

## Maltodextrin을 처리한 생강 절편의 탈수, 건조 및 열풍 건조와 동결건조된 생강과의 비교

김민희 · 김민기 · 유명식<sup>1</sup> · 송영복<sup>1</sup> · 서원준<sup>1</sup> · 송경빈\*

충남대학교 식품공학과, <sup>1</sup>주세전

### Dehydration of Sliced Ginger Using Maltodextrin and Comparison with Hot-air Dried and Freeze-dried Ginger

Min-Hee Kim, Min-Ki Kim, Myung-Shik Yu<sup>1</sup>, Young-Bok Song<sup>1</sup>, Won-Joon Seo<sup>1</sup>, and Kyung Bin Song\*

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

<sup>1</sup>Sejeon Corporation

**Abstract** Sliced ginger samples were dried using 30, 50, and 80% maltodextrin, respectively, as a dehydrating agent. The moisture content of the maltodextrin-treated ginger decreased with increasing concentrations of maltodextrin. The dehydrated ginger was compared with hot air-dried and freeze-dried ginger samples in terms of rehydration ratio, gingerol content, color, and sensory characteristics. The rehydration ratio of the maltodextrin-treated ginger was superior to those of the hot-air dried or freeze-dried ginger. In addition, the maltodextrin-treated ginger had the highest content of 6-gingerol among the samples. Color as well as sensory scores for odor, texture, appearance, and overall acceptance were greater for the maltodextrin-treated ginger compared to the hot-air dried or freeze-dried ginger. These results indicate that drying ginger with maltodextrin is very efficient because good rehydration capacity is retained and minimal cell destruction can be achieved.

**Key words** : maltodextrin, dehydration, ginger slice, cytorrhysis

## 서 론

생강은 아시아가 원산지로서 생강과(*Zingiberaceae*)에 속하는 다년생 초본 식물로 여러 약리 작용을 가지고 있는데, 특히 생강의 매운맛 성분인 6-gingerol은 항염증작용 및 항산화작용 특성을 가지며 진통제, 해열제, 심장병 등에 수 천년 전부터 이용되어 오고 있다(1-4).

생강의 국내 생산량은 4만여 톤으로 주로 향신 양념인 다대기 또는 생강차로 이용되고 있다. 세계적으로는 건조된 형태로 연간 100,000톤 정도 이용되고 그 외 essential oil, oleoresin 등의 형태로 유통되는데 주로 식용, 약용 및 화장품용 등으로 사용된다. 그러나 생강은 수확 후 저장 중 썩어 나거나 미생물에 의해 손상되기 쉽고 수세나 껍질 제거와 같은 처리에 의해 곰팡이에 의한 오염에 노출되어 장기간 저장을 위한 방법의 하나로 생강절편의 건조 처리가 제시된다(5-10).

식품의 건조는 수분 제거, 부패 감소로 인한 운송의 편리, 미생물로 인한 손실 방지 등의 장점이 있지만 건조 과정 중 높은 온도에 의해 식물 고유의 구조와 성질이 변화한다. 물리적인 변화로 인한 부피의 감소로 다공성 변화, 수분 함유 능력 감소 및

미세구조 파괴가 발생하며, 또한 그러한 변화에 의해 산화 반응, pH, 이온 결합의 변화가 일어나는데 특히 초기 건조 과정에서 비효소적 갈변화 반응으로 인한 색 변화, 세포막 단백질 등에 변화를 가져다 준다(11-13).

이러한 열풍건조 등에 의한 품질 저하를 방지하고자 사용되는 건조 방법 중의 하나인 사이토리시스(cytorrhysis)현상을 이용하는 탈수는 polyethylene glycol이나 maltodextrin과 같은 고분자 수용성 물질을 탈수제로 사용하는 것으로, 탈수제 분자들이 식물 세포벽의 세공을 통과하지 않고 식물 세포벽에 확산압력을 가하여 탈수시키는 방법이다(14-16). 탈수제가 세포 내로 통과되는 삼투압 방법과는 달리, 사이토리시스 탈수방법은 탈수 효과가 뛰어나고 세포 파괴, 유용성분, 맛과 향의 변화가 적고 또한 고농도의 탈수제로 인한 미생물에 의한 변패 및 산화에 의한 변질을 방지한다고 알려져 있다(14-16).

따라서 본 연구에서는 탈수, 건조 방법 중의 하나인 사이토리시스 원리를 이용하여 수용성 고분자 물질이며 점도가 낮고, 식품 첨가제로 허용되어 있는 maltodextrin을 사용하여 생강절편을 탈수 처리하여 건조된 생강 절편의 복원율, 색도, 관능평가 등을 분석하고 또한 동결건조, 열풍건조한 생강과의 품질을 비교함으로써, 건조생강 절편의 유통기한을 증대시켜 즉석 조리 식품의 부재료로써 개발하고자 본 연구를 수행하여 그 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 생강은 서산에서 수확한 것으로, 대전에 있

\*Corresponding author: Kyung Bin Song, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Tel: 82-42-821-6723

Fax: 82-42-825-2664

E-mail: kbsong@cnu.ac.kr

Received December 15, 2008; revised February 12, 2009;

accepted February 12, 2009

는 대형마트에서 구입하여 껍질을 제거한 근경을  $1.0 \pm 0.5$  mm로 절단하여 실험재료로 사용하였다. Maltodextrin(Grain Processing Co., Muscatine, IA, USA)은 DE값이 9-12인 제품을 구입하여 사용하였다

### 시료 건조

절단된 생강 시료 50 g에 분말 형태 탈수제 maltodextrin을 시료 무게의 30, 50, 80%(w/w)를 각각 첨가하여, LDPE bag에서 혼합시킨 후 20°C shaking incubator에서 탈수하였다. 탈수 후 시료 표면의 maltodextrin을 제거하기 위해 수 초간 세척한 후 물기를 제거하고 잔류 수분이 완전히 제거될 때까지 20°C incubator에서 최종 건조하였다.

동결건조는 절단된 생강 시료 50 g을 -70°C에서 동결시킨 후 동결건조기(FD-5508, IShin Lab Co., Yangjugun, Korea)를 사용하여 -50°C, 0.67 Pa에서 동결건조를 실시하였다. 열풍 건조는 시료 50 g을 열풍건조기(HB-502LP, Hanbaek Co., Bucheon, Korea)를 사용하여 70°C에서 24시간 건조시켰다.

### 수분함량 측정

시료의 수분 함량은 AOAC 방법(17)에 의해 분석하였다. 건조기(C-DO, Chang Shin Scientific Co., Seoul, Korea)를 이용하여  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 건조하여 분석하였고 시료군 마다 3회 반복하여 측정하였다. 건조하기 전 생강의 수분함량은 89%였다.

### 복원율 측정

건조된 고추 시료에 증류수 200 mL를 넣고 25°C 항온수조에서 10, 20, 30, 40, 50, 60분 간격으로 침지한 후 무게를 측정하여 흡수된 물 무게 대비 시료 건물 무게로(g/g) 복원율을 계산하였다.

### Gingerol 함량 측정

건조된 생강 시료 3 g을 30초 동안 mixer를 이용하여 분쇄하여 1 g 시료를 취한 후 HPLC 등급의 acetonitrile 20 mL를 사용하여 추출하였다. 상등액을 10,000×g에서 원심분리 하고 0.2 μm nylon syringe filter(Whatman, Nylon 66 Syringe, 13 mm, 0.2 μm, 100 units Maidstone, England)를 사용하여 여과한 후 HPLC(Thermo Separation Products Inc., Piscataway, NJ, USA)로 분석하였다. 분석 조건은 C18 역상 컬럼을 이용하고 이동상은 water와 acetonitrile을 이용하였고 gradient는 acetonitrile이 0-8분에서 45-50%, 8-17분에서 50-65%, 17-32분에서 65-100%, 32-38분에서 100%, 38-40분에서 100-45%였다. Injection volume은 20 μL, flow rate는 0.5 mm/min를 사용하였으며 컬럼을 통과하는 물질의 검출을 위해 230 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 색도 측정

건조된 시료의 색도 측정은 표준백판(L=97.47, a=-0.02, b=1.67)으로 보정된 colorimeter(CR-300 Minolta chromameter, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter L, a 및 b값을 측정하였다. 각 시료는 5회 반복하여 측정하였다.

### 관능 검사

건조된 시료를 25°C에서 30분간 복원한 후 훈련된 10명의 패널을 사용하여 각각 복원된 시료의 향, 색깔, 경도, 외관 및 전체적인 품질을 9점 hedonic scale을 사용하여 관능검사를 실시하였다(9-8: 매우 좋음, 7-6: 좋음, 5-4: 보통, 3-2: 나쁨 1: 매우 나쁨).

### 통계 분석

실험 결과의 유의성 검정은 SAS program(18)을 사용하여 실시하였고  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 통계 처리를 하였다. 실험 결과는 평균 ± 표준편차로 나타났다.

## 결과 및 고찰

### 수분함량 측정

사이토리시스 원리를 이용하여 탈수한 생강절편의 수분함량 변화를 측정하였다. 최적 탈수제 처리 조건 수립을 위한 maltodextrin의 농도에 따른 처리 후 시간별 탈수량을 측정한 결과, maltodextrin으로 처리한 생강절편의 탈수에 있어서 처음 4시간 동안 급격한 감소를 보였고, 처리 6시간 후부터 탈수속도가 감소했으나 지속적인 수분 감소가 이루어졌다(Fig. 1). Sereno 등(20)에 의해 보고된 탈수제 농도와 침지시간에 따른 탈수속도에 관한 연구에서도 유사한 결과가 관찰되었다(19-20). 탈수제 처리 8시간 경과 후 건조된 생강 절편의 수분 함량은 74.0, 63.7, 56.3%로 각각 나타났는데 20°C에서 추가 건조된 최종 생강절편의 수분함량은 maltodextrin 농도에 따라 각각 14.2, 10.4, 9.2%이었다. 이러한 결과는, 사이토리시스 원리를 이용한 탈수에 있어서 탈수제 농도가 높을수록 탈수량이 증가하며 처리 시간이 길수록 최종 수분함량이 감소한다는 것을 알 수 있었다. 삼투압 건조의 경우에도 삼투압력의 차이가 클수록 세포를 압착하는 힘이 커져 탈수 효율이 좋다고 보고된 바 있다(16,20). Singh 등(2)의 보고에 의하면 저 분자물질을 이용하는 삼투압의 경우, 초기 단계에서 저 분자 물질들이 세포 안으로 빠르게 이동하여 탈수 속도가 빠르나 시간이 지날수록 탈수 속도가 느려진다고 보고하였다(2). 이러한 현상은 사이토리시스를 이용한 건조 방법에서도 나타났으나, 삼투압의 경우 농도가 평형을 이룰 때 건조가 끝나게 되는데 반하여 농도구배를 이용한 방법이 아니므로 지속적인 건조 효과를 나타내어 삼투압 탈수방법보다 탈수율이 뛰어난 것을 보였다(2,16).

### 복원율 측정

건조된 생강절편의 복원율에 있어서 maltodextrin 처리한 생강절편의 경우 초기 10분간 복원율이 급격하게 증가하여 30, 50,

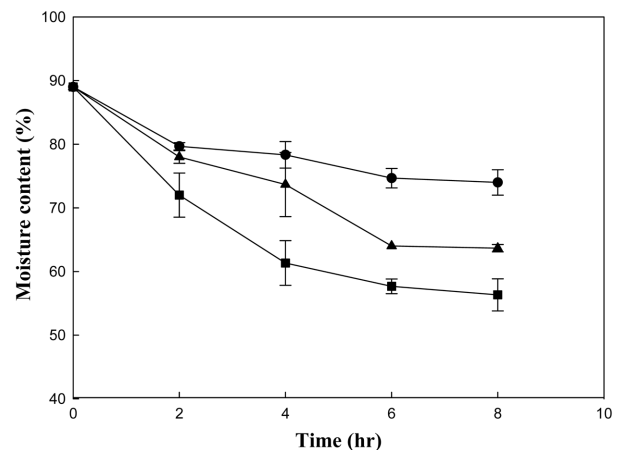


Fig. 1. Changes in moisture content of ginger slice by addition of maltodextrin. Bars represent standard error. ●, maltodextrin 30%; ▲, maltodextrin 50%; ■, maltodextrin 80%.

80% 농도별로 각각 3.45, 4.04, 4.73 g/g 값을 나타냈고 60분 후에는 6.76, 7.56, 7.91 g/g 값을 보였다(Fig. 2). 동결건조의 경우 초기 10분 동안 maltodextrin 30, 50% 처리보다는 높았으나 80%보다는 낮은 값을 보였고 또한 초기 복원 속도는 빠르나 시간이 지날수록 복원속도가 감소하여 60분 후 6.63 g/g의 값을 나타냈다. 그리고 열풍건조의 경우 60분 후 복원이 완료되었으며 최종 복원율이 6.35 g/g을 나타냈다. 본 연구 결과, 복원율이 가장 좋은 것은 maltodextrin으로 처리한 것으로 열풍건조나 동결건조보다 우수하였고, 특히 maltodextrin 80% 처리한 것은 열풍건조와의 비교에서 1.56 g/g의 차이를 나타냈다(Fig. 2). 또한 maltodextrin의 농도 간의 차이는 80%와 30, 50%의 차이를 보면 1.15, 0.35로 농도가 높을수록 생강절편의 복원율이 좋다는 것을 알 수 있었다. 건조된 식물 세포의 수축은 식품의 완전한 복원을 이루어지지 않게 하기 때문에 건조 전에 당, 글리세롤 등을 처리하여 세포벽에 있는 다당류의 수소결합을 보존하여 세포벽의 파괴를 최소화한다(21). Maltodextrin을 처리한 생강절편의 경우 maltodextrin이 탈수, 건조 중 이와 같은 작용을 하여 식물조직의 파괴를 감소시킨 것으로 판단된다. 또한 열풍건조의 경우 높은 온도 처리에 따른 세포 수축으로 인해 세포 파괴가 발생하여 복원율이 좋지 않다는 기존 다른 연구 보고와도 일치한다(21-23).

### Gingerol

Gingerol은 생강의 대표적인 지표성분으로 높은 온도 등 가공, 저장 조건에 따라 생화학적 활성이 다른 shogaol이나 다른 성분으로 변화하므로 생강의 품질 지표로 사용된다(2). Maltodextrin을

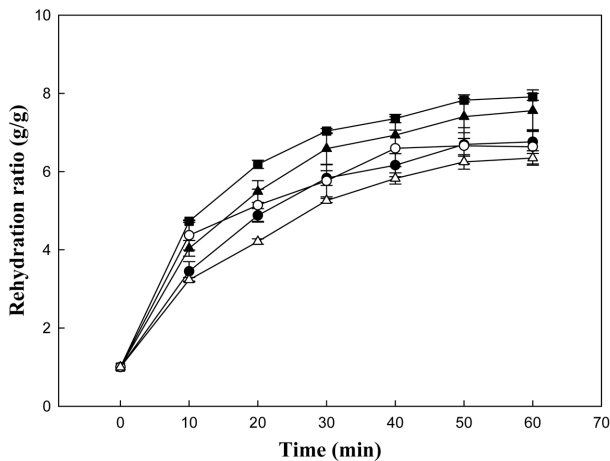


Fig. 2. Rehydration ratio of dried ginger slice. Bars represent standard error. ●, maltodextrin 30%; ▲, maltodextrin 50% ■, maltodextrin 80%; ○, freeze drying △, hot air drying

Table 2. Hunter color values of freeze dried, hot-air dried, and maltodextrin-treated ginger slice

	Color parameter			
	L	a	b	ΔE
Control	83.63±2.10 <sup>c1)</sup>	-8.58±0.75 <sup>d</sup>	43.10±0.93 <sup>a</sup>	0±0
Freeze drying	89.45±0.59 <sup>a</sup>	-3.50±0.40 <sup>a</sup>	35.55±4.54 <sup>b</sup>	10.80±1.3 <sup>b</sup>
Hot air drying	78.89±2.72 <sup>d</sup>	-2.62±0.71 <sup>a</sup>	24.23±4.09 <sup>c</sup>	20.35±1.1 <sup>a</sup>
Maltodextrin (30%)	86.27±0.79 <sup>b</sup>	-7.65±0.42 <sup>d</sup>	40.34±3.96 <sup>cd</sup>	3.93±1.86 <sup>c</sup>
Maltodextrin (50%)	86.67±0.45 <sup>b</sup>	-6.60±0.60 <sup>b</sup>	39.34±0.68 <sup>b</sup>	5.22±1.6 <sup>c</sup>
Maltodextrin (80%)	86.65±0.99 <sup>b</sup>	-7.55±0.87 <sup>cb</sup>	40.74±2.96 <sup>ba</sup>	3.97±1.9 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Any means in the same column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Table 1. Gingerol content of freeze dried, hot air dried, and maltodextrin-treated ginger slice

	Gingerol(mg/g)
Control <sup>1)</sup>	0.32±0.016 <sup>2)</sup>
Freeze drying	0.16±0.013 <sup>c</sup>
Hot air drying	0.13±0.004 <sup>c</sup>
Maltodextrin (30%)	0.05±0.001 <sup>d</sup>
Maltodextrin (50%)	0.11±0.004 <sup>c</sup>
Maltodextrin (80%)	0.24±0.012 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Raw ginger slice

<sup>2)</sup>Any means in the same column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

처리하여 탈수, 건조된 생강절편의 gingerol 함량에 있어서 maltodextrin의 처리농도 30, 50, 80%별로 0.05, 0.11, 0.24 mg/g으로 나타나 maltodextrin 처리 농도가 높을수록 gingerol 함량이 많았다. 또한 동결건조, 열풍건조에 비해서도 maltodextrin 80% 처리 생강절편의 gingerol 함량이 높았고, 열풍건조의 경우는 가장 낮은 gingerol 함량을 나타냈다. Bhattarai 등(2)에 의한 처리온도에 따른 생강의 gingerol 함량 변화의 연구 결과에서도 온도가 높을수록 gingerol 함량의 손실이 크다고 보고되었다(2).

### 색도 측정

건조방법에 따른 생강의 색도 측정은 L값의 변화에 따라 a, b 값도 변화한다는 연구 보고(25)가 있는데, Hunter L값의 경우 maltodextrin 농도별로 처리한 것에서는 유의적인 차이가 나타나지 않는 반면에 열풍건조의 경우 대조구와 비교하여 낮은 L값을 가졌다(Table 2). Jayaraman 등(21)의 연구에 의하면 열풍건조의 경우 높은 온도에 의한 영향으로 같은 현상이 일어난다고 보고하였는데, 그 결과 생강 표면에 영향을 미쳐 열풍건조된 생강절편의 lightness가 감소하는 것을 알 수 있었다. Hunter a값의 경우 대조구 -8.58와 비교하여 동결건조와 열풍건조 처리한 생강절편의 값이 maltodextrin을 처리한 생강절편에 비하여 낮았고, 또한 b값의 경우 대조구와 비교해서 동결건조, 열풍건조 처리한 생강절편이 maltodextrin을 처리한 것에 비해 낮아, maltodextrin을 처리한 생강절편의 색도가 잘 보존됨을 보여주었다. 본 연구 결과와 마찬가지로 Saravacos 등(24)의 열풍건조한 바나나, 당근, 감자 및 사과를 이용한 연구에서도 L, a, b, 값이 대조구에 비해 변화가 큰 것으로 나타났다는 연구 결과는 열풍건조에 따른 품질 저하를 보여준다. 동결건조 역시 열풍건조보다 변화가 적게 일어났지만 여전히 색도에 있어서 변화가 있었고, maltodextrin으로 처리한 생강절편만이 L, a, b값에 있어서 적게 변화하여 품질저하가 적다는 것을 알 수 있었으며, 또한 L, a, b 값으로부터 계산한 ΔE 값에서도 maltodextrin으로 처리한 생강절편이 대조구와 비

Table 3. Sensory evaluation of freeze dried, hot air dried and maltodextrin-treated ginger slice

	Organoleptic parameter				
	Color	Odor	Texture	Appearance	Overall
Control	9.00±0.00 <sup>a1)</sup>	9.00±0.00 <sup>a</sup>	9.00±0.00 <sup>a</sup>	9.00±0.00 <sup>a</sup>	9.00±0.00 <sup>a</sup>
Freeze drying	5.86±1.07 <sup>b</sup>	6.50±0.76 <sup>b</sup>	3.65±0.95 <sup>c</sup>	5.00±1.07 <sup>c</sup>	5.50±0.54 <sup>d</sup>
Hot air drying	3.43±0.79 <sup>e</sup>	4.88±0.64 <sup>b</sup>	4.00±1.07 <sup>c</sup>	3.38±0.74 <sup>d</sup>	4.25±0.71 <sup>e</sup>
Maltodextrin (30%)	6.71±1.10 <sup>b</sup>	7.13±0.60 <sup>b</sup>	6.75±0.50 <sup>b</sup>	7.13±0.60 <sup>b</sup>	6.88±0.80 <sup>b</sup>
Maltodextrin (50%)	6.71±0.80 <sup>b</sup>	6.75±0.70 <sup>b</sup>	6.50±1.30 <sup>b</sup>	7.00±1.10 <sup>b</sup>	6.75±1.00 <sup>cb</sup>
Maltodextrin (80%)	6.29±0.95 <sup>b</sup>	6.63±1.19 <sup>b</sup>	5.88±0.83 <sup>b</sup>	6.50±0.53 <sup>b</sup>	6.00±1.07 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup>Any means in the same column followed by different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

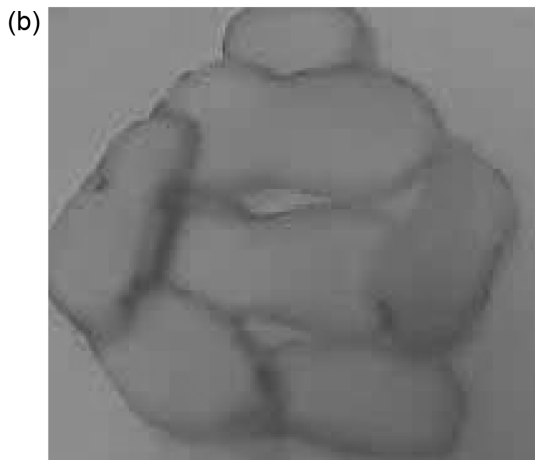
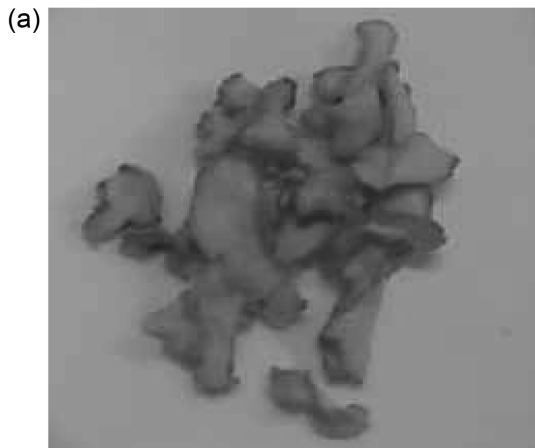


Fig. 3. Photos of maltodextrin-treated ginger slice before and after rehydration. (a) Dried ginger slice and (b) after rehydration of dried ginger slice

교하여 동결건조와 열풍건조보다 차이가 작음을 보였다(Table 2).

#### 관능 평가

건조된 생강절편의 품질을 관능적으로 평가하기 위하여 색도, 향기, 조직, 외관 및 종합적 기호도로 9점 hedonic scale을 사용하여 관능평가를 실시하였다(Table 3). 색도의 경우, maltodextrin 농도별로 비교한 경우 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 동결건조, 열풍건조와는 차이를 보였다. 향기의 경우 maltodextrin 30%를 처리한 생강절편이 대조구와 비교하여 가장 우수하였고 maltodextrin의 처리 농도가 낮을수록 향기가 좋음을 알 수 있었

으며, 열풍건조와는 뚜렷한 차이를 보였다(Table 3). 조직의 경우 동결건조된 생강절편의 평가가 가장 낮았는데 동결되는 동안 얼음결정이 세포벽에 손상을 주기 때문인 것으로 판단된다(14). 외관의 평가 역시 maltodextrin 농도별로 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 열풍건조 처리가 가장 낮은 평가를 받았다. 이것은 건조 당시 수축현상과 관련이 있는데, Azian 등(26)의 보고에 따르면 스팀을 처리하여 건조한 생강의 조직에 있어서 전분 성분이 수축하여 세포벽이 파괴된다고 보고한 바 있다(22,26). 종합적 기호도 역시 동결, 열풍건조에 비하여 maltodextrin을 처리한 생강절편이 우수하였으나 농도별로는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 maltodextrin 처리한 생강절편의 관능평가 결과는 동결건조나 열풍건조보다 품질면에서 우수함을 보여준다.

#### 요 약

Maltodextrin 30, 50, 80%의 농도로 생강 절편을 처리하여 탈수, 건조하였는데 maltodextrin 농도가 높을수록 탈수효율이 좋았으며 80% maltodextrin 처리된 생강은 최종 수분함량이 9.21%로 가장 탈수율이 좋았다. Maltodextrin 처리로 건조한 생강을 복원율, gingerol 함량, 색도, 관능평가 측면에서 열풍, 동결건조된 생강과 비교한 결과, maltodextrin 80% 처리한 생강의 복원율이 7.91 g/g로 열풍, 동결건조한 생강보다 복원율이 뛰어났다. Gingerol 함량은 maltodextrin 농도가 높을수록 함량이 많았는데 maltodextrin 80% 처리한 것이 1.19 mg/g로 가장 뛰어났다. 색도의 L, a, b값은 maltodextrin 농도별로 유의적인 차이는 나타나지 않았고 대조구와 비교해서 유사한 경향을 나타냈다. 관능평가에서도 색도, 향, 조직, 외관, 종합적 기호도에서 maltodextrin 처리 시료가 다른 건조 방법에 비해서 보다 좋은 결과를 나타냈다. 그러므로 본 연구 결과, maltodextrin을 처리하여 탈수, 건조하는 방법이 생강 절편의 건조에 있어서 복원율 등 품질과 비용 측면에서 열풍건조나 동결건조 방법보다 우수한 방법이라고 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터(ARPC)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 문 헌

- Alfaro MJ, Bèlanger JMR, Padilla FC, Paré JRJ. Influence of solvent, matrix dielectric properties, and applied power on the liquid-phase microwave-assisted processes (MAP™) extraction of ginger (*Zingiber officinale*). Food Res. Int. 36: 499-504 (2003)
- Bhattarai S, Tran VH, Duke CC. The stability of gingerol and

- shogaol in aqueous solutions. J. Pharm. Sci. 90: 1658-1664 (2001)
3. Suekawa M, Ishige A, Yuasa K, Sudo K, Aburada M, Hosoya E. Pharmacological studies on ginger. I. Pharmacological actions of pungent constituents, 6-gingerol and 6-shogaol. J. Pharm. Dyn. 7: 836-848 (1984)
  4. Hikino H, Kiso Y, Kato N, Hamada Y, Shioiri T, Aiyama R, Itokawa H, Kiuchi F, Sankawa U. Anthiepatotoxic actions of gingerols and diarylheptanoids. J. Ethnopharm. 14: 31-39 (1985)
  5. Bartley JP, Jacobs AL. Effects of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). J. Sci. Food Agr. 80: 209-215 (2000)
  6. Mishra BB, Gautam S, Sharma A. Shelf-life extension of fresh ginger (*zingiber officinale*). J. Food Sci. 69: 275-279 (2004)
  7. Leung AY. Encyclopedia of Common Natural Ingredients. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA. pp. 270-274. (1980)
  8. MAF. Agricultural and Forestry Statistical Yearbook 2001. Ministry of Agriculture and Forestry, Seoul, Korea (2001)
  9. Das P, Sarma SK. Drying of ginger using solar cabinet dryer. J. Food Sci. Technol. 38: 619-621 (2001)
  10. Krokida MK, Marinos-Kouris D. Rehydration kinetics of dehydrated products. J. Food Eng. 57: 1-7 (2003)
  11. Witrowa-Rajchert D, Lewicki PP. Rehydration properties of dried plant tissues. Int. J. Food Sci. Tech. 41: 1040-1046 (2006)
  12. Karathanos VT, Kanellopoulos NK, Belessiotis VG. Development of porous structure during air drying of agricultural plant products. J. Food Eng. 29: 167-183 (1996)
  13. Wang NB. Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. J. Food Eng. 24: 61-67 (1995)
  14. Dermesonlouoglou EK, Giannakourou MC, Taoukis P. Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative asmtic solutes. J. Food Eng. 78: 272-280 (2007)
  15. Moura CP, Masson ML, Yamamoto CI. Effect of osmotic dehydration in the apple(*Pyrus malus*) varieties Gala, Gold, and Fuji. Therm. Eng. 4: 46-49 (2005)
  16. Soe HC, Yu MS. Molecular press dehydration of plant tissues using soluble high molecular weight dehydrating agent. Korean patent 10-0444843 (2004)
  17. AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC. 15<sup>th</sup> ed. Method 950. 01 Association of Official Analysis Chemists. Washington, DC, USA (1990)
  18. SAS. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary NC, USA (2001)
  19. Singh B, Panesar PS, Nanda B. Osmotic dehydration kinetics of carrot cubes in sodium chloride solution. Int. J. Food Sci. Tech. 43: 1-10 (2008)
  20. Mayor L, Moreira R, Chenlo F, Sereno AM. Kinetics of osmotic dehydration of pumpkin with sodium chloride solutions. J. Food Eng. 74: 253-262 (2006)
  21. Jayaraman KSJ, Dasgupta DK, Baburao N. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. Int. J. Food Sci. Tech. 25: 47-60 (1990)
  22. Mazza G. Dehydration of carrots (Effect of pre-drying treatments on moisture transport and product quality) J. Food Technol. 18: 113-123 (1983)
  23. Karathanos V, Angela S, Karel M. Collapse of structure during drying of celery. Dry. Technol. 11: 1005-1023 (1993)
  24. Krokida MK, Maroulis ZB, Saravacos GD. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. Int. J. Food Sci. Tech. 36: 53-59 (2001)
  25. Ahmed J. Rheological behaviour and colour changes of ginger paste during storage. Int. J. Food Sci. Tech. 39: 325-330 (2004)
  26. Azian MN, Kamal AAM, Azlian MN. Changes of cell structure in ginger during processing. J. Food Eng. 62: 359-364 (2004)