

## 품종과 건조방법에 따른 고춧가루의 집단 특성

- 연구노트 -

강유리<sup>1</sup> · 이상훈<sup>1</sup> · 김현영<sup>2</sup> · 우관식<sup>2</sup> · 황인국<sup>3</sup> · 황 영<sup>3</sup> · 유선미<sup>3</sup>  
김행린<sup>3</sup> · 김혜영<sup>4</sup> · 이준수<sup>1</sup> · 정현상<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과, <sup>2</sup>국립식량과학원 기능성작곡과  
<sup>3</sup>국립농업과학원 전통한식과, <sup>4</sup>용인대학교 식품영양학과

### Bulk Properties of Red Pepper Powder by Drying Method and Variety

Yu Ri Kang<sup>1</sup>, Sang Hoon Lee<sup>1</sup>, Hyun Young Kim<sup>2</sup>, Koan Sik Woo<sup>2</sup>, In Guk Hwang<sup>3</sup>, Young Hwang<sup>3</sup>,  
Seon Mi Yoo<sup>3</sup>, Haeng Ran Kim<sup>3</sup>, Hae Young Kim<sup>4</sup>, Junsoo Lee<sup>1</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Gyeongsang 627-803, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Gyeonggi 441-857, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Food Science and Nutrition, Yongin University, Gyeonggi 449-714, Korea

#### Abstract

This study investigated the bulk properties of red pepper powders according to drying method and variety. Bulk density, compressive characteristics, irrecoverable work, dynamic angle, and stress relaxation were investigated. Loose bulk density ranged between 0.420 g/cm<sup>3</sup> for *Cheongyang* cultivar and 0.427 g/cm<sup>3</sup> for *Hanbando* cultivar by hot-air drying. The highest tapped bulk density was 0.586 g/cm<sup>3</sup> for *Hanbando* cultivar by far-infrared drying and the lowest value was 0.523 g/cm<sup>3</sup> for *Hanbando* cultivar by sun drying. Hausner ratio reached a maximum value of 1.370 for *Hanbando* cultivar by far-infrared drying. Compressibility ranged between 0.0016 for *Cheongyang* cultivar by sun drying and 0.0023 for *Hanbando* cultivar by far-infrared drying. Compression ratio reached a maximum value of 1.032 for *Hanbando* cultivar by hot-air drying. Dynamic angle of repose ranged between 37.47 and 42.97°. Irrecoverable work ranged between 76.0 and 81.7%. Relaxation reached a maximum value of 24.31% for *Cheongyang* cultivar by far-infrared drying.

**Key words:** red pepper powder, drying method, variety, bulk properties, density

#### 서 론

식품분말은 단일성분 혹은 여러 성분으로 구성되어 있으며, 화학적 조성이나 입자크기, 밀도 등과 같은 물리적 특성은 유동특성에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(1). 식품분말의 복잡한 물리적 특성은 가공과 취급 그리고 품질에 영향을 미치는데 이러한 물리적 특성은 분말의 가공과정이나 저장기간 동안에 온도, 습도 및 압력 등과 같은 환경적 요인들에 의하여 원래 식품이 가지고 있는 특성의 크고 작은 변화를 초래하게 된다(2,3). 대부분의 식품분말은 응집성을 가지고 있어 작은 충격에도 입자사이의 상호 다짐에 의하여 기계적 저항을 일으키고 유동장애를 발생시킬 수 있으므로 식품분말의 제조, 저장, 포장 및 수송에 필요한 기계적 장치의 설계 및 제작 시 취급하는 분말의 물리적 특성에 관한 분석이 필요하다(1,4).

현재까지 식품분말의 물리적 특성과 관련하여 진행된 연구로는 식품분말의 흡습력과 유동특성(5), 가스주입식 팽화

쌀가루의 물리적 특성(6), 식품분말의 유동특성, 고결방지제 첨가가 식품의 유동성의 미치는 효과(7), 입자크기가 다른 두 종류의 식품분말을 혼합하여 가공 또는 저장 시 발생하는 유동특성의 변화(8), 저장기간의 따른 식품분말의 흐름특성(9) 등에 관한 연구가 진행되었다. 또한 식품분말의 이완집단밀도는 0.3~0.8 g/cm<sup>3</sup>이며, 공극률은 40~80%로 충격 및 압축에 의한 밀도변화가 쉽게 일어날 수 있다고 하였다(10). 유동성이 작은 분말은 압축성이 크고, 유동성이 큰 분말은 압축성이 작으며(11,12), 수분함량이 높을수록 비회복성일이 크고, 압축분말에 대한 흐름성과 전단특성에 관한 연구가 진행되었다(13). 고춧가루의 물리적 특성과 관련된 연구로는 품종과 재배지역에 따라 고춧가루의 유동성 및 응집성의 차이를 나타낸다는 연구(14)와 고춧가루의 입도에 따라서도 크고 작은 물리적 특성의 차이가 발생된다는 연구(15)만이 보고되었을 뿐 건조방법에 따른 고춧가루의 물리적 특성에 관한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 건조방법별 고춧가루의 분말특성

\*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

을 살펴보기 위하여 일반적으로 사용되고 있는 세 가지의 건조방법(열풍 건조, 원적외선 건조 및 천일 건조)으로 건조한 후 고추장용으로 동일하게 분쇄한 고춧가루의 분말특성을 살펴보고 각각의 건조방법이 고춧가루 유동특성에 미치는 영향에 대해 살펴보고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

본 실험에 사용된 고추는 캡사이신 함량에 따라 매운 고추인 청양품종과 안 매운 고추인 한반도품종으로 2011년도에 충북 단양과 전북 무주에서 각각 재배된 것을 충북 청주 재래시장에서 구입하여 사용하였다. 홍고추 형태로 구매한 시료는 6 kg씩 소분하여 열풍건조, 원적외선 건조 및 천일건조 방법으로 최종수분함량이 15%가 될 때까지 건조하였다. 열풍건조(BOPP-1.5, Shin Heung Industry Co., Cheongju, Korea)는 60°C에서 12시간 건조하였고, 원적외선건조(Far-infrared dryer, KEC SYSTEM Co. Ltd., Cheongju, Korea)는 60°C에서 10시간, 천일건조는 비닐하우스 내에서 10일 동안 건조를 실시하였다. 건조된 시료는 씨를 완전히 제거한 후 평롤 분쇄기(Kyeong Chang Machinery Co., Ltd, Seoul, Korea)를 이용하여 고추장용(850~150 μm)으로 분쇄하여 실험에 사용하였고, 실험 전 모든 시료는 수분함량을 동일하게 조정하여 암소 및 -18°C 이하에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

#### 집단밀도 및 하우스너 비

집단밀도는 이완집단밀도와 충격집단밀도로 표시하였다. 즉, 이완집단밀도(g/cm<sup>3</sup>)는 100 mL 메스실린더에 30 g의 고춧가루를 깔때기로 부어 넣은 상태에서 측정하였으며, 충격집단밀도(g/cm<sup>3</sup>)는 이완집단밀도를 측정한 후 메스실린더를 5 cm의 높이에서 60회 자연낙하 시킨 후 측정하였다. 하우스너 비는 다음과 같은 방법으로 계산하였다(16).

$$r_n = \frac{V_o - V_n}{V_o} = \frac{abn}{1 + bn} \quad (1)$$

식 (1)을 직선화시키면

$$\frac{n}{r_n} = \frac{1 + bn}{abn} = \frac{1}{ab} + \frac{n}{a} \quad (2)$$

이다. 하우스너 비는 다음과 같이 계산된다.

$$H_R = \frac{\rho_T}{\rho_o} = \frac{1}{1 - a} \quad (3)$$

여기서, r<sub>n</sub>은 n번 두드림 후의 부피변화율, n은 두드림 횟수, V<sub>o</sub>는 초기부피(mL), V<sub>n</sub>은 n번 두드림 후의 부피(mL), H<sub>R</sub>는 하우스너 비, ρ<sub>o</sub>는 이완집단밀도(g/cm<sup>3</sup>), ρ<sub>T</sub>는 충격집단밀도(g/cm<sup>3</sup>)이고 a, b는 상수이다.

#### 압축시험

압축시험은 건조방법별로 분쇄된 고춧가루 5 g을 원통형 용기에 넣은 후 레오메타(RT-3010D, Tokyo, Japan)로 20

mm/min의 속도로 5 kg/cm<sup>2</sup>까지 압축응력을 증가시키며 압축을 하였다. 여기서 가한 압축응력과 다짐밀도는 다음과 같이 식으로 표현하였다(17).

$$\rho = a + b \log \sigma_N \quad (4)$$

여기서, ρ는 집단밀도(g/cm<sup>3</sup>), σ<sub>N</sub>은 압축응력(kg/cm<sup>2</sup>), a, b는 상수이며, 이 식의 기울기를 압축성으로 하였다. 여기서, 1 kg/cm<sup>2</sup>의 압축응력에서 다짐밀도와 초기 이완밀도와의 비를 압축비로 표시하였다(10,11).

#### 비회복성 일

비회복성 일은 건조방법별 고춧가루 5 g을 원통형 용기에 넣고 5 kg/cm<sup>2</sup>까지 압축응력을 가할 때의 한 일과 압축응력을 제거할 때의 한 일을 구하여 회복되지 않은 일을 비회복성 일로 하였다(10,11).

#### 응력이완시험

건조방법에 따른 고춧가루 5 g을 원통형 용기에 넣고 5 kg/cm<sup>2</sup>까지 압축응력을 가한 후 변형을 일정하게 유지하면서 시간에 따른 응력의 변화를 측정하였으며(12,18), 응력이완 곡선을 Peleg(18,19)방법에 따라 다음과 같이 직선화시켰다.

$$\frac{F_o t}{F_o - F(t)} = k_1 + k_2 t \quad (5)$$

여기서, F<sub>o</sub>는 초기 힘이고 F(t)는 t시간 후의 힘 그리고 k<sub>1</sub>과 k<sub>2</sub>는 상수이며, 이완성은 다음의 식으로 계산하였다(18,19).

$$\text{Relaxation (\%)} = \frac{F(1 \text{ min})}{F_o} \times 100 \quad (6)$$

#### 안식각

건조방법별 고춧가루의 안식각은 Park 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 깔때기를 통해 일시에 배출시킨 고춧가루는 원뿔모양으로 퇴적되는데, 이를 카메라를 이용하여 촬영하고, 촬영된 영상을 Adobe Photoshop CS2(Adobe) 프로그램을 이용하여 시료퇴적물 높이(H)와 시료퇴적물 밑면의 직경(D)을 측정하였으며, 식 (7)을 이용하여 안식각(θ<sub>d</sub>)을 구하였다.

$$\theta_d = \tan^{-1} \left( \frac{2H}{D} \right) \quad (7)$$

#### 통계분석

통계처리는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 집단 밀도 및 하우스너 비

집단밀도는 식품분말의 저장 및 기계식 수송을 계획하는

경우 필수적으로 고려해야 할 요인으로 집단밀도에 영향을 주는 인자로는 원료물질의 이화학적 성질, 개별입자의 크기와 모양 그리고 표면특성 등이 알려져 있다(2). 품종과 건조방법에 따른 고추장용 고춧가루의 밀도를 이완집단밀도 및 충격집단밀도로 나타내었고, 이들 간의 비를 하우스너 비로 나타내었다. 이완집단밀도는 분말입자의 집단이 외부 충격 없이 일정한 부피를 가질 때의 밀도로서 표현되는데(15), 품종과 건조방법에 따른 이완밀도는 0.4197~0.4274 g/cm<sup>3</sup> 범위를 나타내었으며, 열풍건조 한반도품종에서 특히 높은 값을 나타내었고, 열풍건조 청양품종에서 0.4197 g/cm<sup>3</sup>로 가장 작은 값을 나타내었다(p<0.05). 품종에 따른 이완밀도의 경우 모든 건조방법에서 한반도품종이 청양품종보다 높은 값을 나타내었는데, Oh 등(14)의 연구에서도 한반도가 0.45 g/cm<sup>3</sup>, 청양이 0.42 g/cm<sup>3</sup>로 비슷한 결과를 나타내었다. 또한 Shin 등(21)의 연구에서도 건조방법별 생강분말의 밀도는 0.58~0.87 g/mL로 건조방법에 따라 다양한 다공질의 입자 형태를 갖기 때문에 물리적 특성이 달라진다고 보고하였다. 충격집단밀도는 이완된 분말에 충격을 가함으로써 분말 입자 사이의 공극이 감소됨에 따른 밀도를 나타내는데(15) 0.523~0.586 g/cm<sup>3</sup> 범위로 원적외선건조 한반도품종에서 높은 값을 나타내었으며, 천일건조 한반도품종이 0.523 g/cm<sup>3</sup>로 낮은 값을 나타내었다(p<0.05). 이러한 결과는 고춧가루의 다짐밀도는 0.49~0.67 g/cm<sup>3</sup> 범위를 보인다는 Oh 등(14)의 보고와 일치하였다. 하우스너 비는 충격집단밀도/이완집단밀도의 비로 나타내며, 이 값이 클수록 분말 자체의 다짐특성이 크다는 것을 의미한다(22). 건조방법에 따른 한반도 및 청양품종의 하우스너 비는 1.185~1.301 범위이었으며, 두 품종 모두 원적외선 건조에서 하우스너 비가 각각

1.301 및 1.279로 큰 값을 나타내는 것으로 보아 원적외선 건조 시 분말의 다짐특성이 크다는 것을 알 수 있다(p<0.05). 두드림의 횟수를 60회까지 증가시키면서 이에 따른 부피 변화를 식 (2)에 따라 직선화시킨 다음 상수 a 및 b값을 Table 1에 나타내었다. a값은 0.196~0.281의 범위로 Peleg(17)에 따르면 a값이 클수록 응집성이 크며 액체의 성질을 갖고, 작을수록 비응집성 분말로 탄성체에 가깝다고 보고하였는데 원적외선건조 한반도품종에서 가장 큰 값을 나타내어 다른 건조방법에 비하여 응집성이 큰 것으로 나타났다.

#### 압축특성 및 안식각

20 mm/min의 속도로 5 kg/cm<sup>2</sup>까지 압축응력을 가하면서 압축응력의 따른 밀도의 변화를 Table 2에 나타내었다. 압축성은 압축응력에 따른 밀도변화를 나타낸 것으로 압축성이 크다는 것은 압축응력이 가해질 때 다짐의 속도가 빠르다는 것을 의미한다(6). 압축성은 건조방법 및 품종에 따라 0.00157~0.00225 범위의 값을 보였는데(p<0.05) 건조방법에 따라서는 원적외선건조 시료가 높은 압축성을 나타내었고, 품종에 따라서는 건조방법에 상관없이 한반도품종이 높았다. 이러한 결과로 미루어 보아 원적외선 건조된 한반도품종의 고춧가루는 외부 충격이나 기계적인 힘에 의해 압축되는 비율이 높아 유동장애를 일으키기 쉽기 때문에 가공공정에서 취급 시 주의를 요해야 할 것으로 판단된다. 압축응력을 1 kg/cm<sup>2</sup>까지 가했을 때의 밀도와 초기 밀도와의 비를 압축비로 나타낸 결과 0.971~1.032의 범위를 나타내었는데 이러한 결과는 Oh 등(14)이 보고한 고춧가루의 압축비는 1.003~1.040 범위를 보인다는 결과와 유사하였다. 품종에 따른 압축비는 원적외선 건조를 제외하고 한반도품종에서 높은 값을 나타

Table 1. Loose bulk density, tapped bulk density, Hausner ratio, and constant a and b of equation (2) of red pepper powder with varieties and drying methods

Drying methods	Varieties	Loose bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Tapped bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Hausner ratio	Constant of equation (2)	
					a	b
Hot-air	<i>Hanbando</i>	0.427±0.00 <sup>a1)</sup>	0.563±0.01 <sup>c</sup>	1.319±0.00 <sup>c</sup>	0.253±0.01 <sup>bc</sup>	0.287±0.05 <sup>b</sup>
	<i>Cheongyang</i>	0.420±0.00 <sup>a</sup>	0.537±0.00 <sup>b</sup>	1.280±0.01 <sup>b</sup>	0.239±0.02 <sup>b</sup>	0.213±0.02 <sup>a</sup>
Far-infrared	<i>Hanbando</i>	0.427±0.00 <sup>a</sup>	0.586±0.01 <sup>d</sup>	1.370±0.00 <sup>c</sup>	0.281±0.01 <sup>d</sup>	0.283±0.04 <sup>b</sup>
	<i>Cheongyang</i>	0.425±0.00 <sup>a</sup>	0.571±0.01 <sup>c</sup>	1.342±0.00 <sup>d</sup>	0.261±0.01 <sup>c</sup>	0.344±0.02 <sup>c</sup>
Sun	<i>Hanbando</i>	0.427±0.01 <sup>a</sup>	0.523±0.01 <sup>a</sup>	1.225±0.00 <sup>a</sup>	0.196±0.00 <sup>a</sup>	0.201±0.00 <sup>a</sup>
	<i>Cheongyang</i>	0.427±0.00 <sup>a</sup>	0.527±0.00 <sup>a</sup>	1.234±0.01 <sup>a</sup>	0.201±0.01 <sup>a</sup>	0.191±0.02 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column with the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 2. Compressibility, compression ratio, and dynamic angle of red pepper powder with varieties and drying methods

Drying methods	Varieties	Compressibility	Compression ratio	Dynamic angle (°)
Hot-air	<i>Hanbando</i>	0.00214±0.00 <sup>bc1)</sup>	1.032±0.00 <sup>c</sup>	41.35±1.50 <sup>c</sup>
	<i>Cheongyang</i>	0.00174±0.00 <sup>a</sup>	0.971±0.01 <sup>a</sup>	42.38±0.12 <sup>c</sup>
Far-infrared	<i>Hanbando</i>	0.00225±0.00 <sup>c</sup>	1.004±0.00 <sup>b</sup>	38.98±0.51 <sup>b</sup>
	<i>Cheongyang</i>	0.00180±0.00 <sup>ab</sup>	1.007±0.00 <sup>b</sup>	37.50±0.28 <sup>a</sup>
Sun	<i>Hanbando</i>	0.00166±0.00 <sup>a</sup>	1.003±0.01 <sup>b</sup>	37.61±0.31 <sup>a</sup>
	<i>Cheongyang</i>	0.00157±0.00 <sup>a</sup>	0.971±0.00 <sup>a</sup>	37.47±0.21 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column with the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

내었으며, 건조방법에 따라서는 열풍건조의 압축비가 높게 나타났다. 식품분말의 저장시설의 유효 용적을 산출하는데 특히 중요한 안식각은 분말물성 중 가장 기본이 되는 역학적 특성중 하나인 마찰각의 일종으로(2) 건조방법에 따른 고춧가루의 안식각은 Table 2에서 보는 바와 같이 37.47~42.88° 범위이었으며(p<0.05), 고춧가루의 안식각 크기는 35.14~41.70° 범위이었다는 연구결과(15)와 유사하게 나타났다. 건조방법에 따라서는 열풍건조가 안식각이 가장 크게 나타났으며, 품종에 따라서는 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. Peleg 등(4,17)에 따르면 안식각의 크기가 35~45° 범위일 경우 약간의 응집성이 있는 중간유동성을 갖는 분말특성을 나타낸다고 하였는데 본 실험에서도 유사한 결과를 나타내었다.

**비회복성 일**

비회복성 일은 시료에 일정한 속도로 압축응력을 가해줄 때 한 일과 응력을 제거할 때 한 일의 차이로 표현되며, 이러한 차이로 시료가 힘을 받은 후 그 힘에 대한 저항력과 흡수력 및 변형 정도를 알 수 있다(10). 품종과 건조방법에 따른 고춧가루의 압축 시 한 일은 Table 3에서 보는 바와 같이 24~28.5 mJ 범위를 나타내었다(p<0.05). 한반도품종에서는 원적외선 건조가 28.5 mJ로 가장 큰 값을 나타내었으며, 열풍건조가 24.0 mJ로 가장 작은 값을 나타내었다(p<0.05). 청양품종의 경우에는 천일 건조가 27.9 mJ로 가장 큰 값을 나타내었고, 열풍건조가 25.6 mJ로 가장 작은 값을 나타내었다(p<0.05). 건조방법에 따라서는 열풍건조가 압축 시 한 일이 작았으며, 품종별로는 한반도품종이 청양보다 높은 값을 나타내었다. 압축응력을 서서히 제거하면서 회복되는 일은 4.5~6.5 mJ 범위를 나타내었는데 이러한 결과는 고춧가루의 입도별 회복 일이 4.58~7.67 mJ의 범위를 나타냈다는 연구결과와 유사하였다(15). 회복 일은 압축 시 한 일과는 반대로

청양품종에서 높은 값을 나타내었다. 비회복성 일은 식품분말이 외부로부터 기계적 압축을 받은 후 이 압축력을 제거하였을 때 원래의 위치로 돌아가지 않는 분말의 성질을 나타내며(1), 이 값이 작을수록 회복성이 좋다고 볼 수 있으며, 분말의 유동이 용이함을 나타낸다(4,12,17). 건조 방법에 따른 비회복성 일은 Table 3에서 보는 바와 같이 76.0~81.7% 범위를 나타내었다(p<0.05). 건조방법에 따른 청양품종의 비회복성 일은 76.0~76.7%로 건조방법 간에는 큰 차이는 없는 것으로 나타났다(p<0.05). 한반도품종의 경우 비회복성 일은 80.3~81.7%의 범위로 천일건조에서 비교적 낮은 값을 나타내었는데(p<0.05), 이러한 결과로부터 천일건조가 다른 건조방법들에 비해서 외부로부터 압력을 받아 압축되면 압력을 제거한 후에 줄어든 부피가 원래 위치로 회복되기 쉬운 즉, 유동이 용이한 분말일 것으로 생각된다. 일반적으로 분말식품 유동성은 분말의 입도크기와 분포, 형태 등과 관련이 있다고 알려져 있는데(1), 고추의 열풍 및 원적외선 건조 효과를 비교 분석한 연구에서 원적외선 건조가 건조시간을 단축하는데 있어 열풍건조보다 효과적이며(23), 절단하지 않은 원형의 홍고추를 천일건조 하였을 때 건조기간이 10일 정도 소요된다고 보고된 바 있다(24). 이러한 건조시간의 차이는 식품을 건조하는 동안 발생하는 내부수분의 표면이동과 수축, 표면경화 등과 같은 조직의 변화정도가 달라지기 때문에 분쇄 후 고춧가루의 입도분포 및 분말표면형태의 차이를 나타냄으로써 건조방법에 따른 유동성의 차이를 발생시킨 것으로 생각된다(25).

**응력이완특성**

건조방법별 고춧가루 시료에 일정 힘을 가한 후 변형을 일정하게 유지하는데 필요한 힘과 초기 이완이 시작될 때의 힘의 차이를 나타내는 응력이완 특성을 측정할 결과는 Table

**Table 3. Compression, decompression, and irrecoverable work of red pepper powder with varieties and drying methods**

Drying methods	Varieties	Compression work (mJ)	Decompression work (mJ)	Irrecoverable work (%)
Hot-air	Hanbando	24.0±2.39 <sup>a1)</sup>	4.5±1.03 <sup>a</sup>	81.3±3.34 <sup>c</sup>
	Cheongyang	25.6±1.63 <sup>ab</sup>	6.0±0.22 <sup>bc</sup>	76.6±2.22 <sup>ab</sup>
Far-infrared	Hanbando	28.5±0.96 <sup>b</sup>	5.2±0.53 <sup>abc</sup>	81.7±1.29 <sup>c</sup>
	Cheongyang	26.0±1.85 <sup>ab</sup>	6.2±0.03 <sup>cd</sup>	76.0±1.61 <sup>a</sup>
Sun	Hanbando	25.9±1.36 <sup>ab</sup>	5.1±0.73 <sup>ab</sup>	80.3±2.45 <sup>bc</sup>
	Cheongyang	27.9±1.81 <sup>b</sup>	6.5±0.18 <sup>d</sup>	76.7±2.13 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column with the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

**Table 4. Constant k<sub>1</sub> and k<sub>2</sub> of equation (5) and relaxation of red pepper powder with varieties and drying methods**

Drying methods	Varieties	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	Relaxation (%)
Hot-air	Hanbando	2.42±0.07 <sup>b1)</sup>	1.21±0.01 <sup>b</sup>	13.41±0.50 <sup>a</sup>
	Cheongyang	2.22±0.30 <sup>ab</sup>	1.21±0.00 <sup>ab</sup>	17.18±0.53 <sup>c</sup>
Far-infrared	Hanbando	2.47±0.15 <sup>b</sup>	1.24±0.01 <sup>c</sup>	19.75±1.28 <sup>d</sup>
	Cheongyang	2.29±0.28 <sup>ab</sup>	1.23±0.01 <sup>c</sup>	24.31±0.52 <sup>e</sup>
Sun	Hanbando	1.86±0.19 <sup>a</sup>	1.20±0.00 <sup>a</sup>	15.23±0.26 <sup>b</sup>
	Cheongyang	2.52±0.40 <sup>b</sup>	1.22±0.01 <sup>bc</sup>	16.57±0.35 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same column with the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

4와 같다.  $k_1$ 은 이완이 시작되려는  $t=0$ 일 때 관찰되는 값으로 이 값이 작을수록 초기 이완 속도가 빠르다는 것을 의미하며,  $k_2$ 값은 분말의 고체 성질과 탄력성을 나타내는 값으로 분말이 건조하거나 점성이 없는 것일수록 기울기 값이 크고, 그 반대의 경우 기울기 값이 작게 나타난다고 알려져 있다 (1). 본 실험결과  $k_2$ 값은 1.20~1.24 범위를 나타내었는데( $p < 0.05$ ), 품종에 관계없이 원적외선 건조가 다른 건조방법에 비하여 높은 값을 나타내었지만, 큰 차이를 보이지는 않았다. 식품분말에 일정한 힘을 가한 후 그 힘을 제거하였을 때 압축된 분말은 본래의 상태로 돌아가려는 성질인 이완성을 가지는데 이 값이 클수록 탄력성이 큰 분말이라 할 수 있으며 (1), 다공성이 큰 시료일수록 탄성체의 성질을 더 많이 나타낸다고 알려져 있다(6). 품종과 건조방법에 따른 고춧가루의 이완성은 13.41~24.31%의 값의 분포를 보였으며( $p < 0.05$ ), 건조방법에 따라서는 품종에 관계없이 원적외선 건조가 높은 값을 나타내었으며, 품종별로는 한반도 품종보다 청양품종에서 이완성이 높게 측정되었다.

## 요 약

건조방법에 따른 품종별 고춧가루의 물리적 특성을 알아보기 위하여 집단밀도, 압축특성, 쌓임각, 비회복성 일 및 응력이완 특성을 살펴보았다. 이완집단밀도는 0.4197~0.4274  $g/cm^3$  범위로 열풍건조 한반도품종이 큰 밀도를, 청양품종 열풍건조가 작은 밀도를 나타내었다. 충격집단밀도는 0.523~0.586  $g/cm^3$  범위로 원적외선건조 한반도 품종이 큰 밀도를 나타내었고 한반도품종 천일건조가 0.523  $g/cm^3$ 로 작았다. 하우스너 비는 1.225~1.370의 범위를 보였으며, 두 품종 모두 원적외선 건조에서 큰 값을 나타내었다. 압축성은 0.00157~0.00225 범위로 한반도품종 원적외선건조가 큰 압축성을 나타내었다. 압축비는 0.971~1.032의 범위로 열풍건조가 크게 나타났으며, 품종에 따라서는 한반도품종이 큰 값을 나타내었다. 안식각은 37.47~42.38° 범위로 열풍건조가 큰 값을 나타내었으며, 비회복성 일은 76.0~81.7%의 범위로 건조방법에 따른 차이는 작았지만 한반도품종이 청양 품종에 비해 큰 값을 보였다.  $k_2$ 값은 1.20~1.24 범위로 건조방법 및 품종 간 차이는 작았으며, 이완성은 13.41~24.31% 범위로 원적외선 건조가 큰 값을 보였고 건조방법별로 청양 품종이 큰 값을 나타내었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구비지원(과제번호 PJ007524)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Chang KS. 1995. Prediction of flow properties in model food

- powders. KOSEF: 931-0600-024-2. Seoul, Korea. p 1-37.
2. Song JC, Park HJ. 1995. *Food rheology*. 3th ed. Koo Bonho Publisher, Ulsan, Korea. p 63-79.
3. Mohsenin N. 1970. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York, NY, USA. p 556-560.
4. Peleg M, Moreyra R, Scoville E. 1982. Rheological characteristics of food powders. *AIChE Symp Series* 78: 138-143.
5. Teunou E, Fitzpatrick JJ, Synnott EC. 1999. Characterization of food powder flowability. *J Food Eng* 39: 31-37.
6. Jeong HS, Min YK, Toledo RT. 2002. Physical characteristics of rice flour puffed by carbon dioxide. *Food Eng Prog* 6: 152-157.
7. Hollenbachi AM, Peleg M, Rufner R. 1982. Effect of four anticaking agents on the bulk characteristics of ground sugar. *J Food Sci* 47: 538-544.
8. Barbosa-Canovas GV, Rufner R, Peleg M. 1985. Microstructure of selected binary food powder mixtures. *J Food Sci* 50: 473-477.
9. Teunou E, Fitzpatrick JJ. 2000. Effect of storage time and consolidation on food powder flowability. *J Food Eng* 43: 97-101.
10. Moreyra R, Yeleg M. 1980. Compressive deformation patterns of selected food powders. *J Food Sci* 45: 864-868.
11. Scoville E, Peleg M. 1981. Evaluation of the effects of liquid bridges on the bulk properties of model powders. *J Food Sci* 46: 174-177.
12. Peleg M, Mannheim CH, Passy N. 1973. Flow properties of some food powders. *J Food Sci* 38: 959-964.
13. Juliano P, Muhunthan B, Barbosa-Canovas GV. 2006. Flow and shear descriptors of preconsolidated food powders. *J Food Eng* 72: 157-166.
14. Oh SH, Hwang IG, Kim HY, Hwang CR, Park SM, Hwang Y, Yoo SM, Kim HR, Kim HY, Lee JS, Jeong HS. 2011. Quality characteristics by particle size of red pepper powders for pepper paste and Kimchi. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 725-730.
15. Oh SH. 2011. Physical properties related to particle size of red pepper powder and its quality characteristics during storage. *MS Thesis*. Chungbuk National University, Cheongju, Korea.
16. Malave J, Barbosa-Canovas GV, Peleg M. 1985. Comparison of the compaction characteristics of selected food powders by vibration, tapping and mechanical compression. *J Food Sci* 50: 1473-1476.
17. Peleg M. 1982. Physical characteristics of food powders. In *Physical Properties of Foods*. Peleg M, Bagley EB, eds. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT, USA. p 293.
18. Peleg M. 1979. Characterization of the stress relaxation curves of solid foods. *J Food Sci* 44: 227-281.
19. Peleg M. 1980. Linearization of relaxation and creep curves of solid biological materials. *J Rheol* 24: 451-463.
20. Park SJ, Kim MH, Shin HM. 2005. Physical properties of rice husk. *J Biosystems Eng* 30: 229-234.
21. Shin HK, Hwang SH, Yoon KS. 2003. Absorption characteristics and prediction model of ginger powder by different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 35: 211-216.
22. Patel R, Podczek F. 1996. Investigation of the effect of type and source of microcrystalline cellulose on capsule filling. *Int J Pharm* 128: 123-127.
23. Koh HK, Cho JB, Park JB, Kim YH, Kang SW. 1989. Efficient utilization of energy in drying process for rewetted red pepper - Hot-air-convective and infrared-radiant drying -. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 14: 262-271.
24. Yoon WM, Lee JY. 2004. Effect of drying method on the

quality of red pepper (*Capsicum annuum* var. longum). *J Natural Sci Pai Chai University Korea* 14: 139-149.

25. Lee MJ. 2007. Modeling drying and absorption character-

istics of Chaga mushroom powder as influenced by different drying methods. *MS Thesis*. Daegu University of Gyeongbuk, Korea.

(2012년 5월 29일 접수; 2012년 7월 29일 채택)