of Temperature, Solar Intensity and Relative Humidity During Squid Drying

Table 5 Result of Squid Drying Experiment (Air Mass Flow 300 Nm³/h)

Date	Time of drying	Weight of squid (g)		Drying rate (%)		Weather
		natural drying	Solar drying chamber	natural drying	Solar drying chamber (Mass flow rate 300 Nm ³ /h)	
1986. 10. 29	10:00 (initial)	986	1972	24.44	27.07	Sunshiny & rainy
	16:00 (final)	745	1438			
10. 30	10:00 (initial)	727	1389	25.72	27.50	Sunshiny & Cloudy
	16:00 (final)	540	1007			
10. 31	10:00 (initial)	531	996	27.11	31.02	Sunshiny
	16:00 (final)	387	687			
11. 1	10:00 (initial)	368	648	13.58	16.51	Sunshiny & Cloudy
	16:00 (final)	318	541			
11. 2	10:00 (initial)	316	536	14.24	16.41	foggy & Sunshiny
	16:00 (final)	271	448			
1986. 10. 29	10:00 (initial)	986-715	1972-1524	72.51	77.28	
~ 11. 2	16:00 (final)			Total		

Table 6 Result of Squid Drying Experiment (Air Mass Flow 400 Nm³/h)

Date	Time of drying	Weight of squid (g)		drying rate (%)		Weather
		natural drying	Solar drying chamber	natural drying	Solar drying chamber (Mass flow rate 400 Nm ³ /h)	
1986.11.10.	10:00(initial)	10533	11380	29.08	35.39	sunshiny
	16:00(final)	7469	7352			
11.11.	10:00(initial)	7458	7339	29.59	36.70	Sunshiny
	16:00(final)	5251	4645			
11.12.	10:00(initial)	5243	4637	22.98	28.38	Sunshiny & Cloudy
	16:00(final)	4038	3321			
11.13.	10:00(initial)	4032	3313	21.82	24.96	Sunshiny & Cloudy
	16:00(final)	3152	2486			
1986.11.10. 10:00(initial) - 11.13. 16:00(final)		10533-7381 =3152	11380-8894 =2486	70.07 (Total)	78.15 (Total)	

조 (태양에 직접노출) 시켰으며 이때 control quantity의 spreading density는 건조실내 tray에 있는 것과 똑같이 유지시켰다.

Table 5, Table 6을 비교해 보면 건조율은 태양열건조시스템의 건조실에서 건조시킨 것이 자연건조시킨 것 보다는 높았고 태양복사에너지 강도와 유량에 따라 변화였다.

유량 300 Nm³/h으로 집열기를 통과시켜 가열 공기로 5일간 건조시킨 후 건조실내에서의 제거된 수분은 무게 감소로 보아 최초 무게의 77.28%인데 비하여 자연건조시킨 경우는 72.51%였다. 반면에 유량 400 Nm³/h에서는 4일 건조시킨 결과 건조실 내에서의 최종 건조율이 78.15%이고 자연건조의 경우는 70.07%였다.

건조실 내에서의 건조율은 유량 300 Nm³/h에서 건조시킨 것 보다 유량 400 Nm³/h에서 약간 높았는데 이것은 많은 유량(저온)이 건조실 내로 들어가서 전체적으로 균일하게 오징어의 수분을 제거한 것이라 판단된다.

건조시키는 동안의 외기조건의 변화를 나타내는 Fig.9(a)에서는 건조실의 출구온도는 태양복사에너지 강도, 외기온 및 수산물의 건조상태에 따라 약간씩 다른 것을 보이고 있으며 건조기간 중 외기온은 최저 8°C에서 최고 17°C를 유지했다.

Fig.8(b)는 유량 300 Nm³/h에서 건조실의 성능변화를 나타낸 것인데 건조 기간중 건조실내 평균온도는 태양복사에너지 강도가 낮을 경우(86.11.1)을 제외하고는 초기 12°C에서 최대 26°C 정도를 유지했으며 습도는 초기 50%에서 온도에 따라 변화하였으며 5일간 건조시킨 후 20% 정도까지 감소하였다.

Fig.9(a)에서 외기온은 최저 11°C에서 최고 17°C정도 변화하였으며 chamber내 수분을 제거한 후 건조실 출구온도는 평균 23°C를 유지했다.

한편 유량 400 Nm³/h에서 건조실의 성능변화를 나타낸 Fig.9(b)에서의 평균온도는 초기 15°C에서 최대 25°C를 유지했다. 실험 결과로 부터 건조율은 자연건조시킨 것 보다는 건조실에서 건조시킨 경우가 약간 높았으며 건조기간 중 물오징어의 color와 quality도 훨씬 더 좋은 것을 관찰할 수 있었다. 또한 실험도중 우기시와 야간에도 식품을 건조실에 안전하게 보존할 수 있는 잇점이 있었다.

V. 결 론

본 실험에서는 농수산물 건조 실태 조사 결과의

자료를 토대로 하여 설계 제작한 태양열 건조시스템을 설치하여 유량을 변화시켜 가면서 HP computer로 성능 측정 분석한 실험 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

1. 실태조사 결과 농수산물의 건조는 우천시만 제외하고 대부분 야외에서 펼쳐놓아서 자연 건조 방식을 사용하고 있어 비위생적이었으며 소규모일 경우 저가 태양열 건조시스템의 이용 가능성이 높았다.

2. 건조시스템의 효율은 유량이 증가함에 따라 증가하였고 최대 효율은 맑은 날 유량 350~400 Nm³/h 일때 50~55% 정도를 나타내었다.

3. 건조실내에서 물오징어를 유량 300 Nm³/h에서 5일간 건조한 결과 태양열 건조시스템에 의한 건조율은 77.28%였고 자연 건조에

의한 건조율은 72.51%였으며 유량 400 Nm³/h에서 4일간 건조한 결과 태양열 건조시스템에 의한 건조율은 78.15%이고 자연 건조에 의한 건조율은 70.07%였다.

4. 앞으로 건조기간을 단축하기 위해 공기식 집열기의 집열면적을 크게 하고 건조실 내의 온습도 제어의 장치를 개발할 필요가 있으며 아울러 재료 개발에 대한 연구에도 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 동력자원부 국책과제로 그 일부가 수행된 것임.

REFERENCES

1. T.A. Lawand., "A Solar-Cabinet Dryer," Solar Energy, Vol. 8, No. 4, pp. 158-164, 1966.
2. T.A. Lawand, "The Potential of Solar Agricultural Dryers in Developing Areas".
3. H.P.Garg, P.C. Pandey & K.P. Thanvi "Development of a Solar Agricultural Dryer," Paper NSEC, Dec. 78.
4. R.M. Iyer, "Theoretical Analysis and Performance Evaluation of Agricultural Driers," Proceedings of the International Symposium on Thermal Application of Solar Energy April 7-10, 1985, Hakone, Japan.
5. B.K. Huang and M. Tiksoy, "Thermal Analysis of a Greenhouse Solar Curing and Drying System," Proceedings of the International Symposium on Thermal Application of Solar Energy April 7-10, 1985, Hakone, Japan.
6. M.N. Ozisik, B.K. Huang and M. Toksoy, "Solar Grain Drying", Solar Energy, Vol. 24, No. 4, pp. 397-401, 1980.
7. Lee. Dongwon, Lee. Jongho, "Theoretical & Experimental Study on the Air-Type Non-metallic Collectors", Solar Energy Vol. 6, No. 1, 1986.
8. 연구보고서, "설비형태양열시스템개발연구(Ⅲ)", 한국동력자원 연구소, KE-85-5, 1985.
9. Natl. Bur. Stand. (U.S.) Circ. 564, 1955.
10. H.P. Garg and V.K. Sharma, "Evaluation of the performance of Air Heaters of Conventional Designs", Solar Energy Vol. 29, No. 6, pp. 503-533, 1982.
11. A. Ignatiev, G. Zajac, G.B. Smith, "Solar Absorber Material Stability Under High Solar Flux", SPIE Vol. 324, Optical Coatings for Energy Efficiency and Solar Applications, 1982.