

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
증장기 Code	H03/AE03AE3103	RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행기간	연구실	책임자
농업현장 에너지 절감기술 접목 연구		H03 AE03AE3103	'09~'10	특화작물 시험장	권순배
원적외선 Heating Fabric을 이용한 에너지 절감형 간이 농산물 건조기술 개발		H03 AE03AE3103	'09~'10	특화작물 시험장	권순배
색인용어	원적외선 Heating Fabric, 농산물 건조장치, 건고추				

ABSTRACT

In order to produce the high-quality of dried red pepper saving energy, we developed the 2 dryers equipped with combined solar and far infrared heating fabric(SAFIHF) and compared the quality of SAFIHF-treated red pepper with that of the pepper treated with conventional drying such as natural and hot-air drying. the results obtained were as follows:

- (1) The drying time of red pepper took 3days in the hot-air dryer, 3.5days in the shelves type - SAFIHF. 4.7days in mat type - SAFIHF and 14days in natural drying.
- (2) Amounts of electric power consumption to produce 50kg dried pepper took 400kw in the hot-air dryer, 381kw in the shelves type - SAFIHF and 399kw in the mat type - SAFIHF dryer. As compared to hot-air drying, the shelves type-SAFIHF showed 4.75% of the electricity savings.
- (3) As a result of determination of intensity of red-pepper using-a colorimeter, the red color intensity(a value) of the peppers was affected by drying methods and especially a value of red pepper treated with the shelves type - SAFIHF and natural drying was appeared to be 35.2 and 36.0, indicated that these peppers have better clear red color intensity than that of hot-air drying.
- (4) The contents of capsaicinoids in peppers treated with the shelves type - SAFIHF and natural drying showed higher up to 17.2% and 24.6% than those of the treated with hot-air

Thus, these results indicated that the shelves type - SAFIHF dryer was more suitable drying method for producing the high-quality of red peppers compared to other drying methods in energy efficiency and quality of red pepper powder

1. 연구목표

국내의 시판중인 대부분의 고추 건조기는 대형 고가의 장치로 다수의 소규모 고추생산 농가 및 김장용 고춧가루를 자가 건조하고자 하는 일반가정에서 손쉽게 이용하기에는 애로가 많은 것이 현실이다. 또한 최근 국내외적으로 에너지 절감 신기술 개발의 필요성이 증대하고 있고, 국가의 에너지정책 차원에서 각종 산업기기 및 생활 가전제품의 에너지 소비효율 관리 의무를 강화하고 있다. 최근 각종 산업용기기의 열원으로 직물발열체 등의 고효율 탄소발열체 이용 기술이 주목받고 있으나, 이들은 주로 생활가전제품인 전기온열기 매트 및 건물내장재 등의 저온을 이용한 전열기기에의 응용에 국한되고 있는 실정이다. 이 면상발열체를 농업용으로 적용한 사례는 아직까지 국내외적으로 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 고추 등 농산물의 천일건조식품 등을 제조시 손쉽게 사용할 수 있도록 햇빛태양광)과 보조열원으로 원적외선 직물 발열체 기술을 융합한 에너지절감형 건조장치를 개발하여 고품질의 건조고추 생산기술을 확립하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 건조실험 장치

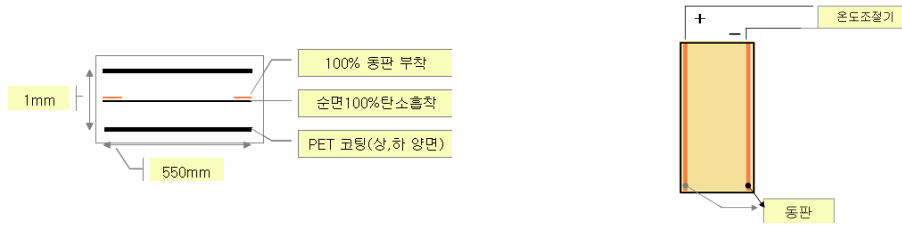
본 실험을 수행하기 위하여 그림 1과 같은 2종의 원적외선 직물발열체 건조장치를 제작하여 사용하였다. 선반형 건조장치의 규격은 가로 1,200mm, 세로 550mm, 높이 1,500mm이다. 매트형은 가로 1,100mm, 세로 6,600mm 이다. 원적외선 발열소재는 그림2와 같이 탄소입자가 코팅된 면직물에 내구성이 강한 방수시트를 입힌 것으로 건조장치의 규격에 따라 알맞은 크기로 재단하여 이용하였다. 각 건조장치의 건조실은 태양열을 최대한 이용할 수 있도록 투명비닐로 벽면을 구성하였으며, 벽면에 배습장치를 설치하여 건조실의 습도가 지속적으로 낮아지도록 하였다. 온도제어는 설정온도에 따라 건조실의 시료채반 및 시료에 설치한 온도 센서 (온도편차 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 조절범위 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$, 소비전력 $500\text{w}/\text{m}^2$)에 의하여 건조열원의 전류를 on-off 시켜 제어되도록 설계 제작하였다.



<그림 1> 선반형 건조장치 (1,200×550×1,500mm)



매트형 건조장치 (1,100×6,600mm)



<그림 2> 건조실험장치에 이용된 원적외선 직물 발열체의 단면 및 평면의 모식도

나. 건조실험 장치별 건고추 품질 특성

각 건조장치별 건고추의 품질특성을 비교분석하기 위하여 2009~2010년까지 강릉 특화작물 시험장의 노지포장에서 관행재배법으로 재배한 녹광고추를 8월 하순~9월 하순에 수확하여 시험 재료로 이용하였다. 건조장치는 신규로 제작한 원적외선 직물발열체 건조장치 2종(선반형 및 메트형), 시판 대형 전기식건조기 및 관행적인 천일건조방법 등 4처리로, 각 건조장치의 설치 위치는 선반형 건조장치는 아파트 베란다, 메트형 건조장치는 비닐하우스, 시판 대형건조기는 창고, 관행 천일건조는 건물 옥상으로 하였다. 각 장치별로 건조에 소요되는 전력량 및 건조시간 등 에너지 효율을 비교하기 위하여 표 1과 같이 일정한 건조조건에서 수행하였다. 또한 각 장치별 건조된 고추의 품질 (외관형태, 상품과율, 색도, 캡산틴 및 캡사이신 함량)의 비교를 실시하였다.

표 1. 건조장치별 건조조건

건조장치 구분	소비전력 (kw)	생체 건조량 (kg)	건조온도 (°C)	비고
원적외선 선반형(A)	1.4	40	50	매시간 15분 자동 배습
원적외선 메트형(B)	2.8	80	50	비닐하우스 환기창 배습
시판 대형 열풍건조기(C)	6.6	250	50	5시간마다 30분 자동 배습
관행(천일건조)(D)	-	40	-	-

고춧가루의 색도는 색차계(CR-400, Minolta Co. Ltd)를 이용하여 L, a, b를 측정하였으며, capsanthin함량은 한 등(1995)의 방법에 의해 30mesh 분체기를 통과한 고추 분말시료 0.1g을 칭량한 후 acetone 100ml로 채운 다음 적당히 혼합한 후 16시간 암실에서 방치한 다음 spectrophotometer(Uvikon 942, Kontron Co. Ltd)를 이용하여 460nm에서 흡광도를 측정, ASTA (American Spice Trade Association)법에 의해 capsanthin 함량을 아래의 계산식에 의해 구하였다.

$$\text{ASTA value} = \frac{\text{추출액의 흡광도} \times 16.4}{\text{시료 (g)}}$$

capsaicin 분석(Attuquayefio 등, 1987, Kim 등,2004)을 위한 고춧가루는 건고추 씨를 제거 후 마쇄하여 1mm의 체를 통과한 것을 시료로 하였다. 분석을 위한 시료의 전처리에는 고춧가루 일정량을 100ml Vol-flask에 취하여 ethanol 80ml를 가하고 60°C 수욕상에서 40분간 초음파 처리하였다. 그 후 시료는 ethanol을 이용 100ml로 정용하고, 0.20um millipore filter로 여과 후 HPLC (Alliance, Waters, USA)를 이용하여 정량하였다(표 2).

표 2. 고춧가루의 capsaicin 분석에 대한 HPLC의 조건

Items	Conditions
Detector	Fluorescence Ex. : 280nm, Em. : 310nm
Column	Hypersil C18 BDS (5 μm, 4.6 × 250 mm)
Column oven temp.	40°C
Mobile phase	Methanol : Water : Acetonitrile : acetic acid (47 : 42 : 10 : 1, v/v/v/v)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	10 μl

3. 결과 및 고찰

건조장치별 건고추의 생산에 소요된 기간은 표 3과 같았다. 열풍건조기(3.0일) > 원적외선 선반형(3.5일) > 원적외선 매트형(4.7일)로 천일건조에 소요된 14일보다는 9.3 ~ 11일까지 기간이 단축되는 효과가 있었다. 각 건조장치별 고추건조에 소요되는 전력량은 1회 건조시 선반형 건조장치(61kw), 매트형 건조장치(115kw), 시판건조기(400kw)가 소요되었으며, 이를 동일한 생고추 투입량 250kg (건고추 50kg)으로 환산한 소요전력량은 선반형 건조장치(381kw) < 매트형 건조장치(399kw) < 시판건조기(400kw)로 소모되는 전력량에는 차이가 없다고도 볼 수 있지만 수치해석상으로 선반형 건조장치는 시판 건조기 대비 4.75%의 전기절감효과가 인정되었다(표 3)

표 3. 건조장치별 건고추 건조시간 및 소요전력량(09. 9.18~10.2)

구분	원적외선 선반형	원적외선 매트형	시판 대형 열풍건조기	관행 (천일건조)
생고추 투입량(kg)	40	80	250	40
건조 소요기간(일)	3.5	4.7	3.0	14.0
건조 소요전력량(kw)	61.0	115.0	400.0	0.0

건조장치별 건고추 상품성을 보면(표 4) 건과율 및 외관주름은 건조방법간 뚜렷한 차이가 없으나, 관행 천일건조의 경우 상품과율이 93%로 낮았고 이는 부패율이 5.5%로 다른 건조장치에 비하여 높음에 기인한 것으로 분석되었다. 천일건조시 부패율이 높은 원인은 건조에 소요되는 기간이 14일(표 3)로 길었기 때문으로 해석된다.

표 4. 건조장치별 건고추의 상품성

건조장치 구분	숙과중 (g/개)	건과율 (%)	외관주름 ¹⁾	상품과율 (%)	하품과율(%)		
					탈색과	부패	계
원적외선 선반형(A)	14.5	21.2	1	95.0	4.0	1.0	5.0
원적외선 매트형(B)	"	21.8	1	96.5	2.0	1.5	3.5
시판 열풍건조기(C)	"	22.6	1	95.0	5.0	0.0	5.0
관행 (자연건조)(D)	"	21.2	1	93.0	1.5	5.5	7.0

¹⁾외관주름형태 : 1:10%이하, 2:11-20% 3:21-30% 4:31-40% 5:41%이상

고추의 적색소인 carotenoid는 일반적으로 capsanthin 약 35%, β -carotene과 vilolaxanthin 약 10% 등과 이 외의 미량성분으로 구성되어있다(Shin 등, 1991). 고추의 품질 평가는 일반적으로 외관의 색깔에 의하여 평가되는데, 고추의 품질 기준으로 적색도는 capsanthin을 정량하거나 색차계를 이용하여 비교 판정하고 있다. 본 시험에서의 각 장치별 건조 고추가루를 ASTA 값으로 산정한 capsanthin함량은 건조장치에 따라 큰 값의 차이는 없었으나, 관행 천일건조와 선반형 건조장치에서 높게 나타났다. 또 색차계를 이용한 고춧가루의 색도를 Hunter의 값으로 표시되는 L, a, b값을 조사한 결과 천일건조와 원적외선 선반형 건조장치에서의 고춧가루의 a값이 각각 36.9, 35.2로 높게 나타났다. 이 값이 증가 할수록 capsanthin 함량을 나타내는 ASTA치도 함께 증가하는 경향을 나타냈다(표 5).

표 5. 건조장치별 건조고추의 색도 및 ASTA 값

건조장치 구분	색도			ASTA 값 ³⁾
	L ¹⁾	a ²⁾	b ²⁾	
원적외선 선반형(A)	37.9 a ⁴⁾	35.2 b	20.9 a	106.0
원적외선 매트형(B)	32.3 d	33.9 c	19.1 b	105.1
시판 열풍건조기(C)	33.3 c	33.8 c	20.9 a	104.9
관행(천일건조) (D)	35.2 b	36.9 a	20.2 a	108.8

¹⁾ Lightness, ²⁾ Chromaticity coordinates, ³⁾ American Spice Trade Association value

⁴⁾ Mean separation within by Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$ level

건조장치별 고추의 매운맛 성분인 capsaicinoids (capsaicin + dihydrocapsaicin)의 함량은 원적외선 선반형 건조장치와 천일건조가 14.3 및 15.2 mg%로 시판열풍건조기 건조에 비해 그 감소량 적어서, 원적외선 선반형 건조장치와 천일건조시의 capsaicinoids의 함량이 시판열풍건조 대비 17.2% 및 24.6% 정도 높게 유지되었다.

표 6. 건조장치별 건조고추의 매운성분 함량

건조장치 구분	capsaicin (mg%)	dihydro-capsaicin (mg%)	capsaicinoids (mg%)
원적외선 선반형(A)	9.6	4.7	14.3 a ¹⁾
원적외선 매트형(B)	9.1	4.5	13.6 ab
시판 열풍건조기(C)	9.0	3.2	12.2 b
관행(천일건조) (D)	10.5	4.7	15.2 a

¹⁾ Mean separation within by Duncan's multiple range test, $p \leq 0.05$ level

4. 적 요

에너지 절감하면서 고품질의 건조고추를 생산하기 위한 목적으로 햇볕태양광과 원적외선 식물발열체 건조기술을 융합한 간이 고추건조장치를 개발하여 고추를 건조시켜 기존의 시판 대형열풍건조기, 천일건조 등의 건조방법에 의한 건조고추와 에너지 효율 및 품질을 비교

한 결과는 다음과 같다.

1. 원적외선 직물발열체를 이용하여 아파트 베란다 공간 등에서 사용이 가능한 간이식 선반형 건조장치를 개발하였다. 고추건조에 소요되는 시간 및 전기에너지 절감효과를 기존 열풍기, 천일건조법과 비교한 결과
 - 건조기간(일)은 시판 열풍건조기(3.0일) > 원적외선 선반형(3.5일) > 원적외선 매트형(4.7일) > 천일건조 (14일)이 소요되었고,
 - 전력량 소비량(kw)은 건조 50kg 생산시, 원적외선 선반형(381kw) < 원적외선 매트형(399kw) < 시판건조기(400kw)로 원적외선 선반형 건조장치는 시판 열풍 건조기 대비 약 4.75%의 전기절감효과가 있었다.
2. 고춧가루의 색깔 지표인 ASTA 값 및 적색도(a)는 시판 열풍 건조기 대비 원적외선 선반형 및 관행건조가 약간 우수하였다.
3. 매운맛 성분인 capsaicinoids 함량은 열풍건조 대비 원적외선 건조 및 천일건조에서 각각 17.2% 및 24.6% 높았다.

이와 같은 실험결과를 종합해 볼 때 원적외선 선반형 건조장치로 건조한 고춧가루가 기타 방법에 비하여 건조효율(소요시간, 소비전력)과 상품적 가치(색깔, 매운맛)가 우수하였다

5. 인용문헌

- Attuquayefio, V.A. and Buckle, A.K. 1987. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in capsicum fruits and oleoresins. *Journal of Agriculture Food Chemical* 35. p. 777-779.
- Kim, C.H., Ryu, S.H., Lee, M.J, Baek, J.W., Hwang, H.C. and Moon, G.S. 2004. Characteristics of red pepper powder using N₂-circulated low temp. drying method. *Korean J. Food Sci. Tech.*, 36, 25-31
- Shin, H.H and Lee, S.R. 1991. Quality attributes of Korean red pepper according to cultivars and growing areas. *Korean J. Food Sci. Tech.*, 23, 296-300
- 한웅수, 홍성희, 배민정, 고경육, 박지현. 1995. 고추와 고춧가루의 품질 관리체계 연구 개발 농림수산부 농림수산 특정연구사업 p. 17-44.

6. 연구결과 활용

연도(연차)	활용구분	제 목
2011	실용신안 출원(예정)	○ 원적외선 Heating Fabric 이용 간이 농산물 건조기

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도	
					'09	'10
책 임 자	특화작물시험장	농업연구사	권순배	과제 총괄	○	○
공동연구자	"	시험보조원	고경희	분석	○	
"	"	시험보조원	신지은	분석	○	○
"	"	농업연구관	안수용	조사업무 지원	○	○
"	"	농업연구사	김기선	조사업무 지원	○	○
"	"	기능직	김정기	포장관리	○	○
"	"	무기계약직	권혁익	생육관리 지원	○	○
"	"	농업연구사	박천규	조사업무 지원		○
"	"	"	맹진희	조사업무 지원		○
"	보건환경연구원 동부지원	보건연구사	이건호	분석	○	
"	"	"	이 완	분석	○	