

인공광을 이용한 고추 건조기술 연구

A Study on the Drying of Red Pepper by Using Artificial Lighting and Heated Air

이선호*, 조광환*, 김유호*, 김영민*, 조영길*, 오성식*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원

S.H. Lee K.H. Cho Y.H. Kim Y.M. Kim Y.K. Cho S.S. Oh

1. 서론

고추는 남아메리카를 원산지로 열대에서는 다년생, 온대에서는 1년생 채소에 속한다. 국내에서 고추는 2000년 재배면적 및 생산량으로 볼 때 6.5~9만ha에서 15~22만톤이 생산되는 양념류, 김치류, 고추장 등의 매우 중요한 조미채소로 국민 1인당 소비량도 건고추를 기준하여 3.5kg/년에 이른다. 일반적으로 고추 건조는 대부분 열풍에 의존하고 있으나 건조온도에 따라 고추의 몸통색이 검게 변하고 매운 맛이 떨어진다. 관행의 태양초 건조기술은 비닐하우스를 이용하는 방법으로 회나리(하초)의 발생이 많고, 흐린 날이나 비오는 날이 많을 경우 건조기간이 10~15일로 길어져 품질 손상이 심하며 뒤집기 등에 많은 노력이 소요되고 있는 실정이다. 또한, 비닐하우스 건조시 품종에 따라 건조(시간과 품질)차이가 있으며 건조과정중 젤상태가 될 때 날씨가 좋으면 상관없이 없지만 흐릴 경우나 야간에 보일러, 온풍기 등을 가동하지 않으면 회나리 및 고추의 형태가 쭈그러지는 경우가 생겨 대책 마련이 필요하다. 이렇게 고추는 건조방법에 따라 품질차이가 커 가격의 차이가 크므로 관행건조방법에 의한 태양초와 같은 수준의 품위로 건조할 수 있는 새로운 건조기술의 개발이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 관행건조방법에 의한 태양초와 같은 수준의 품위유지를 위한 건조기술을 구명코자 인공광과 온풍기의 열풍을 복합한 비닐하우스용 건조장치를 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 인공광원 요인시험

(1) 광원선정 및 조도시험

태양에 근접한 광원선정을 위해 메탈할라이드등, 형광등, 자외선등에 대해 특성, 출력, 파장대를 생산업체 및 전문가를 직접 방문하여 조사 정리하였으며 선정된 광원(메탈할라이드등)을 가지고 KSC 7612 기준에 의거하여 코팅유무 2수준(코팅,클리어), 출력 2수준(175W, 400W), 광조사거리 5수준(300~1,100mm)으로 하여 등간격과 조사거리 조절이 가능한 장치에 의해 조사구간별 121점을 측정점으로 조도측정시험을 하였고, 이때 낮 시간 태양에 대한 조도를 측정하여 인공광원과의 조도를 비교하였다.

* 농업기계화연구소

(2) 반사각 구명시험장치

광원을 공시 비닐하우스 내에 적용키 위하여 그림 1 및 표 1과 같은 광조사장치를 제작하고 등간격, 반사각 재료 및 각도별로 균일조도 구명시험을 하였다.

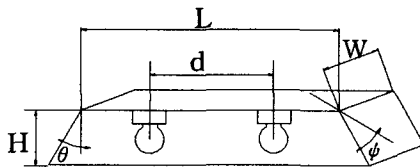


Table 1. Specifications of lighting equipment

Material	Size(mm)			Angle(°)		Distance (d) (mm)	Area (m ²)
	L	W	H	F,B(φ)	L,R(θ)		
Embossing aluminum	1,350	500	550	15,30	15,30	525~575	1

Fig. 1. Lighting equipment for uniformity illumination

※ F : forward, B : backward, L : left, R : right

나. 건조시험

(1) 공시재료

건조시험에 사용된 공시재료는 강원도 횡성의 농가에서 재배한 포청천 품종이며, 2001년 8월30일에 구입하여 4~5℃ 저온저장고에 저장을 하면서 건조시험을 하였고 재료의 물성은 아래 표 2와 같다.

Table 2. The growth characteristics of test materials

Variety	Length (cm)	Diameter (cm)	Weight (g)	Sharp taste	Initial moisture content(%w.b.)
Pochungchun	14~15	1.9~2.0	13~14	Strong	84.7

(2) 시험장치

고추건조시험장치는 그림 2 및 표 3에서 보는 바와 같이 건조베드, 열풍공급부, 광원 이송조사부로 구성되어 있으며 온풍기로 건조베드상에 열풍을 공급시키며, 이송장치에는 장치 양단에 리미트스위치를 장착하여 건조베드 위를 왕복조사토록 설계·제작하였다.

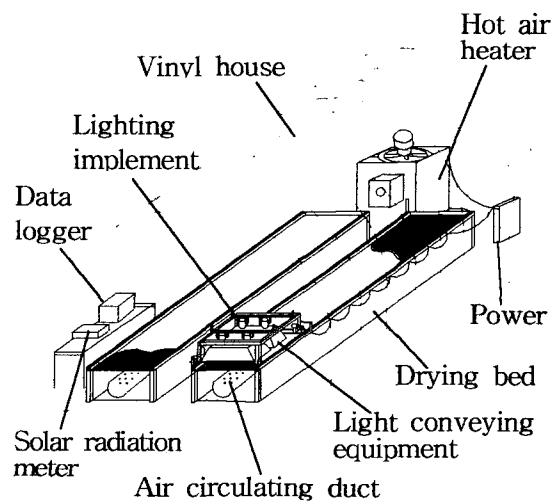


Fig. 2. Schematic diagram of prototype

Table 3. Specifications of prototype

Items	Type and specification
Vinyl house	Size(L×W×H) 10,000×6,000×3,600mm
Drying bed	Size(L×W×H) 6,000×1,100×700mm
Airflow part	Power 0.75kW Fan Axial fan
Heating part	Type Gun-type Fuel consumption amount 5.3 l /hr
Lighting part	Type Metal halide clear Output 0.7kW(175W×4개) Size(L×W×H) 1,610×1,420×620mm
Conveying part	Motor 0.04kW Control Limit Wire spring type switch

(3) 시험방법

(가) 함수율

건조시험에 대한 함수율은 시험구 3구간, 대비구 3구간으로 나누어 각각 3개의 건조전 고추샘플을 채취하여 6시간 간격으로 디지털저울에서 무게의 감량을 측정하였다.

(나) 온도분포

건조베드상의 온도분포는 11점(시험구 5점, 대비구 5점, 하우스내 1점)에 대해 온도 센서를 부착하여 온도기록계(DDR-10)를 통해 30분 간격으로 측정하였다.

(다) 일사량

시험기간중의 일사량은 일사량계(LI-1000 radiation sensor)를 가지고 낮 시간대의 비닐하우스 내부 및 외부의 광량의 변화를 측정하였다.

(라) 처리요인

처리요인은 시험구(인공광+열풍)과 대비구(열풍)로 두고 온도와 광조사속도를 바꾸어 가면서 시험하였다.

(마) 건조에너지

건조시험에 대한 건조에너지는 시험구 및 대비구에 대한 연료소모량과 소요전력을 측정하여 계산하였다.

(바) 품위

건조시험결과에 대한 품위는 색도와 당도를 측정하였는데 색도인 ASTA color 값은 스펙트로포토미터(OPRON-3000 Spectrophotometer)를 가지고 ASTA Color 측정법에 의해, 당도는 당도계(PET-109 Refractometer)를 가지고 처리요인별로 고춧가루 농축액 샘플을 채취하여 각각 5반복 실험을 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 인공광원 요인시험

(1) 인공광원선정

광원에 있어 태양의 색온도 5,450K, 연색지수 100, 파장대 700nm 55% 적외선, 400~700nm 40~44% 가시광선, 293~400nm 1~5% 자외선에 가까운 등을 기준하여 조사한 결과 메탈할라이드등이 표 4에 나타난 바와 같이 색온도, 연색지수, 파장대에서 태양에 가장 근접한 것으로 나타나 공시광원으로 선정하였으며, 형광등의 경우 연색지수는 90으로 높았으나, 색온도가 4,000K로 낮고 메탈할라이드등에 비해 조도가 떨어지는 것으로 나타났다. 또한, 자외선등의 경우에는 의료 및 살균용으로 사용되는데 사용시 실명위험 등 안전성 등으로 밀폐가 요구되어 적용이 곤란한 것으로 나타났다.

Table 4. Characteristics of Metal halide lamps

Output (W)	Illumination (lux)	Color temp.(K)	Wavelength range (nm)	Color index	Kinds of light	Application range
175	14,000	5,400	390~640	80	visible ray	Photosynthesis, Cultivation of vegetable
400	34,000	5,420	390~640	85	"	"

(2) 태양조도

하루동안(09:30~18:30) 비닐하우스 내의 태양조도를 측정한 결과 조도분포는 그림 3에서 보는 바와 같이 최소 2,800lux, 최대 82,000lux이었으며, 평균조도는 44,000lux로 나타났고 이때, 평균투과율은 65%로 나타났다.

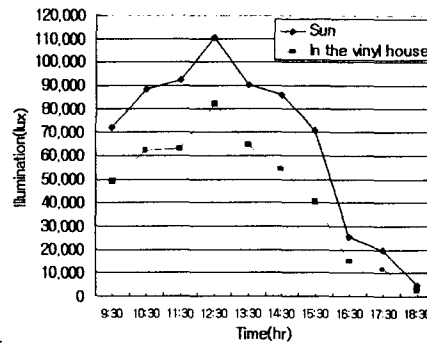


Fig. 3. Illumination of sunlight

조사거리별 평균조도를 측정한 결과 표 5와 같이 비닐하우스를 투과한 태양의 평균조도를 기준할 때 조사구간 1m²에서는 조사면적은 넓었으나 조도값이 낮게 나타났고, 0.25m²에서는 175W 클리어등 70cm 일 때 25,448lux, 400W 클리어등 90cm 일 때 28,036lux로 비닐하우스 내 태양의 평균조도값에 가장 근접한 것으로 나타났다.

Table 5. Average illumination at area by lamps (unit: lux)

Illumination distance (cm)	0.25m ²				1m ²			
	400W clear	400W coating	175W clear	175W coating	400W clear	400W coating	175W clear	175W coating
30	108,294	76,297	57,050	30,980	55,188	42,172	32,164	18,320
50	65,689	42,561	39,032	19,977	23,028	15,114	10,146	5,775
70	43,200	25,420	25,448	13,358	18,833	12,317	8,727	4,890
90	28,036	16,301	18,843	13,052	15,722	9,642	7,497	4,774
110	21,241	11,382	11,705	6,566	13,597	7,736	5,148	3,471

(4) 반사갓의 구멍시험

광원을 공시 비닐하우스 내에 적용키 위한 균일조도 구멍시험 결과 표 6에서와 같이 반사갓 재료 엠보싱처리 알루미늄, 반사갓 각도 전후좌우 30°, 등간격 550mm에서 평균조도 29,540lux, 표준편차 전후 2,120, 좌우 2,228 일때 가장 좋은 것으로 나타나 시험장치의 광조사부 설계·제작에 적용하였다.

Table 6. Average illumination and standard deviation at factors

Materials	Illumination distance (mm)	Angle(°)		Average illumination (lux)	Standard deviation		
		F, B	L, R		Total	F, B	L, R
General Aluminum plate	525	15	15	39,357	6,182	5,472	3,422
		15	30	35,555	10,193	8,089	4,514
		30	15	31,378	3,157	2,161	2,782
		30	30	29,052	3,364	2,289	2,799
	550	15	15	33,077	4,054	3,928	2,676
		15	30	27,221	3,710	3,281	2,352
		30	15	26,039	2,688	2,266	2,384
		30	30	28,532	2,356	2,128	2,220
	575	15	15	26,931	5,212	5,610	2,490
		15	30	23,332	4,325	4,114	2,600
		30	15	24,467	2,135	1,746	2,164
		30	30	21,898	2,710	2,391	2,301
Embossing aluminum plate	550	30	30	29,540	2,301	2,120	2,228

나. 건조시험

(1) 건조특성곡선

성능시험한 결과 광조사속도 0.034m/sec일때는 그림 4 및 표 7에서 보는 바와 같이 시험구가 대비구에 비해 건조기간이 1~1.5일 단축되는 것으로 나타났고, 이때, 열풍온도의 분포는 40℃ 쪽이 양호한 것으로 나타났으나 일사량은 온도 40℃일 때 101~685W/m²이고 35℃일 때 124~653W/m²로 두 시험간 비슷한 경향을 나타냈다.

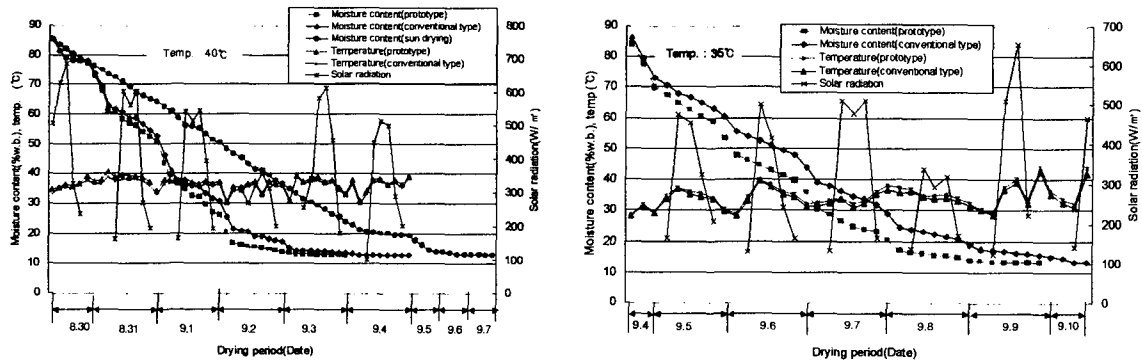


Fig. 4. Drying curve of red pepper at the lighting illumination speed 0.034m/sec

또한, 광조사속도 0.024m/sec일때에도 그림 5 및 표 7에서 보는 바와 같이 위 시험 (광조사속도 0.034m/sec)과 마찬가지로 시험구가 대비구에 비해 건조기간이 1.5~2일 단축되는 것으로 나타났으며, 열풍온도분포는 두 시험간에 큰 차이가 없었으나 일사량에서는 오히려 35℃일 때가 40℃에 비해 양호한 것으로 나타나 인공광에 의한 효과가 있는 것으로 판단되었다. 또한 전체적으로 볼 때 시험구가 대비구에 비해 건감속도가 10.3~19.7% 향상되었고, 건조에너

지도 16.1~17.1% 절감되는 것으로 나타났다.

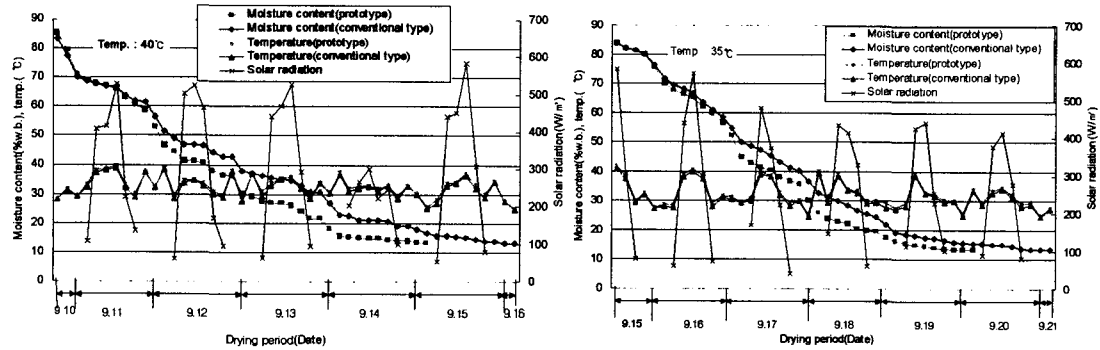


Fig. 5. Drying curve of red pepper at the lighting illumination speed 0.024m/sec

Table 7. Drying time, drying rate, consumption energy

Items	Drying time (hr)	Drying rate (%w.b./hr)	Consumption energy (kcal/kg · water)
Test 1	Prototype	114	0.63
	Conventional type	138	0.52
Test 2	Prototype	120	0.58
	Conventional type	138	0.52
Test 3	Prototype	108	0.66
	Conventional type	132	0.53
Test 4	Prototype	114	0.61
	Conventional type	138	0.51
Sun drying	210	0.34	-

※ Test1: heated air temp. 40°C, speed 0.034m/sec, test2: heated air temp. 35°C, speed 0.034m/sec
test3: heated air temp. 40°C, speed 0.024m/sec, test4: heated air temp. 35°C, speed 0.024m/sec

(2) 건조품위

표 8에서 보는 바와 같이 시험 3,4에 대한 색도(ASTA color) 및 당도의 반복실험결과와 ASTA color값은 시험구가 327, 339로 대비구 및 자연건조에 비해 값이 훨씬 높게 나타났지만 당도에 있어서는 자연건조를 제외하곤 처리간에 차이가 없는 것으로 나타났으며 반복시험결과에 대해 F-test 검증결과 색도 및 당도 모두 5% 유의수준에서 고도의 유의차가 있는 것으로 나타났다.

Table 8. Drying time, drying rate, consumption energy

Items	Test 3		Test 4		Sun drying
	Prototype	Conventional type	Prototype	Conventional type	
ASTA Color	327	229	339	242	247
Sugar content (Brix)	5.82	5.84	5.80	5.84	4.80

※ Test of significance: F-test level 5%

4. 요약 및 결론

가. 인공광원은 색온도, 연색지수, 파장대, 조도등에서 태양에 가장 근접한 메탈할라이드등을 선정했다.

나. 광원을 공시비닐하우스에 적용키 위해 반사갓 재료 및 각도, 등 간격별로 요인시험한 결과 엠보싱처리 알루미늄 재료, 반사갓 각도 전후좌우 30°, 등간격 550mm에서 가장 좋은 것으로 나타나 비닐하우스용 고추건조장치의 광조사부 설계·제작에 적용하였다.

다. 건조성능시험결과 시험구(인공광+열풍)가 대비구(열풍)에 비해 건감속도가 10.3~19.7% 향상되었고, 건조에너지도 16.1~17.1% 절감되는 것으로 나타났다.

라. 시험구 및 대비구의 색택(ASTA color) 및 당도에 대해 F-test 검증결과 5% 유의수준에서 고도의 유의차가 있는 것으로 나타났으며 ASTA color값은 차이가 컸으나 당도에서는 차이가 없는 것으로 나타났다.

결론적으로, 농가에서 사용하고 있는 하우스 열풍건조에 비해 색택 및 성분면에서 양호하기 때문에 비닐하우스 건조방식을 채택하는 농가를 대상으로 인공광조사 건조방식을 추가한다면 전천후 건조방식으로 적용이 가능할 것으로 사료되었다.

5. 참고 문헌

1. 한국식품과학회지. 1975. 김재환 외. 고추의 열풍건조가 품질에 미치는 영향 : 72~73
2. IAOAC . 1986. Spices and Other Condiments : 999
3. 한국식품과학회지. 1989. 이동선 외. Quality Optimization in Red Pepper Drying : 659
4. 한국고추연구회지. 1996. 한국고추연구회. 제4권 국내외 고춧가루 품질관리현황 : 93
5. 농촌진흥청. 2000. 고추 및 주요약용작물의 수확후 처리실태 조사연구 : 5~11
6. 농업기계화연구소. 2000. 시험연구사업설계서 및 시험연구사업보고서
7. JOFE. 2001. M.N.Ramesh.etc. Influence of processing parameters on the drying of spice paprika : 67~68