

1차 열풍건조 한 고추 다진 양념의 원적외선 건조특성

조병효^{1*} · 이정현^{2*} · 강태환³ · 이희숙⁴ · 한충수¹

¹충북대학교 바이오시스템공학과, ²홋카이도대학교 농학부
³공주대학교 생물생산기계공학전공, ⁴충북대학교 소비자학과

Far Infrared Drying Characteristics of Seasoned Red Pepper Sauce Dried by Heated Air

Byeong Hyo Cho^{1*}, Jung Hyun Lee^{2*}, Tae Hwan Kang³, Hee Sook Lee⁴, and Chung Su Han¹

¹Department of Biosystems Engineering, Chungbuk National University

²Laboratory of Agricultural and Food Process Engineering, Hokkaido University

³Major in Bio-Industry Mechanical Engineering, Kongju National University

⁴Department of Consumer Studies, Chungbuk National University

ABSTRACT The purpose of this study was to verify the drying characteristics of seasoned red pepper sauce and establish optimal drying conditions for far infrared drying of seasoned red pepper sauce. Seasoned red pepper sauce, which was dried by heated air, was used. One kg of seasoned red pepper was spread at thicknesses of 10 and 20 mm and dried by a far infrared dryer until a final moisture content of $15 \pm 0.5\%$. The far infrared dryer conditions were air velocity of 0.6, 0.8 m/s and drying temperatures of 60, 70, and 80°C. The drying models were estimated using a determination coefficient and root mean square error. Drying characteristics were analyzed based on factors such as drying rate, color changes, content of capsaicinoids, and energy consumption. The results can be summarized as follows. The drying rate (that is, drying time) tended to be reduced as temperature and air velocity for drying increased. The Page and Henderson models were suitable for drying of seasoned red pepper sauce by a far infrared dryer. Redness decreased after far infrared drying under all experimental conditions. The color difference was 18.18 under the following conditions: thickness 20 mm, temperature 70°C, and air velocity 0.8 m/s. This value was slightly higher than those under other far infrared drying conditions. The capsaicinoid properties of seasoned red pepper sauce decreased under all far infrared drying conditions. The highest capsaicin (19.91 mg/100 g) and dihydrocapsaicin (12.87 mg/100 g) contents were observed at a thickness of 10 mm, temperature of 80°C, and air velocity of 0.8 m/s. Energy consumption decreased with higher temperature, slower air velocity, and thinner seasoned red pepper sauce.

Key words: far infrared dry, seasoned red pepper sauce, capsaicinoid, drying model

서 론

고추 다진 양념은 일종의 향신료 조제품으로서 마늘, 생강, 양파 및 파 등을 분쇄한 후 고춧가루에 혼합하여 만든 양념이다. 고추 다진 양념은 주로 외식업체 및 식품가공업체에서 소비되고 있다.

한편 현재 수입되고 있는 고추 다진 양념은 초기 함수율이 63% 정도로 매우 높아 보관 및 유통에 어려움이 있다. 이러한 이유로 고추 다진 양념의 유통 및 보관 기간을 연장하기 위해 저온저장고에 저장하거나 열풍건조를 이용하여 낮은

함수율까지 건조한 후 보관, 유통하고 있다. 그러나 저온저장의 경우 저장 중에 발효 변질하는 문제점이 있으며, 고수분인 경우 중량에 의해 유통비용이 증가하는 문제점이 있다. 또한, 열풍건조의 경우 가장 광범위하게 사용되고 있는 건조 방식으로 천일건조에 비해 건조시간은 단축되지만, 건조 에너지 효율이 낮고 고온의 열풍에 장시간 노출로 인하여 제품의 향기나 무기질 등이 파괴되어 영양적 손실과 함께 낮은 복원력 등의 단점이 있다(1). 따라서 고추 다진 양념의 건조 시간 단축과 품질 및 영양소 파괴 등을 최소화할 수 있는 건조 방법 및 기술이 필요하며, 최근 농산물 건조 열원으로 원적외선을 이용하는 건조방법이 제시되고 있다(2).

원적외선은 적외선 파장 범위 내에서 파장이 긴 4~1,000 μm 영역을 말하며, 건조 가열 열원으로 많이 이용하고 있다. 원적외선은 전자파의 일종으로 피건조물에 조사할 경우 복사 에너지가 바로 표면에 전달된 후 내부로 전도되면서 건조하는 방식으로 열효율이 높아 피건조물의 내부온도 상승이

Received 29 July 2016; Accepted 1 September 2016

Corresponding author: Chung Su Han, Department of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea

E-mail: hansu@cbnu.ac.kr, Phone: +82-43-261-2580

*These authors contributed equally to this work.

빠르고 열풍건조보다 건조속도가 빠르며, 피건조물의 품질 및 에너지효율 등에서 열풍건조의 단점을 보완할 수 있다 (3,4). 또한, Kim 등(5)은 정치식 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯의 건조특성에 대한 연구에서 건조속도는 원적외선 건조가 열풍건조보다 빠르고 색도 변화가 적으며, 수축률이 적어 건조 후 표고버섯의 원형 유지에 유리하였으며, 유리아미노산 잔류량도 높아 고품질의 건조표고버섯 생산이 가능하다고 보고하였다. Bae 등(6)은 원적외선 가열에 의한 고추의 건조특성에 관한 연구에서 같은 조건이라면 원적외선 건조가 열풍건조보다 빠르고 에너지 사용량이 적으며, 건조 후에 고추단면의 기공 상태를 보존하고 식미 값이 높아 건조고추의 고품질 생산이 가능하다고 제시하였다.

따라서 본 연구에서는 원적외선을 이용하여 고추 다진 양념을 건조할 경우 두께, 건조온도와 송풍속도에 따른 건조특성과 건조제품의 색도 변화, 건조 전후 고추 다진 양념의 capsaicinoid 등 품질특성을 분석하여 원적외선 건조 기초 자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

공시재료는 2013년 중국에서 수입 후 50°C에서 12시간 동안 열풍건조 된 고추 다진 양념을 사용하였고, 초기 평균 함수율은 41.7%였다. 한편 원적외선 건조 전 초기 평균 색도 L(명도) 값은 22.65, a(적색도) 값은 19.51, b(황색도) 값의 경우 23.02였다. 또한, 공시재료는 건조 전 품질 변화를 최소화하기 위해 2°C 저온저장고에 보관하였다.

실험방법

Fig. 1은 고추 다진 양념 건조 실험에 사용된 원적외선 건조기의 개략도이고, Table 1은 제원을 나타낸 것이다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 원적외선 건조기는 가장 상단인

1단에 투입된 피건조물이 각 단의 배출부에서 반전되고, 총 5단의 건조실을 통해 자동으로 이송되면서 건조되는 공정으로 이루어져 있다. 또한, 주요 구성요소로는 원적외선 방사체(MEP-550, Restoration, Seoul, Korea), 송풍팬(DTB-402, Dongkun, Seoul, Korea), 건조실, 컨베이어(5단) 및 제어반으로 구성되어 있다.

원적외선 건조에 사용된 고추 다진 양념의 1회 시료량은 1 kg이었으며, 시료를 10, 20 mm의 두 가지 수준으로 깔고 최종 함수율 15±0.5% 수준까지 건조하였다. 예비실험 결과 고추 다진 양념의 원적외선 건조 실험조건은 건조실 내부 온도 및 풍속을 60, 70 및 80°C와 0.6 및 0.8 m/s로 하였다. 건조된 시료는 함수율, 건조속도, 색차, capsaicinoid 그리고 에너지 소비량을 측정하여 실험조건별로 비교 분석하였다.

함수율

함수율은 시료를 무작위로 선정하여 상압가열건조법에 따라 전자저울(HF-200GD, AND, Tokyo, Japan)로 20±0.5 g의 시료를 계량한 후 실험용 건조기(WFD600ND, EYELA, Tokyo, Japan)에서 105°C로 24시간 건조하였다 (7). 함수율은 건조 전후의 무게 변화 값을 중량비로 산출하여 식 (1)과 같이 습량기준함수율로 나타내었다.

$$M_w = \frac{W_w}{W_w + W_d} \tag{1}$$

M_w : Moisture content (decimal, w.b.)

W_w : Water weight of sample (g)

W_d : Dry matter weight of sample (g)

건조속도

건조속도는 함수율비로 표시하였다. 함수율비는 시간별 측정된 중량을 함수율로 환산하고, 식 (2)와 (3)을 이용하여 함수율비로 나타내었다(8,9).

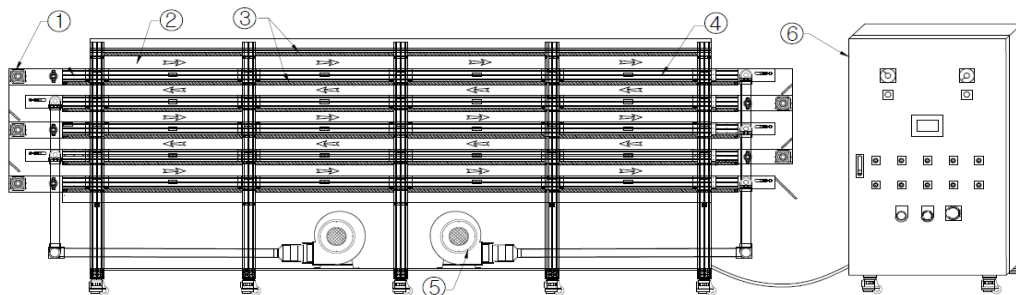


Fig. 1. Schematic diagram for far infrared dryer of conveyer type.

Table 1. Specification for far infrared dryer of conveyer type

Description	Specification	Description	Specification
① Motor	K9IP150FH, 150 W×5 pcs	② Drying chamber (L×W×H)	5,600×1,000×80 mm
③ Far infrared heater	750 W×40 pcs	④ Belt conveyer (L×W)	13,100×980 mm
⑤ Blast fan	1.0 kW, 10.5 m ³ /min×5 pcs	⑥ Control box	KEC SYSTEM Co., Ltd., Ansan, Korea

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (2)$$

$$M_e = \frac{M_0 - M_f - M_m^2}{M_0 - M_f - 2M_m} \quad (3)$$

MR: Moisture ratio

M_t: Moisture content at drying time (% , d.b.)

M_e: Equilibrium moisture content (% , d.b.)

M₀: Initial moisture content (% , d.b.)

M_m: Middle moisture content (% , d.b.)

M_f: Final moisture content (% , d.b.)

건조모델

고추 다진 양념의 원적외선 건조모델을 결정하기 위하여 기존에 이용되었던 Page, Henderson 및 Modified Wang and Singh 건조모델에 적용하였으며, Table 2는 각 건조모델을 나타낸 것이다. 모델의 실험상수 결정은 통계분석 프로그램인 SAS(Statistical Analysis System, ver. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 비선형 회귀분석 방식을 이용하여 결정하였다. 또한, 각각의 건조조건에 따른 건조모델의 실험상수 P, Q, A, k, a, b 및 c의 결정은 고추 다진 양념의 체적, 건조온도 및 송풍속도의 함수로 가정하여 식 (4)로 결정하였다(10). 식 (4)의 상수 a₀~a₉의 결정은 SAS PROC STEPWISE를 이용하여 시행착오법에 의해 산출하였으며, 함수울비의 실험값과 건조모델을 이용한 예측값 사이의 적합성 검증은 결정계수 R²과 평균오차제곱근 RMSE를 이용하여 비교 검증하였다.

$$\begin{aligned} \text{실험상수} = & a_0 + a_1 \cdot (V) + a_2 \cdot (T) + a_3 \cdot (AV) + a_4 \cdot (V)^2 + \\ & a_5 \cdot (T)^2 + a_6 \cdot (AV)^2 + a_7 \cdot (V \cdot T) + a_8 \cdot (T \cdot AV) + \\ & a_9 \cdot (V \cdot AV) \end{aligned} \quad (4)$$

V: Volume (cm³)

T: Drying temperature (°C)

AV: Air velocity (m/s)

색도

고추 다진 양념의 색도는 무작위로 샘플을 채취한 후 색도 색차계(JX-777, C.T.S., Tokyo, Japan)를 사용하여 5반복 측정하였다. 측정된 색도는 L, a, b 값으로 나타내었고, L, a, b의 변화 값을 종합적으로 반영하는 색차(ΔE)는 식 (5)를 이용하여 산출하였다(13).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (5)$$

ΔE: Difference values of the color between after and before drying

ΔL: Difference values of the lightness between after and before drying

Δa: Difference values of the redness between after and before drying

Δb: Difference values of the yellowness between after and before drying

Capsaicinoid 함량

분말상태의 고추 다진 양념 1 g에 메탄올 50 mL를 가하여 균질기(T25-B, IKA, Berlin, Germany)에서 2분간 균질화하고, 균질화한 시료는 100 mL mass flask에 여과지로 여과한 후 메탄올로 정용하였다. 여과한 시료의 상등액 1 mL를 추출하여 0.45 μm membrane filter(PVDV)로 여과한 후, HPLC(LC-2000 series, TS Science, Cary, NC, USA)로 분석하였다. 분석 시 사용된 column은 Luna 5 μm C18(2) 100 A(5 μm, 4.6×250 nm, Phenomenex Inc., Torrance, CA, USA)를 사용하였고, 형광검출기(Exλ=280 nm, Emλ=320 nm)를 이용하여 검출하였다. 이동상의 경우 acetonitrile : water : glacial acetic acid(60:39:1, v/v/v)를 사용하였고, flow rate는 1.0 mL/min, 시료의 일회 주입량은 20 μL였다(14). 또한, 본 실험에서 capsaicinoid 측정에 이용된 표준물질은 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 혼합물(Fluck, St. Louis, MO, USA)이었다.

에너지 소비량

건조 중 에너지 소비량은 적산전력계(CW121, YOKO-GAWA, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정한 후 수분 1 kg을 건조하는 데 필요한 에너지 소비량으로 환산하였다.

유의성

유의성 검증은 windows용 SPSS 통계 프로그램(version 12.0K, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)의 다원배치 분산분석(multi-way ANOVA) 방법을 이용하였고, 원적외선 건조조건에 따라 유의수준은 5% 이내에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

건조속도

Table 2. Semi-theoretical and empirical drying models

No.	Model name	Model	References
1	Page	MR=exp(-P·t ^Q)	Page (11)
2	Henderson	MR=A·exp(-k·t)	Westerman et al. (12)
3	Modified Wang and Singh	MR=c+(b·t)+(a·t ²)	Ning (4)

MR: moisture ratio.

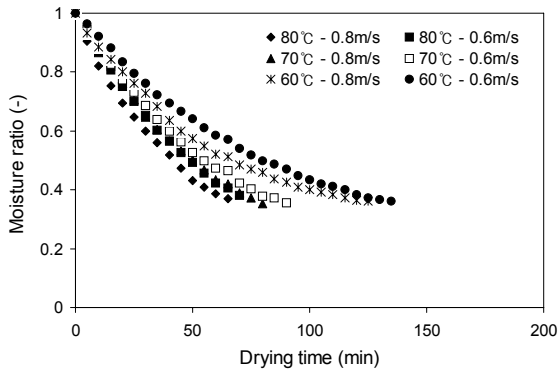


Fig. 2. Drying curves of seasoned red pepper sauce according to far infrared drying temperature at 10 mm thickness.

고추 다진 양념의 건조 전 평균 함수율인 41.7%는 함수율 비 1.0을 나타내며, 최종함수율 15% 수준에서 함수율비는 0.34 정도를 나타내었다. 함수율비의 기울기는 건조속도를 나타내며, 기울기가 클수록 건조속도가 빠른 것을 의미한다.

Fig. 2는 건조 중 시료 두께 10 mm 조건에서 원적외선 건조시간에 따른 함수율비 변화를 나타낸 것이다. Fig. 2에 나타냈듯이 건조시간은 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s의 조건에서 63분으로 가장 짧은 것으로 나타났다. 또한, 건조온도 60°C, 송풍속도 0.6 m/s 조건에서 건조시간은 136분으로 가장 긴 경향을 보였으며, 건조조건에 따라 최대 73분의 차이를 보였다.

Fig. 3에 건조 두께 20 mm 조건에서 원적외선 건조시간에 따른 함수율비 변화를 나타내었다. Fig. 3에서 확인할 수 있듯이 건조시간은 두께 10 mm 조건과 유사한 경향을 보였으며, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s의 조건에서 84분으로 가장 짧은 것으로 나타났고, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.6 m/s의 조건인 경우는 91분으로 전자보다 7분 정도 길게 나타났다. 또한, 건조온도 60°C, 송풍속도 0.6 m/s 조건에서 176분으로 건조시간이 가장 긴 경향을 보였으며, 건

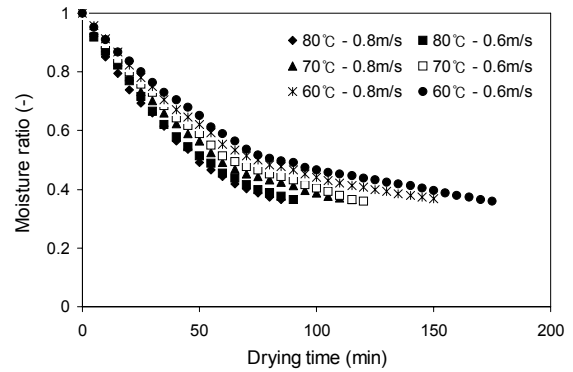


Fig. 3. Drying curves of seasoned red pepper sauce according to far infrared drying temperature at 20 mm thickness.

조온도 60°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건의 경우 건조시간이 153분 정도로 전자에 비해 23분 정도 짧은 것으로 나타났다. 이처럼 같은 온도 조건에서 건조시간은 송풍속도가 빠른 조건에서 약간 단축되는 경향을 보였다. 이것은 송풍속도가 빠를수록 피건조물 표면의 수분 증발이 잘 이루어지고, 습공기의 배출이 원활하기 때문이라고 판단된다(3).

한편 건조온도가 높을수록 건조시간이 단축되는 것은 원적외선 복사에너지가 증가하고, 피건조물의 내부온도가 빠르게 상승하기 때문으로 생각한다(4). 이것은 Ning 등(2)의 연구에서 송풍속도가 빠르고, 건조온도가 높을수록 건조시간이 단축된다는 결과와 유사하였다.

건조모델

Table 3은 고추 다진 양념의 원적외선 건조에 따른 함수율비 예측모델의 상수와 결정계수를 나타낸 것이다. Table 3에 나타낸 바와 같이 고추 다진 양념의 건조모델 상수는 함수율비의 실험값을 Page, Henderson 및 Modified Wang and Singh 모델에 적용하여 결정하였으며, 각 모델의 상수는 원적외선 건조온도와 송풍속도 및 체적의 함수로 나타내

Table 3. Statistical results of model constants formula for seasoned red pepper sauce drying

Model	Model constants formula	R ²
Page	$P=0.10085+0.00385(V)-0.00364(T)+0.01538(AV)+2.612 \times 10^{-5}(T^2) - 2.575 \times 10^{-5}(V \times T)+0.0005375(T \times AV) - 0.0237(V \times AV)$	0.7728
	$Q=-1.10165-0.04391(V)+0.06546(T)-0.06613(AV)-0.00042662(T^2) + 0.00024075(V \times T) - 0.00601(T \times AV)+0.02507(V \times AV)$	0.8776
Henderson	$A=0.25048-0.0147(V)+0.02383(T)-0.03346(AV)-1.6087 \times 10^{-4}(T^2) + 8.625 \times 10^{-5}(V \times T) - 0.00171(T \times AV)+0.00827(V \times AV)$	0.8650
	$k=-0.04204+2.9608 \times 10^{-4}(V)+0.0011(T)+0.00554(AV)-5.54 \times 10^{-6}(T^2) - 4.82 \times 10^{-6}(V \times T)+0.00006875(T \times AV) - 0.00031333(V \times AV)$	0.9852
Modified Wang and Singh	$a=0.04787-3.4917 \times 10^{-4}(V)-0.00121(T)-0.01471(AV)+6.35 \times 10^{-6}(T^2) + 3.45 \times 10^{-6}(V \times T)+2.75 \times 10^{-5}(T \times AV)+4.0667 \times 10^{-4}(V \times AV)$	0.9873
	$b=-2.6525 \times 10^{-4}+6 \times 10^{-6}(V)+5.12 \times 10^{-6}(T)+2.75 \times 10^{-5}(AV)-2.5 \times 10^{-8}(T^2) + 3.45 \times 10^{-6}(V \times T)+2.75 \times 10^{-5}(T \times AV)+4.0667 \times 10^{-4}(V \times AV)$	0.9837
	$c=0.33543-0.00697(V)+0.01945(T)+0.12529(AV)-0.00012837(T^2) + 0.00003975(V \times T) - 0.00294(T \times AV)+0.00475(V \times AV)$	0.7228

Table 4. Statistical results of the measured values fitted to the predicted values for drying models

Drying conditions			Statistical results of drying models					
Thickness (mm)	Temperature (°C)	Blow velocity (m/s)	Page		Henderson		Modified Wang and Singh	
			R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
10	60	0.6	0.9963	0.0115	0.9934	0.0149	0.9900	0.0187
		0.8	0.9894	0.0190	0.9795	0.0264	0.9961	0.0115
	70	0.6	0.9692	0.0331	0.9899	0.0189	0.9981	0.0082
		0.8	0.9959	0.0125	0.9956	0.0129	0.9982	0.0083
	80	0.6	0.9993	0.0049	0.9992	0.0052	0.9930	0.0152
		0.8	0.9988	0.0061	0.9962	0.0111	0.9966	0.0105
20	60	0.6	0.9819	0.0380	0.9562	0.0371	0.9902	0.0175
		0.8	0.9774	0.0274	0.9561	0.0382	0.9912	0.0171
	70	0.6	0.9918	0.0169	0.9835	0.0239	0.9902	0.0185
		0.8	0.9888	0.0197	0.9784	0.0273	0.9931	0.0154
	80	0.6	0.9906	0.0180	0.9904	0.0183	0.9981	0.0082
		0.8	0.9969	0.0103	0.9939	0.0143	0.9990	0.0058

었다. 모든 건조모델 상수의 결정계수(R²)는 0.7000 이상으로 나타났으며, 그중에서 Modified Wang and Singh 건조 모델 상수 a와 b의 결정계수가 각각 0.9873 및 0.9837로 가장 높게 나타났다.

Table 4는 3가지 건조모델의 적합성을 검증하기 위하여 고추 다진 양념의 원적외선 건조 시 함수율비 실험값과 예측값 사이의 결정계수와 평균 제곱근 편차(RMSE, root mean square error)를 비교하여 나타낸 것이다. Table 4에 나타냈듯이 모든 건조모델의 결정계수가 0.9561 이상, RMSE는 0.0382 이하로 나타났으며, 따라서 RMSE의 값이 0에 근접함으로써 적은 오차 범위 내에서 높은 정밀도로 예측이 가능하다는 것을 의미한다.

Fig. 4는 건조시간이 가장 긴 조건인 두께 10 mm, 건조온도 60°C, 송풍속도 0.6 m/s 조건과 건조시간이 가장 짧은 조건인 두께 20 mm, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건에 따른 함수율비의 실험값과 각 건조모델을 이용한 함수율비의 예측값을 비교한 것이다. Fig. 4에 나타냈듯이 함수율비의 실험값과 예측값은 건조모델에 상관없이 원적외선

건조시간이 긴 조건에서 오차가 있는 것으로 나타났지만, 전체적인 건조시간대에서 Page 및 Henderson 모델의 경우 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 원적외선 건조를 이용하여 고추 다진 양념을 건조할 경우 두께, 건조온도 및 송풍속도에 따른 건조속도는 Page 및 Henderson 모델을 이용하면 높은 정밀도에서 예측할 수 있는 것으로 판단된다.

색도

Fig. 5는 원적외선 건조조건에 따른 색차(ΔE) 값을 비교하여 나타낸 것이다. 색차 값은 건조 두께 10 mm 조건보다 20 mm 조건에서 높은 경향을 보였으며, 두께 20 mm, 건조온도 70°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건에서 18.18로 약간 높았으나 오차 범위로 큰 차이는 나타나지 않았다. 한편 두께 10 mm, 건조온도 60°C, 송풍속도 0.6 m/s 조건의 경우 약간 낮은 색차 값을 보였으나 건조온도 60 및 80°C 조건의 경우 비슷한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 고추 다진 양념의 경우 여러 종류의 양념채소가 혼합되어 있어 건조 후

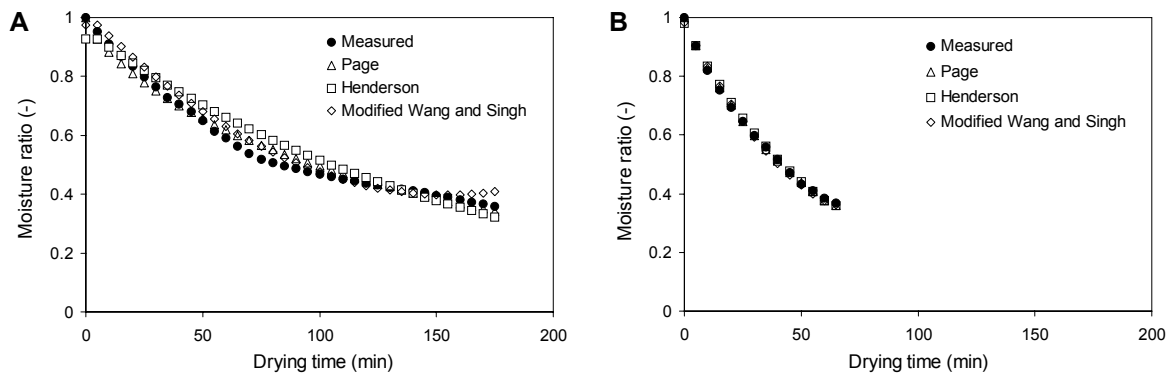


Fig. 4. Variations in experimental and predicted moisture ratios with far infrared drying time by the drying models at drying conditions of thickness 10 mm, temperature 60°C, air velocity 0.6 m/s (A) and thickness 20 mm, temperature 80°C, air velocity 0.8 m/s (B).

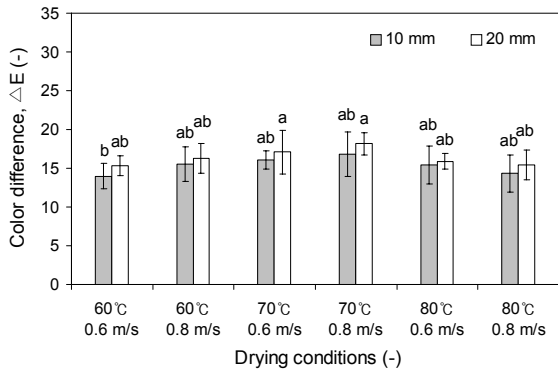


Fig. 5. Comparison of color difference according to drying conditions. Values are mean±SD. Means with different letters (a,b) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

색도 차이는 약간 나타났지만 육안상으로는 식별하기가 어려웠다.

또한, 건조조건에 따른 색차 값의 통계분석 결과 유의확률 P 값은 건조 두께, 건조온도 및 송풍속도의 경우 각각 0.832, 0.012, 0.010으로 나타나 건조온도와 송풍속도에 대한 유의수준이 0.05보다 작은 값이 나타나 유의성이 인정되었다. 또한, 상호작용에 따른 유의확률의 경우 건조 두께×건조온도, 건조 두께×송풍속도에서는 P 값이 0.015 및 0.007로 나타나 유의성이 인정되었다. 그러나 건조온도×송풍속도, 건조 두께×건조온도×송풍속도의 경우 P 값이 0.05 이상으로 나타나 유의성이 인정되지 않았다. 한편 고추 다진 양념의 건조조건에 따른 색차 값은 일부 통계적으로 유의성은 인정되었지만 전술한 바와 같이 육안상으로 식별은 어려웠다.

Fig. 6은 건조조건에 따른 적색도(a) 값을 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 6에 나타냈듯이 모든 건조조건에서 건조 전 초기 적색도 값인 19.51에 비해 건조 후 적색도가 3.82~6.62 감소하는 것으로 나타났다.

건조 후 적색도 값이 제일 높은 조건은 두께 10 mm, 건조

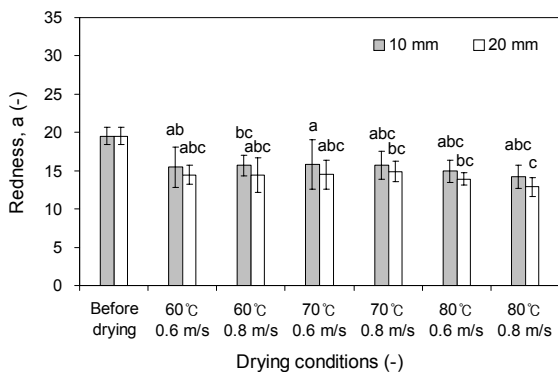


Fig. 6. Comparison of redness according to drying conditions. Values are mean±SD. Means with different letters (a-c) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

온도 70°C, 송풍속도 0.6 m/s로 15.69의 값을 보였으며, 이는 건조온도 60°C에 비해 건조시간이 짧고, 80°C보다는 품온 상승이 낮으므로 산화반응이 적게 발생하였기 때문으로 판단된다(4).

건조 두께 20 mm, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건에서는 12.89로 비교적 낮은 경향을 보였다. 이것은 건조가 진행됨에 따라 고추 다진 양념의 함수율이 감소하고, 품온이 높게 상승하여 갈변 부위가 증가하였기 때문으로 생각한다(4,15).

한편 건조 두께, 건조온도 및 송풍속도에 따른 적색도 값의 통계분석 결과 유의확률 P 값은 각각 0.000, 0.000 및 0.985로 건조 두께 및 건조온도에 대한 유의성만 인정되었다. 그리고 상호작용에 따른 유의확률의 경우 0.05보다 높은 값을 나타내 유의성이 인정되지 않았다.

Capsaicinoid 함량

Fig. 7은 건조조건에 따른 capsaicin 함량을 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 7에서와 같이 모든 조건에서 건조 전 capsaicin 함량인 22.15 mg/100 g에 비해 건조 후 capsaicin 함량이 2.24~4.70 mg/100 g 감소하는 것으로 나타났으며, 이것은 고추 다진 양념이 열에 노출됨에 따라 capsaicin이 비산하므로 건조 전에 비하여 건조 후 capsaicin 함량이 감소한다는 결과와 유사하였다(16).

건조 두께 10 mm, 송풍속도 0.6 m/s 조건의 경우 건조온도 60, 70 및 80°C에서 각각 17.97, 19.34, 19.57 mg/100 g의 capsaicin 함량을 보였고, 두께 10 mm, 송풍속도 0.8 m/s 조건은 건조온도 60, 70, 80°C에서 각각 18.95, 19.49 및 19.91 mg/100 g의 capsaicin 함량을 나타내어, 건조온도가 높고 송풍속도가 빠를수록 건조 전 capsaicin 함량에 비해 건조 후 capsaicin 함량 감소가 적은 경향을 보였다. 또한, 두께 20 mm, 송풍속도 0.6 m/s 조건에서 capsaicin 함량은 건조온도 60, 70 및 80°C에 따라 각각 17.45, 19.17, 19.31로 나타났고, 두께 20 mm, 송풍속도 0.8 m/s 조건의 경우 건조온도 60, 70, 80°C에서 각각 18.51, 19.25, 19.55

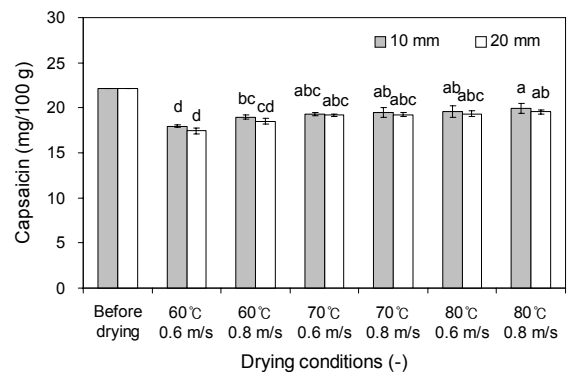


Fig. 7. Comparison of capsaicin contents according to drying conditions. Values are mean±SD. Means with different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

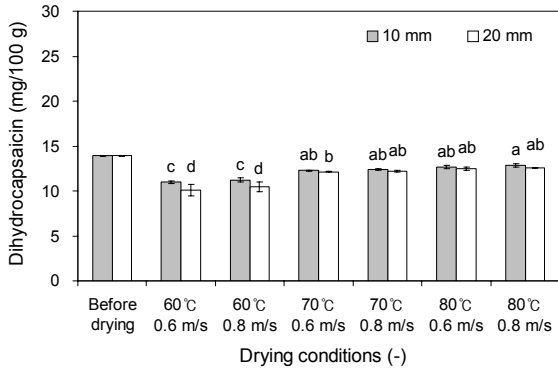


Fig. 8. Comparison of dihydrocapsaicin contents according to drying conditions. Values are mean±SD. Means with different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

mg/100 g의 함량을 보였으며, 건조 두께 10 mm 조건과 비슷한 경향을 보였으나 10 mm 조건에 비해 모든 조건에서 약간 감소하는 것으로 나타났다.

한편 건조 두께, 건조온도 및 송풍속도에 따른 capsaicin 함량의 통계분석 결과 유의확률 P 값은 각각 0.114, 0.000 및 0.017로 건조온도 및 송풍속도에 대한 유의성만 인정되었으며, 상호작용에 따른 유의확률 P 값은 0.05 이상으로 나타나 유의성이 인정되지 않았다.

Fig. 8에는 건조조건에 따른 dihydrocapsaicin 함량을 나타내었으며, 건조 전 dihydrocapsaicin 함량은 13.92 mg/100 g이었다. Fig. 8에 나타냈듯이 건조 두께 10 mm, 송풍속도 0.6 m/s 조건에 대한 dihydrocapsaicin 함량은 건조온도 60, 70 및 80°C에서 각각 10.98, 12.25, 12.69 mg/100 g으로 나타났으며, 두께 10 mm, 송풍속도 0.8 m/s 조건의 경우 건조온도 60, 70 및 80°C에서 각각 11.21, 12.36, 12.87 mg/100 g의 함량을 보였다. 또한, 건조 두께 20 mm, 송풍속도 0.6 m/s 조건에 따른 dihydrocapsaicin 함량은 건조온도 60, 70, 80°C에서 각각 10.10, 12.12, 12.57 mg/100 g으로 나타났고, 건조 두께 20 mm, 송풍속도 0.8 m/s의 경우 건조온도 60, 70, 80°C에 따라 각각 10.45, 12.21, 12.57 mg/100 g으로 capsaicin 함량과 유사한 경향을 보였다. 이것은 높은 건조온도에서 건조시간 단축으로 인해 열에 노출되는 시간이 감소하여 낮은 건조온도에 비해 capsaicinoid 성분의 분해가 크지 않았기 때문이라고 판단된다.

원적외선 건조조건에 따른 dihydrocapsaicin 함량에 대한 통계분석 결과 유의확률 P 값은 건조 두께, 건조온도 및 송풍속도에서 각각 0.003, 0.000 및 0.167로 나타나, 건조 두께 및 건조온도에 대한 유의성만 인정되었다. 그러나 상호작용에 따른 유의확률은 모두 0.05보다 높은 값이 나타나 유의성이 인정되지 않았다.

에너지 소비량

Fig. 9는 수분 1 kg을 제거하기 위한 건조 중 에너지 소비

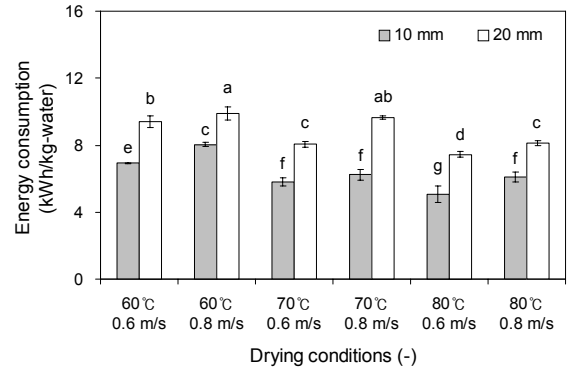


Fig. 9. Comparison of energy consumption according to drying conditions. Values are mean±SD. Means with different letters (a-g) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

량을 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 9에 나타낸 바와 같이 에너지 소비량은 송풍속도가 느리고 건조온도가 높을수록 감소하였으며, 건조 두께 10 mm 조건이 20 mm 조건보다 적은 경향을 나타내었다.

원적외선 건조 후 건조 두께 10, 20 mm에 따른 에너지 소비량은 60°C-0.6 m/s에서 6.94, 6.69 kWh/kg-water, 60°C-0.8 m/s의 경우 8.04, 9.92 kWh/kg-water, 70°C-0.6 m/s에서는 5.80, 8.05 kWh/kg-water, 70°C-0.8 m/s 조건은 6.23, 9.66 kWh/kg-water, 80°C-0.6 m/s 조건의 경우 5.08, 7.45 kWh/kg-water, 80°C-0.8 m/s에서는 6.09, 8.12 kWh/kg-water로 나타났다. 이처럼 건조온도가 높을수록 건조시간이 단축되기 때문에 에너지 소비량이 적은 것으로 생각한다(17). 또한, 동일한 온도조건에서 송풍속도가 느릴수록 에너지 소비량이 적은 것은 송풍속도가 빨라짐에 따라 열손실이 발생하고, 송풍기 가동 시 소비전력량이 증가하기 때문으로 판단된다(18).

요 약

본 연구에서는 원적외선을 이용하여 1차 열풍건조 한 고추 다진 양념을 건조할 경우 두께, 건조온도와 송풍속도에 따른 건조특성과 건조제품의 색도 변화, 건조 전후 고추 다진 양념의 capsaicinoid 등 품질특성을 분석하여 원적외선 건조 기초 자료를 제시하고자 하였다. 고추 다진 양념의 건조속도는 원적외선 건조온도와 송풍속도가 증가할수록 빨라지고 건조시간이 단축되는 경향을 보였으며, 건조 두께 10 mm 조건이 20 mm 조건보다 빠른 것으로 나타났다. 특히 두께 10 mm, 원적외선 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건에서 건조시간이 63분으로 건조속도가 가장 빠른 것으로 나타났다. 본 연구에서 검증한 건조모델 중 Page 및 Henderson 모델의 경우 전체적인 건조시간대에서 비교적 잘 일치하는 것으로 나타나, 고추 다진 양념의 원적외선 건조 시 Page 및 Henderson 모델을 이용할 경우 높은 정밀도에서 함수율

비 예측이 가능한 것으로 나타났다. 원적외선 건조 후 고추 다진 양념의 색차(ΔE) 값은 두께 10 mm 조건보다 20 mm 조건에서 증가하는 경향을 보였고, 건조온도 70°C 조건에서 약간 높은 것으로 나타났으나 오차 범위로 큰 차이는 나타나지 않았다. 원적외선 건조 후 고추 다진 양념의 적색도(a) 값은 두께 20 mm, 건조온도 80°C 조건에서 갈변하는 현상이 심화하는 것으로 나타났다. Capsaicin 함량은 건조 두께가 두껍고, 건조온도가 낮으며, 송풍속도가 느릴수록 감소하는 경향을 보였다. 또한, 모든 조건에서 건조 전 capsaicin 함량인 22.15 mg/100 g에 비해 건조 후 capsaicin 함량이 2.24~4.70 mg/100 g 감소하는 것으로 나타났으며, 두께 10 mm, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건에서 감소폭이 작은 것으로 나타났다. Dihydrocapsaicin 함량의 경우에도 원적외선 건조 후 1.05~3.82 mg/100 g 감소하는 것으로 나타났고, 두께 10 mm, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.8 m/s 조건에서 감소폭이 작은 것으로 나타났다. 원적외선 건조 중 에너지 소비량은 송풍속도가 느리고 건조온도가 높을수록 감소하였으며, 건조 두께 10 mm 조건이 20 mm 조건보다 적은 경향을 나타내었다. 또한, 두께 10 mm, 건조온도 80°C, 송풍속도 0.6 m/s 조건에서 에너지 소비량은 5.08 kWh/kg-water로 가장 적은 값을 보였다. 따라서 고추 다진 양념의 건조시간, 건조 중 변색, capsaicinoid 함량 및 에너지 소비량 등을 고려하면 건조 고추 다진 양념의 고품질화를 위해서는 원적외선 건조온도 80°C, 송풍속도 0.6 m/s, 두께 10 mm 조건이 적절한 건조조건으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Lee MK, Kim SH, Ham SS, Lee SY, Chung CK, Kang IJ, Oh DH. 2000. The effect of far infrared ray-vacuum drying on the quality changes of *Pimpinella bracycarpa*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 561-567.
- Ning XF, Li H, Kang TH, Lee JS, Lee JH, Han CS. 2014. Thin layer drying and quality characteristics of *Ainsliaea acerifolia* Sch. Bip. using far infrared radiation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 884-892.
- Li H. 2009. Drying and quality characteristics of agricultural and fishery products using far infrared rays. *PhD Dissertation*. Chungbuk National University, Cheongju, Korea.
- Ning XF. 2012. Drying characteristics and quality of agricultural products using combined drying of microwave and far infrared. *PhD Dissertation*. Chungbuk National University, Cheongju, Korea.
- Kim CF, Li H, Han CS, Park JS, Lee HC, Cho SC. 2007. Drying characteristics of oak mushroom using stationary far-infrared dryer. *J Biosystems Eng* 32: 6-12.
- Bae NK, Lee JB, Sang HS. 2003. Drying characteristics of red peppers by infrared heating. *J Korean Society of Industrial Application* 6: 65-71.
- Korea Food and Drug Administration. 2011. *NLS standard operating procedure analytical methods*. Korea Food and Drug Administration, Osong, Korea. p 5-27.
- Altan A, Maskan M. 2005. Microwave assisted drying of short-cut (Ditalini) macaroni: Drying characteristics and effect of drying processes on starch properties. *Food Res Int* 38: 787-796.
- Ning XF, Han CS, Li H. 2012. A mathematical model for color changes in red pepper during far infrared drying. *J Biosystems Eng* 37: 327-334.
- Ning XF, Han CS, Cho SC, Lee JS, Yoon SS. 2013. Far infrared drying characteristics and quality assessment of *Ligularia fischeri*. *Food Sci Biotechnol* 22: 281-288.
- Page GE. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. *MS Thesis*. Purdue University, West Lafayette, IN, USA.
- Westerman PW, White GM, Ross IJ. 1973. Relative humidity effect on the high-temperature drying of shelled corn. *Trans ASAE* 16: 1136-1139.
- Rhim JW, Nunes RV, Jones VA, Swartzel KR. 1989. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. *J Food Sci* 54: 776-777.
- Jeon G, Lee J. 2009. Comparison of extraction procedures for the determination of capsaicinoids in peppers. *Food Sci Biotechnol* 18: 1515-1518.
- Han SC, Kang TH, Lee JH, Won JH, Cho BH, Cho SC. 2016. Drying characteristics of sea tangle using microwave and far infrared dryer. *J Biosystems Eng* 41: 43-50.
- Noh JK. 2009. Studies on physicochemical properties and physiological activities of green peppers using different drying methods. *PhD Dissertation*. Kongju National University, Yesan, Korea.
- Park BS, Kang TH, Lee JH, Choi JM, Han CS. 2015. Drying characteristics of radishes using far infrared ray dryer. *J Biosystems Eng* 40: 61-66.
- Kang TH, Hong HK, Jeon HY, Han CS. 2011. Drying characteristics of squids according to far infrared and heated air drying conditions. *J Biosystems Eng* 36: 109-115.