

## 고추 건조중의 외관색도 변화

김 명 호

전북대학교 농과대학 농업기계공학과

### Color Development of Whole Red Peppers During Drying

Myoung Ho Kim

Department of Agricultural Machinery Engineering, Chonbuk National University

#### Abstract

As a fundamental study on the drying-induced color development in whole red peppers, changes in the moisture and external colors were measured during hot-air drying and sun-drying of whole red peppers. Peppers showed three distinct drying stages in terms of the slope of drying curve. During both hot-air drying and sun-drying, lightness  $L^*$  gradually decreased while hue-angle  $h_{ab}$  and chroma  $C_{ab}^*$ , after a short induction period, diminished fast in magnitude, then decreased slowly. The drying stages during which moisture content and the  $h_{ab}$  and  $C_{ab}^*$  experienced a great change matched almost identically to each other, implying a correlation between the color development and the moisture change during drying. Magnitude changes in  $L^*$ ,  $h_{ab}$ , and  $C_{ab}^*$  of whole red peppers during hot-air drying and sun-drying were 4.3, 3.2°, 13.6 and 3.0, 0.7°, 8.6, respectively, indicating a less deterioration in lightness, hue, and saturation with sun-drying. Based on comparison between the magnitudes of  $\Delta h_{ab}$  and  $\Delta C_{ab}^*$ , the apparent color deterioration during hot-air drying appeared to mainly come from the decrease in saturation rather than in hue.  $\Delta E_{ab}^*$  between hot-air dried and sun-dried pepper was 6.1, showing the existing color difference was quite detectable to the naked eyes.

Key words : whole red pepper, color development, hot-air drying, sun-drying

#### 서 론

고추(*Capsicum annum*)는 남미가 원산지인 가지과에 속하는 1년생 초본으로, 우리나라에 들어온 지 300여년이 지나는 동안 한국인의 식생활에 빼놓을 수 없는 중요한 위치를 차지하고 있는 양념채소작물이다. 고추는 전체 채소 중에서도 가장 많은 재배면적을 차지하고 있으며 농가소득에의 기여도도 높다. 고추와 고추부산물을 이용한 전통식품의 가짓수는 약 70종에 이르며 주로 고추장, 고춧가루, 풋고추 등의 형태로 국민 1인당 연간 약 2.5 kg을 소비하고 있다.

대부분의 고추는 수확후 건조시켜 건조추 상태로 저장, 유통되며 이를 식용으로 소비할 때는 분말상태인 고춧가루로 가공된다. 건조추의 일반적인 품질인자는 내적, 외적으로 구분할 수 있는데, 내적인 요소로는 신미 성분인 capsaicin과 영양소인 vitamin C의 함량등을, 외적인 요소로는 고추의 주요 색소인 capsan-

thin에 의한 赤色도를 들 수 있다(김광수 등, 1979). 건조추는 건조방법에 따라 색택과 맛 등이 달라지므로 상품성이 달라진다고 알려져 있다. 건조방법은 태양열에 의한 陽乾과 열풍건조기를 이용한 火乾 등 두 가지가 있는데, 양건에 의한 건조추(일명 太陽草)가 보다 더 좋은 빛깔을 띄게 된다고 인정되어 火乾草에 비해 근당 1,000원 정도의 가격을 더 받고 있다. 그러나 이러한 건조추의 색깔판정은 육안에 의해 주관적으로 내려져 왔으며, 따라서 판매상의 농간에 의해 火乾草가 太陽草로 둔갑하여 소비자들이 피해를 입는 사례도 종종 보고되고 있다.

고추 건조과정중 발생하는 외관색도의 변화에 대해서 그 크기, 양상, 기작 등이 밝혀진다면 위와 같은 문제의 해결뿐만이 아니라 새로운 건조법의 개발, 합리적인 건조조건의 설정 등에도 큰 도움이 되리라 생각되지만, 이 분야의 연구는 주로 고추의 색소성분과 갈변물질의 함량변화에 초점을 두어 이뤄져 왔다(金과순, 1975; Lee와 Kim, 1989). 따라서, 본 연구에서는 고추 건조중의 색도변화 현상 구명에 필요한 기초자료를 마련코자 열풍건조와 천일건조 과정중 발생하는

Corresponding author: Myoung Ho Kim, Department of Agricultural Machinery Engineering, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756, Republic of Korea

고추의 수분함량 변화와 외관색도 변화를 측정하여 제시하였다.

### 재료 및 방법

실험에 쓰인 고추는 1996년 9월 4일 전북 김제에서 수확한 신기계 대과종인 풍촌으로서, 2월 5일과 5월 1일에 각각 파종 및 정식하여 비닐하우스에서 재배되었다. 전체 고추중 외관과 색도가 비교적 균일한 것들만 선별하여, 흐르는 물로 수세하고 표피의 물기를 닦은 후, 시료 50개를 대상으로 길이, 최대직경, 개당 중량 등의 기본 물성치를 측정하였다. 초기수분함량은 3반복하여 공기오븐법(105°C, 24시간)으로 측정하였다. 건조중 색도변화를 측정하기 위한 시료들에는 번호를 기입하고 原形상태로 몸통상부 세 군데의 표면색도를 표면색도계(Minolta Chroma Meter CR-200; ϕ8 mm measuring area)로 측정, L\*a\*b\* 값으로써 나타내었다. 측정된 L\*a\*b\*값은 다음 식을 이용, 인간의 색지각 3속성인 명도, 색상, 채도와 각각 밀접하게 상관되는 CIE 1976 lightness L\*, hue-angle h<sub>ab</sub>, chroma C\*<sub>ab</sub>로 환산하여 사용하였다(Hunt, 1987).

$$h_{ab} = \arctan(b^*/a^*), \quad C^*_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

고추의 열풍건조는 향온습기(금화산업제, model KHF-2051)를 사용하여 실시하였다. 색도측정을 위한 고추시료는 건조실내의 하단 채반위에 박층으로 펼쳐져 건조되었으며, 건조중 무게변화를 측정하기 위한 시료는 절망용기에 넣어 상단 채반위에 놓여졌다. 건조조건으로는 Fig. 1의 고추건조 표준온도표(농촌진흥

청, 1991)를 채택하였으며, 건조중 시료의 무게변화는 2시간마다 무게변화 측정용 시료의 무게를 전자저울(Precisa 200A; resolution 0.001 g)로 측정하였다. 건조 완료후에는 무게변화 측정용 시료의 수분함량을 측정하여 건조중의 무게변화를 수분함량 변화값으로 환산하였다. 건조중의 색도변화는 4시간마다 6개의 시료를 임의로 채취하여 고추 몸통 상부를 약 3 cm 폭으로 절단하여 과피만을 검은색 판지위에 펼쳐놓은 후, 표면색도계를 이용, 두 곳의 표면색도를 측정하였다. 색도계의 보정에 쓰인 표준색표판은 백색 MgCO<sub>3</sub> 판 (x=0.3132, y=0.3193, Y=92.8)이었다.

고추의 천일건조는 실험용 온실내에 설치한 약 1 m 높이의 건조대 위에 바닥이 망사인 크기 50×90 cm의 채반을 올려 놓고 시료를 박층으로 펼쳐 96년 9월 7일부터 9월 15일까지의 기간중 비가 내린 9월 9일 하루를 제외한 8일간 실시하였다. 실험용 온실은 폴리에틸렌 필름을 피복재로 사용한 플라스틱 온실로, 폭과 길이는 각각 6 m와 12 m,棟방위는 남북방향이었으며, 전북대학교 농과대학 실험포장에 위치하였다. 시료는 수확후 마대자루에 담긴 채로 하루동안의 음건과 수세를 거쳐 천일건조에 사용되었다. 건조는 매일 오전 9시부터 오후 5시까지 행해졌으며, 정오와 오후 3시에 각각 換積을 하였고 비닐하우스 내외의 대기온도는 열선온도계(Kanomax Model 6511)로 오전 10시 반과 오후 2시 반에 측정하였다. 건조시간 이외에는 시료를 마대자루에 넣어 실내 암소에 보관하였다. 건조중 시료의 수분함량은 오후 1시와 5시에 공기오븐법으로 측정하였다. 시료의 색도변화 역시 오후 1시와 5시에 6개의 시료를 채취, 전술한 방법에 의해 측정하였다.

### 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 고추시료의 기본 물성치는 Table 1과 같았다. 金 등(1995)에 의하면 이 품종의 특성은 과장 12~14 cm, 과경 1.8~2.0 cm, 과중 11~13 g으로서, 시료들은 비교적 충실한 개체였음을 알 수 있었다.

#### 열풍건조

열풍건조시 고추의 수분함량 변화는 Fig. 2와 같았으며, 참고자료로 全과 金(1974) 및 趙 등(1991)의 고추 열풍건조 실험치를 그림에 함께 포함하였다. 全과 金(1974)은 재래종 고추를 대상으로 60°C의 열풍을, 趙 등(1991)은 대과종인 금담에 대해 건구온도 70°C, 상대습도 30%의 열풍을 사용하였다. 본 연구에서 사

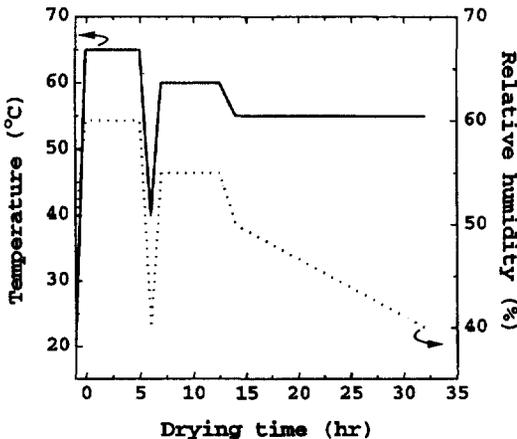
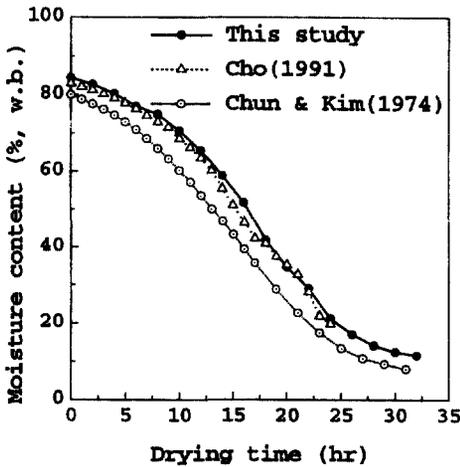


Fig. 1. Recommended hot-air drying schedule for whole red peppers.

**Table 1. Basic properties of peppers used in the study<sup>1)</sup>**

Length (cm)	Max. Dia. (cm)	Weight (g)	Moisture (% w.b.)	Initial Color	
				Hot-air drying	Sun drying
11.7 (0.9)	1.9 (0.2)	13.4 (2.2)	85.3	L*=34.1 (1.5) a*=34.2 (3.2) b*=13.8 (2.0)	L*=34.3 (1.8) a*=34.8 (3.2) b*=14.4 (2.1)

<sup>1)</sup>Numbers in the parentheses are standard deviations



**Fig. 2. Drying curves for whole red peppers (hot-air drying).**

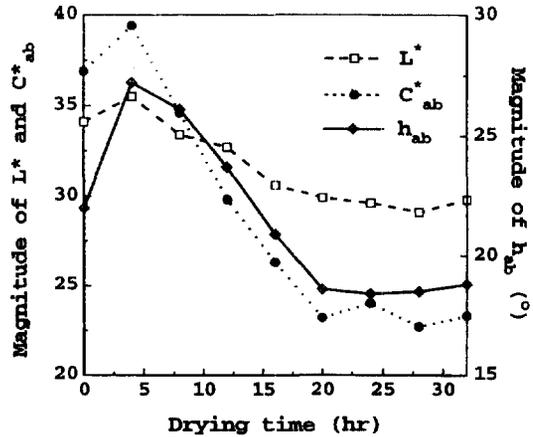
용한 고추의 표준건조법은 단계적으로 열풍의 온도와 습도를 조절하여 건조를 완료하는 방법이고, 다른 두 경우에서는 전체 건조기간 동안 일정한 온도와 습도의 열풍을 이용하였으므로 건조곡선상의 차이가 존재 하리라 예상되었으나 세가지 건조방법 모두 거의 동일한 건조특성을 보였다. 즉, 건조곡선의 기울기인 건조속도를 기준으로 할 때, 전체 건조과정은 크게 3단계로 구분할 수 있었는데, 초기 수분함량에서 약 70%의 수분함량까지, 70%에서 20%까지, 그리고 20%에서 최종 수분함량인 약 15%까지의 구간이 이들에 해당하였다. 원형상태의 생고추는 속이 빈 긴 원통과 같은 형상을 갖고 있는데, 횡단면에서 주요 구성요소를 살펴보면 중심부에는 종자(seed)가 붙어있는 태좌(placenta)가, 최외곽에는 과피(pericarp)가 위치하며 그 사이에는 공기층이 있는데 과피와 태좌를 연결하는 격벽(dissepiment)이 이를 가로질러 존재한다. 또, 전체 무게 중 과피와 태좌가 차지하는 비율이 81%이고 전체 함유수분 중에서 82%가 과피에 집중되어 있으며(趙 등, 1991), 과피 표면이 왁스층으로 싸여 있어 수분이동 저항이 고추의 표면에 집중되어 있는 등 여러점에서 고추는 특이한 피건조물이라 할 수 있다.

열풍건조과정중 측정된 고추의 색도값 L\*, a\*, b\*는

**Table 2. Changes in L\*, a\*, b\* values of whole red pepper during hot-air drying<sup>1)</sup>**

	4 hr	8 hr	12 hr	16 hr
L*	35.5 (0.8)	33.4 (1.7)	32.7 (1.6)	30.6 (1.5)
a*	35.0 (1.1)	31.1 (2.0)	27.3 (1.9)	24.6 (2.3)
b*	18.0 (1.0)	15.2 (1.3)	12.0 (1.5)	9.4 (1.7)
	20 hr	24 hr	28 hr	32 hr
L*	29.9 (0.6)	29.6 (1.7)	29.1 (0.9)	29.8 (1.5)
a*	22.0 (2.3)	22.8 (1.8)	21.5 (2.6)	22.1 (1.2)
b*	7.4 (1.1)	7.6 (1.0)	7.2 (2.3)	7.5 (0.8)

<sup>1)</sup>Numbers in the parentheses are standard deviations.



**Fig. 3. Color changes in whole red peppers during hot-air drying.**

Table 2에서와 같았으며, 이를 L\*, h<sub>ab</sub>, C\*<sub>ab</sub> 값으로 환산, Fig. 3에 도시하였다. L\*값은 초기치인 34.1로부터 완만하게 감소하여 건조완료시에는 초기값의 약 87%에 해당하는 29.8을 보였다. 이에 비해 a\*와 b\*값은 초기의 유도기를 거쳐 큰 폭으로 감소한 후, 건조말기에는 완만하게 감소하였다. Hue-angle h<sub>ab</sub>와 Chroma C\*<sub>ab</sub>의 변화추세 역시 a\*와 b\*의 그것과 유사했으며, 전체적으로는 건조중 h<sub>ab</sub>값은 22.0°에서 18.8°로, C\*<sub>ab</sub>값은 36.9에서 23.3으로 감소하여 초기치의 15%와 37%가 감소하였다. 생고추와 열풍건조된 고추 사이의 Δh<sub>ab</sub>가 3.2°, ΔC\*<sub>ab</sub>가 13.6이라는 사실로부터 양자간의 확연한 색차이는 색상의 변화보다는 채도의 감소가 주원인이

라고 생각되었다. Fig. 2와 3을 비교하면  $h_{ab}$ 와  $C_{ab}^*$ 의 급격한 감소는 10~25시간의 건조구간에서 발생하였으며 이 구간에서는 수분함량 역시 큰 폭(70%에서 20%)으로 변화한다는 사실로 미뤄볼 때, 고추 건조중 수분함량 변화와 표면색의 변화는 서로 밀접한 관련이 있으리라 생각되었다.

천일건조

천일건조 기간중 온실내외의 온도는 Fig. 4와 같았다. 온실내부와 외부의 평균온도는 각각 40.9°C와 27.1°C였으며 그 차이는 13.8°C였다. 천일건조중 고추의 수분함량변화는 Fig. 5에 나타내었는데, 고추의 천일 건조에서도 열풍건조에서와 같이 3개의 뚜렷한 건조구간이 존재하여, 처음과 마지막에는 낮은 건조속도를 보였고 수분함량이 약 65%에서 18%까지의 구간에서는 높은 건조속도를 보였다. 이 세 개의 구간에 해당하는 천일건조 기간중의 온실내부 평균온도는 각각

40.9°C, 40.3°C, 41.3°C로서 거의 동일하였으므로, 이들 구간은 건조환경의 불균일에 의해 파생되었다고는 보이지 않았다.

천일건조중 측정된 고추의 색도 변화값은 Table 3에서와 같았으며, 이를  $L^*$ ,  $h_{ab}$ ,  $C_{ab}^*$  값으로 환산, Fig. 6에 도시하였다.  $L^*$ 값은 초기치인 34.3으로부터 감소하여 건조완료시에는 초기값의 91%에 해당하는 31.3을 보였다. 천일건조중 Hue-angle  $h_{ab}$ 와 Chroma  $C_{ab}^*$ 는 열풍 건조에서보다도 더욱 긴 유도기를 거쳐 감소하는 추세를 보였으며, 전체적으로  $h_{ab}$ 값은 22.5°에서 21.8°,  $C_{ab}^*$ 값은 37.7에서 29.1로 변화하여 초기치의 3%와 23%가 감소하였으나, 열풍건조에 비해서 그 감소량은 매우 적어 생고추와 천일건조된 고추 사이의  $\Delta h_{ab}$ 는 0.7°,  $\Delta C_{ab}^*$ 는 8.6에 불과하였다. Fig. 5와 6을 비교하면  $h_{ab}$ 와  $C_{ab}^*$ 의 급격한 감소가 발생하는 건조구간에서는 수분함량 역시 60%에서 15%로 급감한다는 사실로 미뤄볼 때, 천일건조에서도 함수율 변화와 표면색의 변

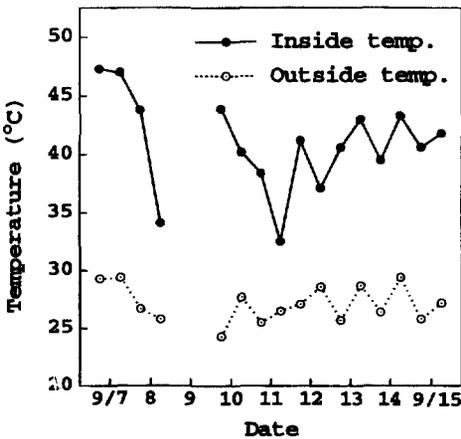


Fig. 4. Air temperature variations in inside and outside of greenhouse during sun-drying.

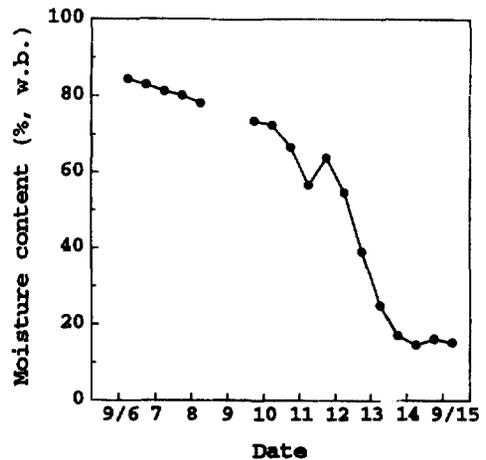


Fig. 5. Drying curves for whole red peppers (sun-drying).

Table 3. Changes in  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of whole red pepper during sun-drying<sup>1)</sup>

	9/7		9/8		9/10		9/11	
	1 p.m.	5 p.m.	1 p.m.	5 p.m.	1 p.m.	5 p.m.	1 p.m.	5 p.m.
$L^*$	34.1 (1.6)	34.8 (0.7)	35.4 (1.0)	35.6 (1.0)	35.0 (0.9)	34.3 (0.4)	34.9 (1.4)	33.7 (1.6)
$a^*$	35.3 (3.0)	35.0 (1.7)	34.2 (1.3)	35.4 (0.9)	32.9 (0.4)	31.5 (1.5)	32.0 (1.5)	31.9 (1.5)
$b^*$	16.3 (2.1)	16.4 (1.7)	16.4 (1.5)	17.2 (0.7)	15.7 (0.3)	15.1 (1.3)	15.8 (1.0)	15.3 (1.2)
	9/12		9/13		9/14		9/15	
	1 p.m.	5 p.m.	1 p.m.	5 p.m.	1 p.m.	5 p.m.	1 p.m.	5 p.m.
$L^*$	34.4 (1.0)	34.0 (1.1)	32.2 (0.9)	31.7 (1.5)	30.4 (1.5)	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	31.3 (1.4)
$a^*$	30.4 (1.2)	29.2 (1.4)	28.7 (2.3)	28.1 (1.7)	24.8 (2.8)	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	27.0 (1.8)
$b^*$	14.3 (1.2)	13.2 (1.7)	12.7 (1.9)	12.0 (1.7)	9.4 (1.8)	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>	10.8 (1.3)

<sup>1)</sup>Numbers in the parentheses are standard deviations. <sup>2)</sup>Missing values.

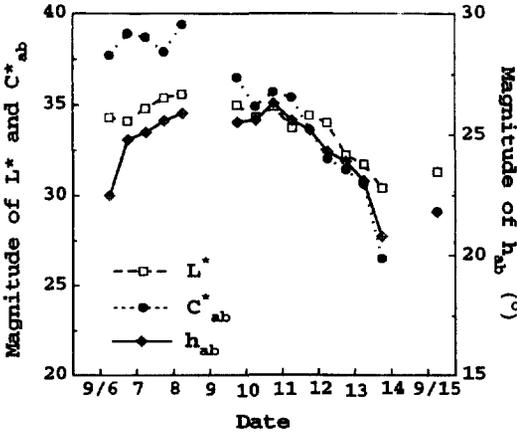


Fig. 6. Color changes in whole red peppers during sun-drying

화는 서로 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다. 천일 건조와 열풍건조로 얻어진 건조고추간의 색차값  $\Delta E_{ab}^*$  =  $\{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$ 는 6.1로서 양자간의 색깔 차이는 확연히 인지할 수 있는 크기로 밝혀졌다 (Francis와 Clydesdale, 1975).

요 약

고추 건조중의 색도변화 현상 구명에 필요한 기초 자료로서 열풍건조와 천일건조 과정중 고추의 함수율 변화와 외관색도 변화를 측정하였다. 건조곡선의 기울기인 건조속도를 기준으로 했을 때, 열풍 및 천일 건조 공히 전체 건조과정은 초기 함수율에서 65~70%의 수분함량까지, 65~70%에서 18~20%까지, 그리고 18~20%에서 최종 수분함량인 약 15%까지의 3개 구간으로 구분되어짐을 볼 수 있었다.

열풍과 천일건조과정 모두에서 고추의 lightness L\* 값은 초기치로부터 완만하게 감소하였으며, Hue-angle h<sub>ab</sub>와 Chroma C\*<sub>ab</sub>는 초기의 유도기를 거쳐 큰 폭으로 감소한 후, 건조말기에는 완만하게 감소하는 경향을 보였다. C\*<sub>ab</sub>와 h<sub>ab</sub>의 급격한 감소가 발생하는 건조

구간은 큰 폭의 수분함량 변화가 생기는 건조구간과 거의 일치했으며, 이로부터 건조중 고추의 표면색 변화는 수분함량 변화와 밀접한 관련이 있지않나 생각 되었다. 열풍건조와 천일건조에 의한 고추의 L\*, h<sub>ab</sub>, C\*<sub>ab</sub>값 감소량은 각각 4.3, 3.2°, 13.6 및 3.0, 0.7°, 8.6로, 열풍건조보다는 천일건조시에 명도, 색상, 채도의 저하가 적음을 보였다. 천일건조와 열풍건조 고추간의 색차값  $\Delta E_{ab}^*$ 는 6.1로서 태양초와 화건초 간의 색차이는 육안에 의해서 확연히 인지되는 정도로 나타났으며, 생고추와 화건초 간의  $\Delta h_{ab}$ 가 3.2°,  $\Delta C_{ab}^*$ 가 13.6이라는 사실로부터 화건에 의한 고추 외관색도의 저하는 색상의 변화보다는 채도의 감소가 주원인이라고 생각 되었다.

감사의 글

본 연구는 전북대학교 신진교수 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

김공환, 전재근. 1975. 고추의 열풍건조가 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지 7(2): 69-73  
 김광수, 노승문, 박정용. 1979. 신미종 고추의 주요 성분의 함량에 미치는 광질 (Red, Blue)의 영향. 한국식품과학회지 11(3): 162-165  
 김병수, 김광용, 김상기, 성진근. 1995. 고추, 수지맞는 기술과 유통전략 (신농민 강좌시리즈 7집). 농민신문사  
 농촌진흥청. 1991. 농산물저장가공기술. 표준영농교본 59. 농촌진흥청  
 전재근, 김공환. 1974. 고추의 열풍건조특성. 한국농화학회지 17(1): 42-48  
 조용진, 고학균, 박재복. 1991. 고추의 범용 건조모형 개발에 관한 연구. 한국농업기계학회지 16(1): 60-82  
 Francis, F.J. and F.M. Clydesdale. 1975. *Food Colorimetry: Theory and Applications*. The AVI Pub. Co. Inc., Westport, CN  
 Hunt, R.W.G. 1987. *Measuring Colour*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, West Sussex, England  
 Lee, D.S. and H.K. Kim. 1989. Carotenoid destruction and nonenzymatic browning during red pepper drying as functions of average moisture content and temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21(3): 425-429