

건고추의 재건조 공정에서 에너지의 효율적 이용 - 열풍 대류 및 적외선 복사 건조⁺

Efficient Utilization of Energy in Drying Process for Rewetted Red Pepper

- Hot-air-convective and Infrared-radiant Drying -

고 학 균*, 조 용 진*, 박 재 복**, 김 용 현*, 강 석 원*
H. K. Koh, Y. J. Cho, J. B. Park, Y. H. Kim, S. W. Kang

Summary

Red pepper is one of the most important agricultural products in Korea. Generally, raw red pepper is dried after harvest and the dried red pepper is powdered. Washing process is necessary to produce clean powder before powdering process.

This study, therefore, was performed to analyze the drying characteristics of the rewetted red pepper and the energy utility during hot-air-convective and infrared-radiant drying. Drying effectiveness, De , was defined for the analysis of energy utility in this study, and its value was determined according to the energy source. Infrared-radiant drying was more favorable than convective drying according to drying effectiveness. But the temperature variation was appeared between the radiant surface and opposite surface of red pepper in infrared-radiant drying.

1. 서 론

고추는 수확 후 대부분의 양이 농가 단위에서 건조되고 있으며 건조 후의 함수율은 15~20% (wb) 범위에 있는 것으로 파악되고 있다. 이러한 함수율 수준의 건고추는 분말 고추를 생산하기 위한 분쇄 공정의 원료로는 최적의 함수율 상태라고 보기가 어렵다.

또한 농가 단위에서 고추를 건조하는 일련의 과정에서 세척 과정이 포함되어 있지 않을 뿐만 아니라 건고추를 생산한 후에도 위생적인 저장 시설이 제대로 갖추어져 있지 않기 때문에 건조 과정 및 건조 전후 과정에서 먼지와 같은 여러가지 불순물에 오염된 상태에서 건고추가 생산 및 유통되고 있는 실정이다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 위생적인 건고추를 생산하고 유통할 수 있어야 하는 바 그에 상응하는 생산 수단을 갖추어야 한다. 즉, 현재 농가 단위에서 생산되고 있는 건고추에서 고추 표면에 부착된 이물질을 분쇄 공정 전에 제거하기 위하여 세척 과정을 거쳐야 하는데 여러가지 세척 방법이 있을 수 있지만 스팀 처리를 이용한 세척 방법이 매우 효과적이라 평가되고 있다. 이때 건고추는 재흡습을 하게 되고 고추의 함수율이 증가하게 되므로 분쇄 공정에 적합한 건고추의 상태를 유지하기 위하여 재건조 공정의 필요성이 대두된다.

한편, 일련의 가공 공정 중에서 건조 공정이 가장 에너지 집약적 공정이라는 것은 주지의 사실이므로 건고추의 세척, 재건조, 분쇄 등의 가공 공정에서 건조 공정은 에너지 측면에서 가장 중요한 공

⁺본 연구는 한국식품개발연구원의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

*서울대학교 농과대학 농공학과

**한국식품개발연구원

정이라 할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 건고추의 재건조 공정에서 열풍 대류 및 적외선 복사 건조에 따른 고추의 온도 및 건조 특성을 구명하고 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 방안을 강구하고자 하는 것이다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 장치

그림 1 과 표 1은 각각 건조 실험에 사용된 장치의 개략도와 목록을 나타낸 것이다. 건조 실험 장치는 그림 1 과 표 1에 나타낸 바와 같이 항온 항습 장치, 송풍 장치 및 송풍관, 건조실, 배기관 등으로 구성되었고 송풍관 내부에는 송풍 과정에서 열손실로 인한 온도 감소를 보상해 주기 위하

여 보조 히터와 제어반이 설치되었으며 송풍관 및 건조실은 건조실 내부에서의 공기가 균일하게 유통할 수 있도록 설계되었다.

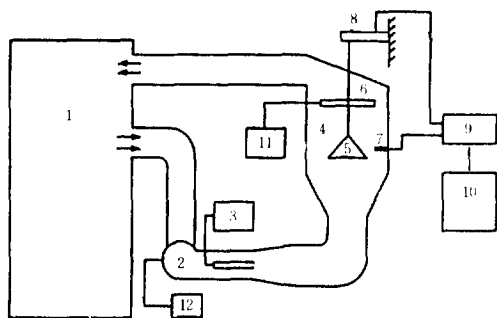
한편, 제촉 시스템은 건조 중 고추의 무게 변화를 연속적으로 측정할 수 있도록 로드 셀(load cell) 필터(filter)와 앰프(amplifier), 퍼스날 컴퓨터를 중심으로 한 자료 수집 장치로 구성되었으며 건조실내 공기의 건구와 습구 온도 그리고 고추의 온도를 측정할 수 있도록 저항식 온도 제촉 시스템이 사용되었다. 또한 적외선 히터를 사용할 경우 소비 전력을 측정하기 위하여 전력량계가 설치되었다.

나. 실험 재료

건조 실험에 사용된 고추는 원예시험장에서 재배된 적토마, 다복, 진솔과 충북 음성군의 고추 산지에서 생산된 금탑이 사용되었다. 적토마, 다복, 진솔

Table 1. List of experimental equipments

Item	Remarks
Air Conditioner	Vol. 16-Refer Mitamura Riken (Japan)
Experimental dryer	Self-made Drying chamber: 40cm x 40cm x 60cm
Personal computer	NEC PC-8001 MK II (Japan)
Load cell	Rated output: 9.2825 mV/10V Resolution: 1/5000
A/D converter	Conversion time: 25 μ s Resolution: 12 bit Channel: 8 ch
Filter & Amp. for load cell	Made by Hando Eng. (Korea)
Subsidiary heater & controller	Heater: 600 W Controller: DDF-120 R/E (Junk Kyung inst.)
Motor & fan	Motor: DC 100 W Fan: Centrifugal type
Seramic infrared heater	Type & power: Circular bar, 300 W Panel, 300 W Panel, 500 W
Watt-hour meter	220 V, single phase
Temperature sensor & Amp.	Sensor: Pt 100 Amp: made by Hando Eng. (Korea)
Anemometer	Hot wire type
Electric balance	Accuracy: 0.01 g



- 1. Air conditioner
- 2. Motor and fan
- 3. Heater and controller
- 4. Drying chamber
- 5. Tray
- 6. Infrared generator
- 7. Temperature sensors
- 8. Load cell
- 9. Filter and amp.
- 10. Data acquisition system
- 11. Watt-hour meter
- 12. DC voltage controller

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus for the drying test.

은 수확 후 실험실의 오븐에서 50℃로 건조되었고, 금담은 고추 산지에서 건조되었다. 건조고추의 재건조 특성을 구명하기 위하여 건조 실험 전에 건조고추는 40℃, 85% RH의 조건에서 재흡수가 되도록 한 후 사용되었다.

다. 실험 방법

본 연구에서는 건조고추의 재건조 특성을 분석하고 에너지의 효율적인 이용 방안을 강구하기 위하여 먼

서 고추의 일반적인 물리적 특성을 측정할 후 인공 배양 건조와 적외선 복사 건조를 수행하였으며 아울러 선고추의 가열 처리시 온도 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 고추의 일반적인 물리적 특성

고추의 품종은 대단히 종류가 많으며 품종간 물리적 특성 차이 또한 매우 큰 것으로 알려져 있다. 여기서는 몇가지 품종에 대해서만 일반적 물리적 특성을 측정하여 제시하였다.

표 2는 몇가지 고추 품종(적토마, 다부, 진솔)의 일반적인 물리적 성질을 나타낸 것이다. 표 2에 나타낸 수치는 생고추에 대해서 측정된 값이다. 여기서 부피는 고추 1개의 외관 부피를 나타낸 것이고 밀도는 외관 부피를 기준으로 산출된 것이다. 또한 투영 면적은 고추가 평면에 가장 안정된 상태로 놓였을 때 전자부사기에 의해 투영된 면적을 추적 제로 측정된 수치이다. 고추의 물리적 성질과 관련하여 지적되어야 할 사항으로써 고추는 재배 환경에 따라서 고추의 물리적 성질이 다를 수 있을 뿐만 아니라 동일한 재배 환경이라도 고추의 가지 위치와 수확 시기에 따라서도 물리적 성질은 크게 다를 수 있다.

Table 2. Physical properties of various raw red peppers

Physical property	Jugtoma		Dabog		Jinsol	
	Mean	STD	Mean	STD	Mean	STD
MC (% wb)	82.8	1.8	80.3	2.5	80.6	1.8
Weight (g)	12.6	2.8	7.5	2.0	9.3	1.8
Length (cm)	11.3	1.0	10.8	1.6	10.2	0.9
(without stem)	(8.8)	(0.9)	(8.7)	(1.4)	(7.8)	(1.1)
Max. diameter (cm)	1.8	0.2	1.5	0.2	1.7	0.2
Thickness of pericarp (mm)	2.5	0.3	1.6	0.2	2.0	0.3
Bone dry wt.(g)	1.86	0.47	1.71	0.35	1.65	0.26
Projected area (cm ²)	13.0	2.4	12.4	2.1	11.1	1.4
Volume (cm ³)	14.9	3.6	13.5	2.9	11.6	2.0
Density (g/cm ³)	0.727	0.042	0.648	0.048	0.742	0.074

Table 3. The ratio of the weight of each section to the weight of the whole red pepper

Variety	MC (% wb)	Total Wt. (g)	Pericarp & placenta		Seed		Stem	
			Mean(%)	STD	Mean(%)	STD	Mean(%)	STD
Jugtoma	82.8	12.6	81.0	2.8	12.3	2.7	6.7	1.5
	20.3	2.3	64.1	5.9	29.1	6.0	6.8	1.0
Dabog	80.3	7.5	84.5	4.0	10.0	3.5	5.5	0.8
	17.8	2.1	67.1	2.9	27.5	2.8	5.4	1.3
Jinsol	80.6	9.3	80.2	1.8	14.6	1.6	5.2	0.6
	19.7	2.1	59.0	5.0	36.4	4.5	4.6	1.4

표 3은 고추 전체 무게에 대한 각 부위별 무게 비율 나타낸 것이다. 과피와 씨의 경우, 전체 무게에 대한 무게비는 함수율 수준에 따라 큰 차이를 보였으나 꼭지의 경우는 함수율 수준에 따라서 큰 차이를 보이지 않았다. 한편 각 부위의 무게 구성비는 품종간에 유사한 경향으로 나타났다.

나. 건고추의 온도 특성

물질의 온도를 상승시킬 수 있는 에너지원으로써 그 물질을 가열할 때 나타나는 물질의 온도 특성은 물질의 화학적 및 물리적 성질에 따라서 달라질 수 있다. 이러한 성질을 일반적으로 물질의 열적 특성이라 한다. 또한, 에너지원의 종류에 따라 그 물질의 온도 특성이 달라질 수 있다.

대류 및 복사에 의해 임의의 물질로 열이 전달될 때 물질 내부에서의 온도 분포는 각각 다른 형태를 가지게 된다. 건고추의 경우에도 대류 및 복사에 의해 열이 전달될 때 각 부위별 및 위치별 온도는 달라질 수 있다.

그림 2에서 5까지는 여러가지 에너지원에 의해 건고추가 가열될 때 시간에 따른 건고추의 내부 온도 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 대류에 의한 열전달과 복사에 의한 열전달의 경우에서 가장 큰 차이점은 건고추의 내부 온도에 관한 것이다. 즉 대류 열전달의 경우 고추의 내부 온도는 건조실 온도보다 항상 낮은 수준을 유지하였으며 복사 열전달의 경우에는 건조실 온도보다 항상 높은 수준을 유지하였다. 한편 복사 열전달 중에서도 적외선 히터의 종류와 용량에 따라서 고추

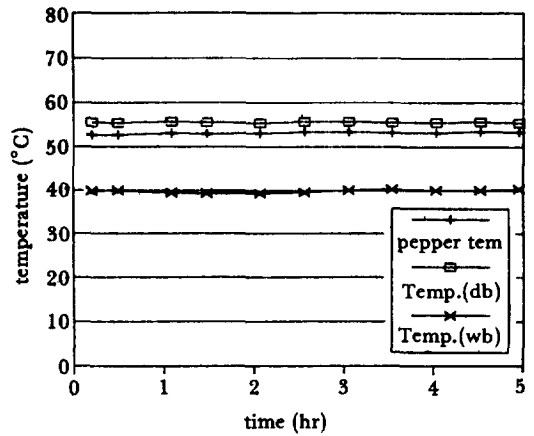


Fig. 2. Inner temperature of dried red pepper during convection (variety: Jinsol)

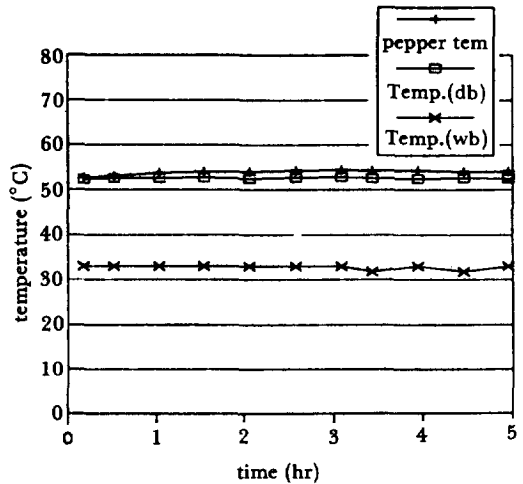


Fig. 3. Inner temperature of dried red pepper during radiation by circular-bar-type infrared heater of 300 W (variety: Jinsol)

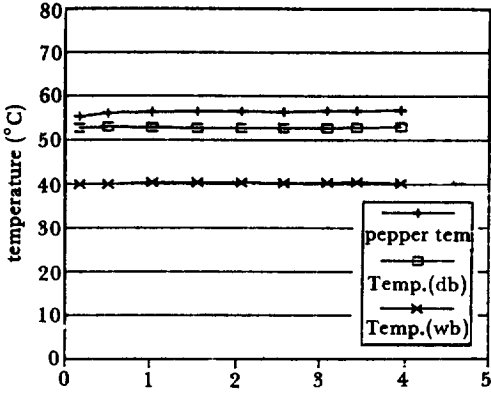


Fig. 4. Inner temperature of dried red pepper during radiation by panel-type infrared heater of 300 W (variety: Jinsol)

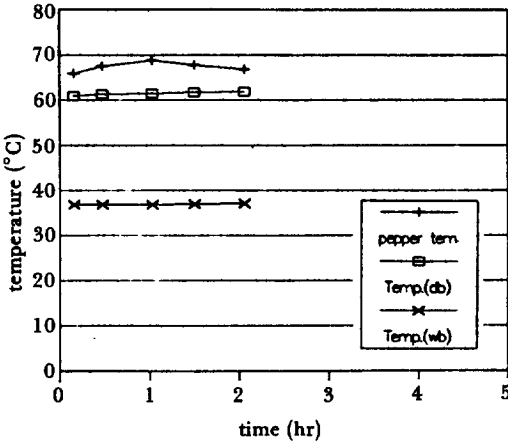


Fig. 5. Inner temperature of dried red pepper during radiation by panel-type infrared heater of 500 W (variety: Jinsol)

의 내부 온도 상승 정도는 다르게 나타났다. 여기서 적외선 히터의 용량이 다를 경우에 고추의 내부 온도 수준이 다르게 나타나는 것은 당연한 결과로 인식될 수 있으며 동일한 용량이라도 적외선 히터의 종류가 다를 경우에는 히터로부터 방사되는 적외선의 파장 특성, 방사율, 방사 면적 등이 다르기 때문에 그와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

표 4는 여러가지 에너지원에 의하여 건고추를 가열할 때의 고추 온도를 나타낸 것이다. 그림 2에서 5의 경우를 고찰한 바와 같이 건고추를 연풍을 이용하여 대류에 의해 가열할 때 건고추 내부의 온

도는 열풍의 전구 온도보다 항상 낮은 수준을 유지했고 적외선 히터에 의한 복사 가열시에는 히터의 종류에 관계없이 건조실의 온도보다 항상 높은 수준을 유지했으며 적외선 히터의 용량이 크면 고추의 온도도 높게 나타났다. 적외선 히터의 용량이 같은 경우에는 판넬형의 적외선 히터가 봉형 히터보다 고추의 온도는 높게 나타났다. 한편, 적외선에 의해 열전달이 될 때 방사 거리가 짧은 경우 고추의 온도는 방사 거리가 긴 경우보다 높게 나타났고 공기의 상대 습도가 높은 경우 고추의 온도는 다소 낮게 나타났다. 적외선에 의해 고추를 가열할 경우 고추의 각 부위별 온도를 보면 적외선 방사 쪽 표면의 온도가 가장 높고 고추의 내부 온도가 그 다음이며, 적외선 히터와 반대편 표면의 온도는 건조실의 온도와 유사하게 나타났다. 따라서 적외선을 이용하여 고추를 가열할 경우 고추의 전표면이 균일하게 가열될 수 있는 방안을 강구하는 것이 필요하다.

다. 건고추의 재건조 특성

농산물 건조시에는 건조 시간을 단축시키는 방법, 건조 후의 품질, 건조에 소요되는 에너지를 절약하는 방안 등이 고려되어야 한다. 본 절에서는 흡수된 건고추를 재건조할 때 여러가지 건조 조건하에서의 건조 소요 시간과 건조 속도에 관하여 고찰하고자 한다.

그림 6은 표 5와 같은 건조 조건 하에서 흡수된 건고추(금탑)를 재건조할 때 건조 소요 시간을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 고추를 가열시킬 수 있는 에너지를 많이 투입할수록 건조 소요 시간이 단축되는 것을 알 수 있다. 이것은 고추의 온도가 높을수록 건조 소요 시간이 단축된다는 것을 의미한다. 물론 고추로부터 수분을 제거 하는 공기의 건조 잠재력이 높을수록 건조 소요 시간이 단축됨을 의미하기도 한다. 특히 건조 공정을 분쇄 공정과 연계해서 고찰해 볼 때 건고추가 약 20%(wb)까지 흡수되어 약 13%(wb)까지 건조되는 경우와 건고추가 약 17%(wb)까지 흡수되어 약 13%(wb)까지 건조되는 경우를 가정하면 각각의 건조 소요 시간은 표 6과 같다.

Table 4. Temperature of dried red pepper with respect to type of energy source during heating.

E	Tdb	Twb	Tin	Tfs	Tbs	D	V
Hot air	48.9	31.4	47.4	—	—	—	Jinsol
	55.6	40.1	53.3	—	—	—	Jinsol
	56.3	39.7	53.3	—	—	—	Gumtab
	52.7	32.2	50.2	—	—	—	Gumtab
	60.9	35.6	58.6	—	—	—	Gumtab
	70.8	43.5	68.3	—	—	—	Gumtab
Circular-bar type IR heater	52.5	33.0	54.2	—	—	40	Jinsol
	53.8	39.1	53.8	59.5	53.1	40	Dabog
Panel type IR heater (300 W)	52.8	40.2	56.5	—	—	40	Jinsol
	53.2	40.8	56.9	—	—	40	Jinsol
	51.6	35.9	54.9	—	—	40	Gumtab
	54.2	38.4	57.9	60.0	—	40	Jugtoma
	54.6	39.6	56.3	61.7	—	40	Dabog
	55.0	39.9	57.1	61.8	—	40	Dabog
Panel type IR heater (500 W)	52.2	39.1	53.6	—	—	40	Jinsol
	62.0	37.1	67.0	—	—	40	Gumtab
	68.9	46.0	74.2	79.4	69.5	40	Dabog
	66.7	35.2	85.6	—	—	30	Gumtab
	60.7	36.6	90.1	—	—	30	Gumtab

- Notes) E : type of energy source
 Tdb : dry bulb temperature of air (°C)
 Twb : wet bulb temperature of air (°C)
 Tin : inner temperature of dried red pepper (°C)
 Tfs : frontal surface temperature of dried red pepper (°C)
 Tbs : back surface temperature of dried red pepper (°C)
 D : distance of radiation (cm)
 V : variety of red pepper

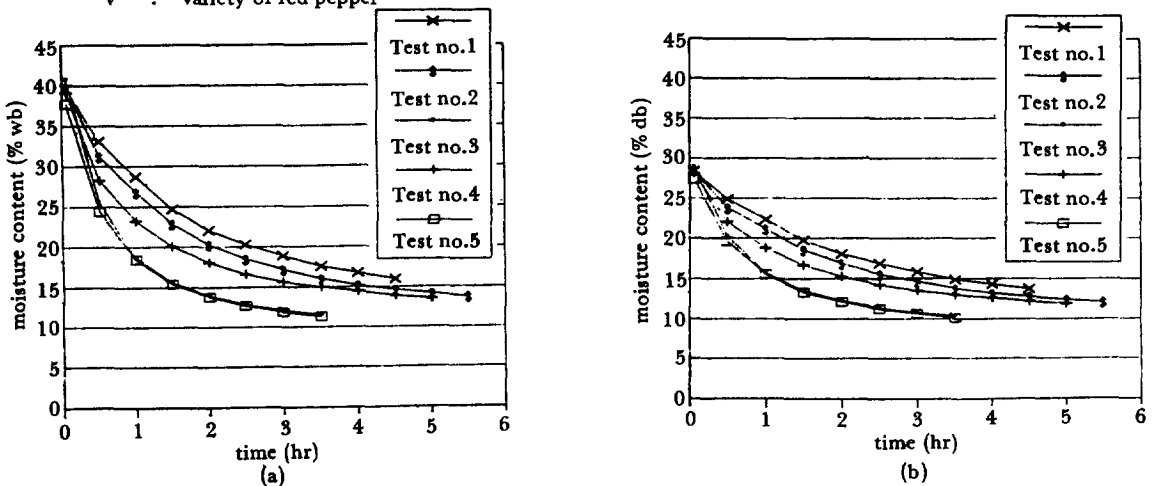


Fig. 6. Drying curves of rewetted red peppers for each drying condition.

Table 5. Drying conditions for redrying of dried red pepper (variety: Gumtab)

Test no.	Energy source	Tdb	Twb	D	v	MCo(mco)
1	Hot air	52.7	32.2	—	0.5	39.66(28.40)
2	IR (panel type, 300W)	51.6	35.9	30	0.5	39.84(28.49)
3	IR (panel type, 500W)	62.0	37.1	30	0.5	40.75(28.95)
4	Hot air	60.9	35.6	—	0.5	39.11(28.12)
5	Hot air	70.8	43.5	—	0.5	37.76(27.41)

Notes) Tdb : dry bulb temperature in drying chamber (°C)
 Twb : wet bulb temperature in drying chamber (°C)
 D : distance of radiation (cm)
 V : air velocity (m/s)
 MCo: initial moisture content (% db)
 mco : initial moisture content (% wb)

Table 6. Drying time of rewetted red pepper for redrying (variety; Gumtab)

Test no.	Initial MC (% wb)	Final MC (% wb)	Drying time (hr)
1	20	13	3.60
2	20	13	3.04
3	20	13	1.18
4	20	13	2.73
5	20	13	1.18
1	17	13	2.69
2	17	13	2.30
3	17	13	0.85
4	17	13	2.12
5	17	13	0.82

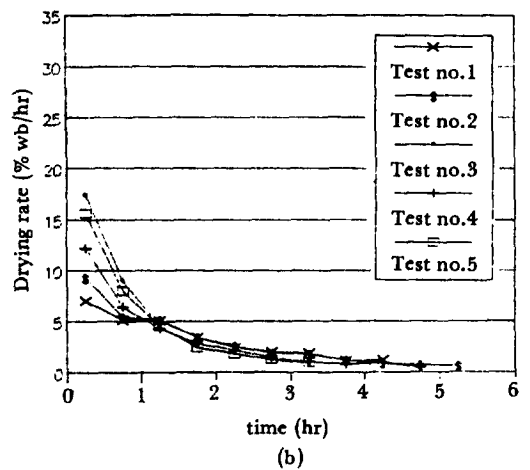
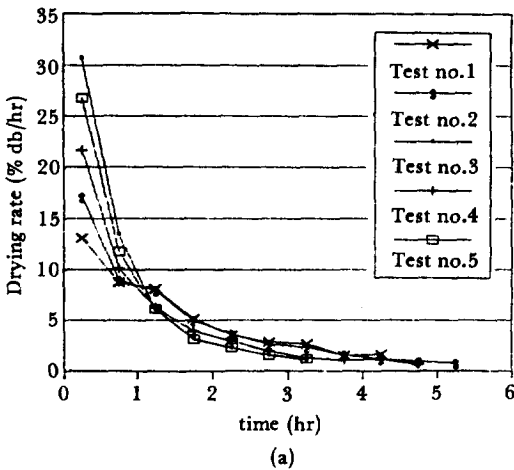


Fig. 7. Drying rates of rewetted red peppers for each drying condition.

Table 7. Drying rates of reweted red peppers

Time (hr)	Drying rate (% wb/hr)				
	Test no. 1	Test no. 2	Test no. 3	Test no. 4	Test no. 5
0.25	7.06	9.32	17.38	12.16	15.62
0.75	5.12	5.40	9.02	6.40	8.00
1.25	5.06	5.10	4.48	4.26	4.50
1.75	3.38	3.40	2.44	2.76	2.40
2.25	2.40	2.54	1.78	2.16	1.74
2.75	2.00	1.86	1.18	1.42	1.22
3.25	1.88	1.72	0.84	1.00	0.94
3.75	1.14	1.16		0.80	
4.25	1.20	0.92		0.88	
4.75		0.74		0.52	
5.25		0.58			

그림 7은 표 5와 같은 건조 조건하에서 흡습된 건고추(습담)를 재건조 할 때의 건조율을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 건조 초기의 건조율은 test no. 3, no. 5, no. 4, no. 2, no. 1의 순으로 크게 나타났다. 그러나 건조 중기에는 test no. 1과 no. 2의 경우에서 오히려 건조율이 크게 나타났으며 건조 말기에는 모든 건조 조건 하에서 건조율의 크기를 비슷하게 나타났다. 여기서 함수율이 높은 건조 초기에는 건조에 투입되는 에너지가 많을수록 건조율이 크게 나타나는데 반해 함수율이 낮은 건조 말기에는 건조에 투입되는 에너지의 양에 따른 건조율의 영향은 크지 않음을 알 수 있다. 한편, 표 7은 그림 7에 나타난 건조율(습량기준)을 수치로 나타낸 것이다.

라. 에너지 이용 효율

농산물을 건조할 때 소요되는 에너지는 농산물의 가열 및 수분의 증발에 필요한 열량, 열손실 등으로 구성된다. 그러나 본 절에서는 건조 시스템을 고려하지 않고 에너지원의 종류에 따라서 단위 면적 및 시간당 투입되는 에너지를 기준으로 하여 건조 효과를 평가하는 방법을 개발하여 건조시의 에너지 이용 효율을 분석하고자 한다.

여기서 건조시의 에너지 이용 효율을 평가하기 위하여 다음과 같이 건조 유효성(drying effectiveness, De)을 정의한다.

$$De = \frac{\text{건량기준 건조율 (kg/kg·s)}}{\text{건조에 투입되는 에너지 강도 (MJ/m}^2\cdot\text{s)}}$$

$$= \frac{\text{Dry basis drying rate}}{\text{Input rate of energy per unit area}}$$

표 8은 몇 가지 에너지원이 건고추의 재건조에 이용될 때 시간에 따른 건조 유효성의 변화를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 test no. 2와 3 즉, 적외선 히터가 사용된 경우 건조 유효성은 연풍에 비해 매우 크게 나타났다. 따라서 건조 유효성의 측면에서는 건고추의 재건조 공정에 적외선 히터를 사용하는 것이 연풍을 이용하는 경우보다 유리하리라 판단된다. 한편 함수율이 높을수록 건조 유효성은 크게 나타났다가 함수율이 감소함에 따라 건조 유효성은 감소하는 것으로 나타났다.

표 9는 건고추의 재건조시 건조 유효성의 평균치를 나타낸 것이다. 건고추(금담)가 20%(wb)에서 13%(wb)까지 건조되는 경우와 17%(wb)에서 13%(wb)까지 건조되는 경우에서 전자의 건조 유효성이 후자보다 높게 나타났다. 이것은 초기 함수율이 높을수록 건조 유효성은 큰 값을 가지는 것을 의미한다. 한편 적외선 히터가 사용되었을 때의 건조 유효성이 연풍이 사용되었을 때보다 높게 나타나는 것은 표 8에서 고찰한 바와 같으며 적외선 히터의 용량이 클수록 건조 유효성은 높은 것으로 나

Table 8. The variation of drying effectiveness of various energy sources with respect to time during redrying (drying conditions: in table 5)

Time (hr)	Drying effectiveness (m ² /MJ) x 10E5				
	Test no. 1	Test no. 2	Test no. 3	Test no. 4	Test no. 5
0.25	25.1	279	279	26.9	19.6
0.75	16.8	147	122	12.5	8.65
1.25	15.5	130	55.9	7.81	4.50
1.75	9.87	82	29.0	4.86	2.30
2.25	6.73	59.2	20.7	3.67	1.66
2.75	5.47	42.5	13.6	2.38	1.13
3.25	5.05	38.2	9.62	1.64	0.850
3.75	2.92	25.5		1.31	
4.25	3.14	19.6		1.41	
4.75		15.7		0.843	
5.25		12.4			
Initial MC (% db)	39.66	39.84	40.75	39.11	37.76

Table 9. Average drying effectiveness during redrying of dried red pepper (variety: Gumtab)

Redrying	Drying condition	Average drying effectiveness (m ² /MJ) x 10E5
20% (wb) to 13% (wb)	test no. 1	5.38
	2	54.2
	3	77.7
	4	4.59
	5	6.27
17% (wb) to 13% (wb)	test no. 1	3.98
	2	39.7
	3	59.8
	4	3.27
	5	5.01

타났다. 또한 열풍의 경우에도 열풍의 온도가 높을수록 건조 유효성이 높은 것을 알 수 있다. 그러나 농산물 건조시 품질과 관련하여 불 때 건조 조건에서 온도의 제한이 따르게 되는 것을 고려해야 한다.

4. 결 론

청결한 고추 분말을 제조하기 위해서는 건조추의 분쇄 공정 전에 세척 과정이 요구된다. 건조추가 세

척 과정을 거치게 되면 재흡습을 하게 되므로 건조추의 재건조 공정이 필요하다. 본 연구에서는 재흡습된 건조추를 효과적으로 건조하기 하기 위하여 열풍 대류 건조와 적외선 복사 건조에 의한 재건조시 건조추의 온도 특성 및 건조 특성을 먼저 실험 분석하였고 이 결과를 토대로 건조 유효성의 개념을 정의하여 건조시 에너지원의 종류에 따라 에너지 이용의 효율성에 관하여 분석하였다. 건조 유효성에 의한 분석 결과 열풍 대류 건조보다는 적외선 복사

건조 방법이 유리한 것으로 나타났다. 그러나 복사 건조시에는 고추 표면의 온도가 방사전후면 사이에서 약간의 변이를 보였다.

본 연구로부터 제시된 결과는 건조 시스템의 설계 및 건조 공정의 설정을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 조용진, 고태균. 1986. 고추의 건조 특성과 건조 모델에 관한 연구. 한국농업기계학회지 11(1): 52-63.
 2. Flink, J.M., 1977. Energy analysis in dehydration processes. Food Technology 31:77-84.
 3. Hall, C.W., 1962. Radiation in agriculture: theory of infrared drying. Trans. of ASAE 5(1): 14-16.
 4. Headley, V.E. and C.W. Hall. 1963. Drying of shelled corn in an infrared source. Trans. of ASAE 6(2):148-150.
 5. Masanobu Hasatani et al., 1988. Hybrid drying of granular materials by combined radiative and convective heating. Drying Technology 6(1):43-68.
 6. Mujumdar, A.S., 1987. Handbook of industrial drying. Marcel Dekker, Inc. New York.
-
- 〈261 페이지에서 계속〉
- harvester discharge meeter J. Agric. Engng Res. 24, 1-10.
 9. Esaki Haruo. 1986. Grain Harvester. Isev Company. Japan.
 10. G. Wang, G.C. Zoerb, L.G. Hill. 1986. Development of a combine separation Performance monitor. ASAE 1986 summer meeting paper No. 86-1089.
 11. J. De Baerdemaeker, L. Lemaitre, R. Meire. 1982. Quality Detection by Frequency spectrum Analysis of the Fruit Impact Force. Trans. of the ASAE Vol.25(1): 175-178.
 12. M.S. Sabir, S.S. Stuchly, A. Hamid. 1976. A Mass Flowmeter for Grain. Trans. of ASAE Vol.19(6):1138-1142.
 13. Nuri N. Mohsenin. 1978. Physical properties of plant and Animal materials. Gordon and Breach Science Publishers.
 14. W.B. Reed, M.A. Grovum, A.E. Krause. 1968. Combine Harvester grain loss monitor. ASAE 1968 winter meeting paper No. 68-607.
 15. W. Huisman. 1983. Optimum cereal combine harvester operation by means of automatic machine and threshing speed control. Dept. of Agri. Engng. Agricultural University Mansholtlaan. The Netherlands.
 16. William B. Reed. 1978. A Review of monitoring devices for Combines. International Grain and Forage Harvesting Conference Proceedings.