

## 폴리에틸렌 글리콜과 말토덱스트린 첨가에 의한 당근 절편의 탈수, 건조와 기존 건조 방법과의 비교

김민기<sup>1</sup> · 김민희<sup>1</sup> · 유명식<sup>2</sup> · 송영복<sup>2</sup> · 서원준<sup>2</sup> · 송경빈<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 식품공학과  
<sup>2</sup>(주)세전

### Dehydration of Carrot Slice Using Polyethylene Glycol and Maltodextrin and Comparison with Other Drying Methods

Min-Ki Kim<sup>1</sup>, Min-Hee Kim<sup>1</sup>, Myung-Shik Yu<sup>2</sup>, Young-Bok Song<sup>2</sup>,  
Won-Joon Seo<sup>2</sup>, and Kyung Bin Song<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science & Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Sejeon Corporation, Chungbuk 365-824, Korea

#### Abstract

Carrots were dried using 30, 50, and 80% polyethylene glycol (PEG) or maltodextrin as a dehydrating agent, and the dried carrots were compared with the freeze dried and hot-air dried in terms of rehydration ratio, color, carotene content, and sensory evaluation. The amount of moisture loss during drying of carrots using PEG or maltodextrin increased with increasing concentration of dehydrating agent. Rehydration ratio as well as carotene content of the PEG-treated carrots were greater than those of freeze-dried or hot-air dried carrots. Regarding color and sensory evaluation of the dried carrots, the PEG-treated and maltodextrin-treated carrots were better than freeze-dried or hot-air dried carrots. These results suggest that drying of carrots using PEG or maltodextrin is a very efficient method because of its good rehydration capacity and minimal destruction of nutrients and cell structure.

**Key words:** carrot, polyethylene glycol, maltodextrin, cytorrhysis, dehydration

#### 서 론

식품의 건조는 식품의 저장성을 향상시키는 방법 중 가장 오래된 것 중의 하나로서 수분함량이 높은 채소류의 경우, 미생물학적 변패 및 화학적 변화의 최소화화 더불어 부피와 중량의 감소로 인한 저장, 수송의 편의성 등 장점이 있다.

최근 건조된 채소 상품 개발이 많이 진행되고 있는데, 기존 건조 방법 중 열풍건조는 처리가 간단하고 경제적인 반면에 건조 중 높은 온도에 의해 색, 영양 성분, 맛 등이 손실되고 조직의 급격한 수축으로 인한 낮은 복원성을 갖는 단점이 있다(1). 이러한 단점을 극복하기 위해 사용되는 동결건조는 맛, 향기 성분, 기능성 성분 등의 손실이 적고 조직이 크게 파괴되지 않아 높은 복원성을 갖고 있으나(2,3), 건조시간이 길고 에너지 소비 및 비용이 높기에 저가의 채소류에는 적합하지 않아 버섯과 같은 채소류 건조 등에만 제한되게 사용되고 있다(4). 그리고 고농도의 당류나 소금을 녹인 용액에 시료를 침지시켜, 삼투압을 이용하여 탈수시키는 삼투압건조

방법(5)은 시료의 향과 맛의 손실 및 조직의 파괴와 갈변 등을 최소화하는 장점을 가지고 있으나(6), 삼투압건조에 사용되는 용질의 크기가 시료의 세공보다 작기에, 용질이 시료 내부에 침투하여 원형질막 분리 현상이 일어나 탈수 효율을 낮추고 시료의 품질을 저하시키는 단점이 있다(7,8). 따라서 삼투압건조의 문제점인 용질 침투 현상을 보완하는 연구가 보고되었는데, 시료의 세공 크기보다 큰 용질을 사용하여 원형질막 분리 현상이 일어나지 않고 세포벽을 경계로 농도차에 의해 생긴 압력에 의해 탈수되는 현상(cytorrhysis)을 이용하는 분자압축탈수 방법이 본 연구진에 의해 제시된 바 있다(9).

당근은 영양가가 높은 채소로 베타카로틴과 비타민 B군 등이 다량 함유되어 있는데, 특히 베타카로틴은 체내에서 reactive oxygen species(ROS)의 작용을 저해하여 암의 위험을 감소시키는데 도움을 준다고 알려져 있어(10), 즉석 셀러드 제품을 비롯하여 다양한 가공식품 원료로도 많이 사용되고 있다. 따라서 건조된 당근 절편을 이용한 가공식품 개

\*Corresponding author. E-mail: kbsong@cnu.ac.kr  
Phone: 82-42-821-6723, Fax: 82-42-825-2664

말을 위한 기초 연구로서, 본 연구에서는 cytorrhysis를 이용한 건조 방법으로 탈수제로 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 당근 절편에 처리하여 각 탈수제 농도에 따른 건조 특성 및 건조 후 당근 품질을 열풍건조 및 동결건조와 비교하여 그 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 당근은 2008년 수확한 것으로 흐르는 물에 수세하여 표면의 흙을 제거한 후 껍질을 벗기어 채칼을 이용하여 두께가  $1 \pm 0.5$  mm인 평판 형태로 절단하여 직경이 35 mm 이상의 시료를 실험재료로 사용하였다. 탈수제로 사용된 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린은 평균 분자량이 4000인 Sanyo Chemical(Kyoto, Japan)의 제품과 DE 11-14인 Shandong Baolingbao Biotech(Shandong, China)의 제품을 구입하여 사용하였다.

### 시료 건조

당근 절편 50 g에 분말 형태의 탈수제 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 30, 50, 80%(w/w)되게 각각 첨가하고, LDPE 필름(0.31 mm)에서 잘 혼합시켜 20°C shaking incubator에서 탈수되도록 진행하였다. 탈수 후 시료 표면의 탈수제를 제거하기 위해 수 초간 세척하고 물기를 제거한 후, 잔류 수분을 완전히 없애기 위해 20°C에서 방치하였다. 동결건조는 시료 50 g을 -70°C에서 동결시킨 후 동결건조기(FD-5508, Iishin Lab Co., Seoul, Korea)를 사용하여 24시간 동안 동결건조 하였다. 열풍건조는 시료 50 g을 열풍건조기(HB-502LP, Hanbaek Co., Bucheon, Korea)를 사용하여 70°C에서 24시간 건조하였다.

### 수분함량 측정

시료의 수분함량은 AOAC방법(11)에 의해 분석하였다. 건조기(C-DO, Chang Shin Scientific Co., Seoul, Korea)를 이용하여  $150 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 건조하여 분석하였고 시료마다 3회 반복 측정하였다. 건조 처리하기 전 당근의 수분함량은  $89 \pm 1\%$ 이었다.

### 복원율 측정

건조된 당근 시료 1 g을 100 mL 비이커 내 증류수 50 mL에 침지한 후, 항온수조를 이용하여 25°C에서 10분 간격으로 꺼내어 물기를 제거한 후 무게를 측정하였다. 복원율은 흡수된 물 무게 대비 시료 건물 무게(g/g)로 표시하였다.

### 카로틴 함량 측정

당근 시료의 카로틴 함량은 AOAC 방법(11)에 의해 측정하였다. 건조된 당근 시료를 믹서를 이용하여 1분 동안 분쇄한 후, 0.5 g 시료를 취하여 hexane과 acetone 혼합액(6:4, v/v) 25 mL를 150 mL 삼각플라스크에서 섞어 25°C에서

shaking incubator를 이용하여 카로틴을 추출하였다. 추출 후 glass filter를 이용하여 추출액을 여과하였고, 여과된 추출액을 150 mL 분액깔때기에 넣은 후 50 mL 증류수와 함께 3분 동안 흔들어 주었다. 그런 다음에 상등액을 취하여 spectrophotometer(LR-45227, Milton Spectronic Genesys 5, Ivyland, USA)를 이용하여 436 nm에서 흡광도를 측정하여 베타카로틴의 standard curve를 이용하여 정량분석 하였다.

### 색도 측정

건조된 시료의 색도 측정은 표준백판(L=97.47, a=-0.02, b=1.67)으로 보정된 colorimeter(CR-300 Minolta Chroma-meter, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter L, a 및 b 값을 측정하였다. 각 시료는 3회 반복하여 측정하였다.

### 관능검사

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

### 통계분석

모든 실험 결과의 유의성 검정은 SAS program(ver. 8.2) (12)을 사용하여  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 통계처리를 하였다. 실험 결과는 평균  $\pm$  표준편차로 나타냈다.

## 결과 및 고찰

### 수분함량 변화

당근 절편에 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 처리한 후 시간에 따른 수분함량의 변화를 분석하기 위해 2시간마다 당근 시료의 수분함량을 측정하였다. 탈수제 첨가 후 시간이 경과함에 따라 cytorrhysis 현상에 의해 수분함량이 감소하였는데, 처리 후 초기 2시간부터 탈수제 농도가 증가할수록 높은 탈수율을 보였고, 이러한 경향은 측정 8시간까지 지속되었다(Fig. 1). 탈수제 첨가 8시간 후 당근 시료의 수분함량은 30, 50, 80% 폴리에틸렌글리콜 처리에서 각각 61, 43, 36%이었고, 30, 50, 80% 말토덱스트린 처리에서는 77, 62, 57%로서 폴리에틸렌 글리콜 처리가 탈수효율 면에서 보다 우수하였다. 당근 시료에 남아있는 수분을 제거하여 건조 당근의 저장성을 향상시키기 위해 20°C에서 방치함으로써 추가적으로 건조하였는데, 최종 수분함량을 측정한 결과 모든 탈수제 처리 당근 시료의 수분함량은  $14 \pm 1\%$ 이었다. 본 연구 결과, 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린으로 처리된 당근 시료의 탈수 시간에 따른 탈수 양은 탈수제의 농도가 높을수록 많았는데, 이것은 용질의 농도가 높을수록 분자압

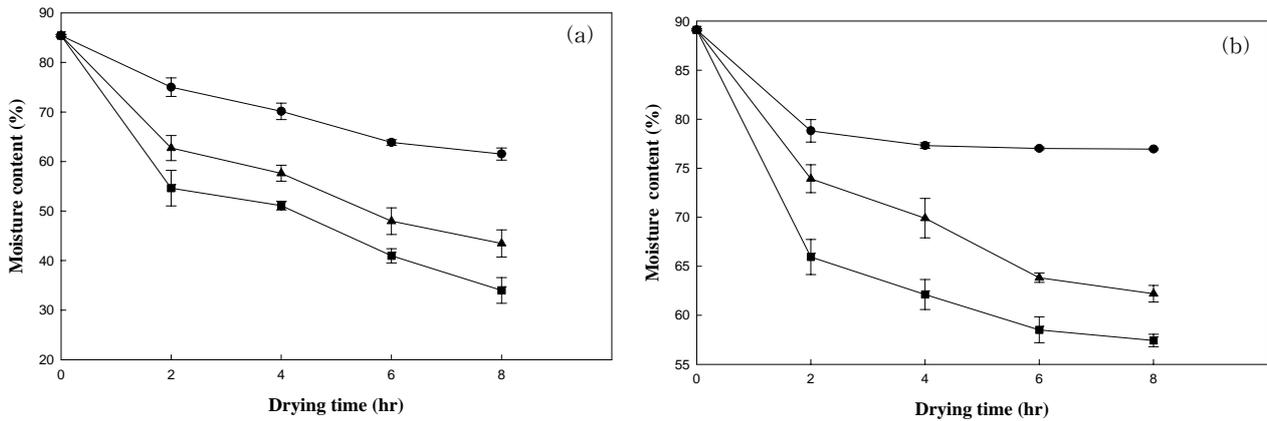


Fig. 1. Change in moisture content during drying of carrots using PEG and maltodextrin. (a) PEG, (b) maltodextrin. ●: 30%, ▲: 50%, ■: 80%. Bars represent standard error.

축탈수 과정에 있어서 세포벽에서의 압력 차이가 커지면서 탈수 양이 증가한 것으로 분석된다(9). 또한 폴리에틸렌글리콜 처리 당근의 탈수 양이 말토덱스트린 처리 당근의 탈수 양보다 많은 결과는 폴리에틸렌글리콜이 갖는 분자 특성이 말토덱스트린 분자보다 cytorrhysis 현상에 더 적합한 것으로 판단되며, 분자 유형에 따른 분자압축탈수 효율 등에 있어서 차이에 대한 보다 심층적인 향후 연구가 더 필요하다고 판단된다.

색도 측정

당근의 품질에서 색도는 가장 중요한 지표 중 하나이다. 건조 처리된 당근의 색도 측정 결과(Table 1), 폴리에틸렌글리콜이나 말토덱스트린으로 처리한 당근의 Hunter L값은 68 내외로 오히려 대조구보다 높았고 동결건조 처리 시료는 73으로 가장 높은 값을 나타내었는데, 이는 건조 과정 중 탈색이 진행되어 L값이 증가된 것으로 판단된다(13). 이와는 대조적으로 열풍건조 처리 시료는 54로 작은 값을 나타냈는데, 그 이유로는 열풍건조 과정에서 당근 시료의 변색이 일어나서 L값이 감소한 것으로 판단된다(14,15). Hunter a,

b값의 결과, 동결건조와 열풍건조 처리 당근 시료와 비교해서 본 연구에서의 탈수제 처리 당근 시료의 a, b값이 더 높게 나왔는데 이것은 카로틴의 함량이 높을수록 a, b값이 높다는 연구 보고(16)를 고려할 때, 탈수제 처리가 당근의 건조 과정에 있어서 카로틴의 손실을 방지할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 처리함으로써 당근 시료와 산소와의 접촉을 차단하고 효소의 활성을 최소화함으로써 건조 시 색의 변화를 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다(13).

복원율 측정

각각 다른 조건으로 건조된 당근을 60분간 복원을 한 후 복원율을 측정하였다. 건조된 당근은 초반 10분까지는 동결건조, 폴리에틸렌글리콜 처리, 열풍건조, 말토덱스트린 처리 시료 순으로 나타났으나, 그 후 복원 시간이 경과되면서 폴리에틸렌글리콜 처리 시료가 동결건조 시료보다 높은 복원율을 보였고, 말토덱스트린 처리 시료는 열풍건조 처리 시료보다 높으나 동결건조 시료보다는 낮은 복원율을 보였다(Fig. 2). 복원이 완료된 후, 탈수제 처리 시료 중 80% 폴리에틸렌글리콜로 처리된 시료가 9.0 g/g으로 가장 높은 복원율을 나타냈으며, 또한 탈수제의 처리 농도가 높을수록 복원율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 탈수제 처리 시료가 열풍건조 시료보다 높은 복원율을 가지는 것은 폴리에틸렌글리콜이나 말토덱스트린 같은 고분자 물질을 탈수제로 이용한 건조 방법이 시료의 세포 조직의 파괴를 방지하고, 또한 건조 후 친수성 감소를 최소화하는 특성 때문이라고 판단된다(17). 이러한 당근 시료 본래의 조직감 유지와 관련해서는, 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린 처리로 건조된 시료의 복원 후 사진에서도 당근의 신선한 본래의 형태를 유지하는 것을 알 수 있었다(Fig. 3).

카로틴 함량 분석

카로틴은 당근에 다량 함유되어 있는 중요한 지표성분으로 건조 당근의 품질 평가의 척도가 될 수 있다. 건조 당근의

Table 1. Hunter color values of freeze dried, hot-air dried, PEG-treated, and maltodextrin-treated carrots

	Color parameter		
	L	a	b
Control <sup>1)</sup>	61.13±0.37 <sup>c2)</sup>	23.15±0.18 <sup>c</sup>	59.41±1.09 <sup>a</sup>
FD	73.38±1.19 <sup>a</sup>	22.84±0.71 <sup>c</sup>	50.63±1.98 <sup>c</sup>
HD	53.82±0.11 <sup>e</sup>	18.11±0.45 <sup>d</sup>	43.25±0.30 <sup>d</sup>
Maltodextrin (30%)	67.75±0.23 <sup>b</sup>	28.36±0.31 <sup>ba</sup>	54.85±0.98 <sup>bc</sup>
Maltodextrin (50%)	68.72±0.59 <sup>b</sup>	27.85±1.32 <sup>bac</sup>	56.03±1.63 <sup>b</sup>
Maltodextrin (80%)	67.93±0.36 <sup>b</sup>	28.70±0.53 <sup>a</sup>	56.01±0.85 <sup>b</sup>
PEG (30%)	67.75±0.23 <sup>c</sup>	28.93±0.24 <sup>a</sup>	50.01±0.15 <sup>c</sup>
PEG (50%)	68.72±0.59 <sup>b</sup>	27.32±0.48 <sup>b</sup>	53.45±0.41 <sup>b</sup>
PEG (80%)	67.93±0.36 <sup>b</sup>	27.13±0.21 <sup>b</sup>	50.70±0.44 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Control: raw carrots, FD: freeze dried carrots, HD: hot-air dried carrots.

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

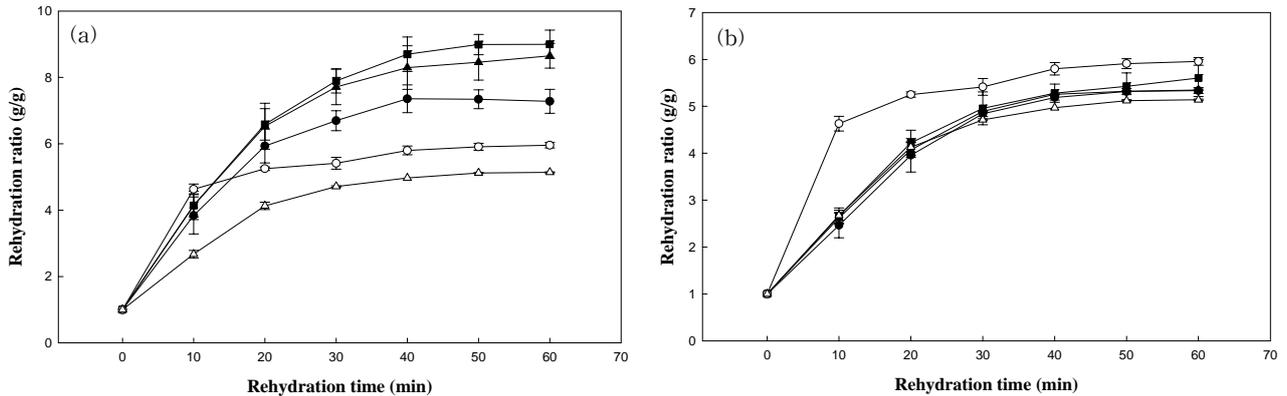


Fig. 2. Rehydration ratio of dried carrots. (a) PEG, (b) maltodextrin. ●: 30%, ▲: 50%, ■: 80%, ○: freeze drying, △: hot air drying. Bars represent standard error.

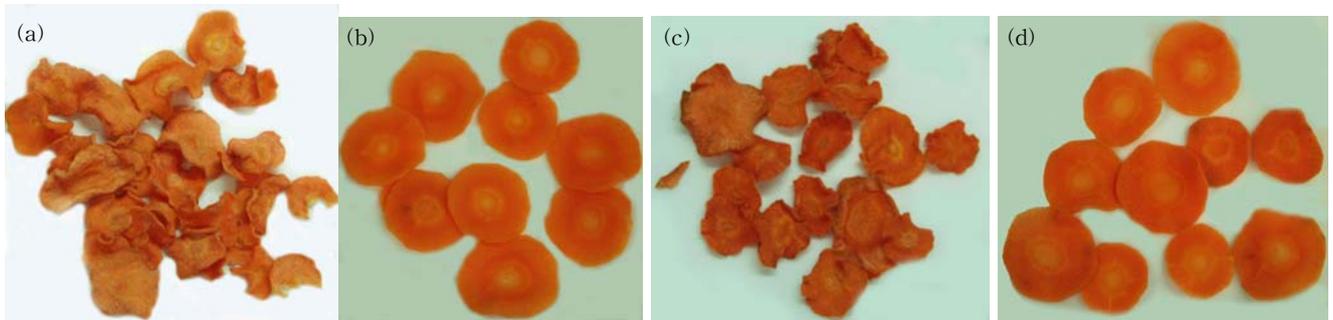


Fig. 3. Photos of PEG-treated carrots before/after rehydration. (a) PEG-treated carrots, (b) After rehydration of dried carrots (PEG), (c) Maltodextrin-treated carrots, (d) After rehydration of dried carrots (Maltodextrin).

카로틴 함량 측정 결과, 대조구의 신선한 당근의 카로틴 함량은 1,390 µg/g이었고, 50% 폴리에틸렌글리콜 처리 시료는 1,350 µg/g로 가장 높은 함량을 나타냈으며, 동결건조, 말토덱스트린 처리, 열풍건조 처리된 당근 시료 순으로 카로틴을 함유하였다(Table 2). 열풍건조 처리가 가장 낮은 카로틴 함량을 가졌는데, 이러한 결과는 열풍건조 중에 높은 온도 등에 의해 카로틴이 손실된 것으로 판단된다(18). 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린 처리의 경우 열풍건조 조건인 높은

온도에 의해 쉽게 파괴되는 카로틴의 손실이 상대적으로 적었다. 따라서 이러한 결과는 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린 탈수제 처리 공정이 동결건조와 같이 바람직한 건조 방법이면서도 비용, 건조 시간 등 측면에서 동결건조보다 장점이 있음을 시사한다.

관능평가

건조된 당근을 복원한 후 관능평가를 실시하였다. 관능평가는 복원된 당근 시료의 향, 색도, 물성, 모양 및 전반적 측면에 관해 이루어졌는데, 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린 처리 시료가 동결건조, 열풍건조 시료보다 모든 평가 요소에서 더 높은 점수를 받았다(Table 3). 특히 물성에서도 두 탈수제 처리 시료가 모두 동결건조, 열풍건조 시료보다 더 좋은 평가를 받았다. 그러나 각 탈수제 처리 농도의 차이에 따른 관능평가에서의 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 한편 열풍건조 시료의 경우 관능평가에서 가장 낮은 점수를 받았는데, 이것은 건조 과정 중 높은 온도에 의한 시료의 변색과 조직의 파괴 등 품질에 나쁜 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 본 연구 결과, 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 이용한 당근 절편의 건조 방법은 시료의 영양성분 손실 및 세포의 파괴를 최소화하고 신선한 시료 본래의 상태로 복원될 수 있기에, 저렴한 비용과 간편한 방법으로 품질이

Table 2. Crude carotene content of freeze dried, hot-air dried, PEG-treated, and maltodextrin-treated carrots

Drying method	Carotene (µg/g)
Control <sup>1)</sup>	1390 ± 7.10 <sup>a2)</sup>
FD	920 ± 7.32 <sup>d</sup>
HD	770 ± 2.03 <sup>e</sup>
Maltodextrin (30%)	823 ± 24.85 <sup>gf</sup>
Maltodextrin (50%)	844 ± 7.10 <sup>f</sup>
Maltodextrin (80%)	906 ± 7.46 <sup>d</sup>
PEG (30%)	1085 ± 9.94 <sup>c</sup>
PEG (50%)	1350 ± 13.67 <sup>a</sup>
PEG (80%)	1310 ± 17.40 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Control: raw carrots, FD: freeze dried carrots, HD: hot-air dried carrots.

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

Table 3. Sensory evaluation of freeze dried, hot-air dried, PEG-treated, and maltodextrin-treated carrots

	Organoleptic parameter				
	Odor	Color	Texture	Appearance	Overall
Control <sup>1)</sup>	9.00±0.00 <sup>a2)</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>
FD	5.00±1.63 <sup>c</sup>	6.00±1.94 <sup>b</sup>	4.80±1.75 <sup>c</sup>	5.00±1.49 <sup>c</sup>	5.30±1.06 <sup>c</sup>
HD	3.70±1.77 <sup>d</sup>	3.90±1.45 <sup>c</sup>	3.20±1.75 <sup>d</sup>	3.60±1.65 <sup>d</sup>	3.80±1.40 <sup>d</sup>
Maltodextrin (30%)	6.00±2.16 <sup>b</sup>	6.70±1.57 <sup>b</sup>	6.60±1.26 <sup>b</sup>	6.70±1.49 <sup>b</sup>	6.80±1.03 <sup>b</sup>
Maltodextrin (50%)	6.00±1.83 <sup>b</sup>	6.50±1.18 <sup>b</sup>	6.70±1.25 <sup>b</sup>	6.90±1.10 <sup>b</sup>	7.20±0.92 <sup>ba</sup>
Maltodextrin (80%)	6.10±1.91 <sup>b</sup>	6.50±1.35 <sup>b</sup>	6.20±1.48 <sup>b</sup>	6.50±1.51 <sup>b</sup>	6.80±0.92 <sup>b</sup>
PEG (30%)	6.40±1.51 <sup>b</sup>	6.70±0.82 <sup>b</sup>	6.60±0.84 <sup>b</sup>	6.60±1.07 <sup>b</sup>	6.90±0.88 <sup>b</sup>
PEG (50%)	6.60±1.07 <sup>b</sup>	6.70±1.06 <sup>b</sup>	6.20±1.03 <sup>b</sup>	6.70±1.06 <sup>b</sup>	7.10±1.10 <sup>b</sup>
PEG (80%)	6.40±1.26 <sup>b</sup>	6.40±0.70 <sup>b</sup>	6.00±1.15 <sup>b</sup>	6.30±0.95 <sup>b</sup>	6.70±0.95 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Control: raw carrots, FD: freeze dried carrots, HD: hot-air dried carrots.

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

우수한 건조 당근을 얻을 수 있다고 판단된다.

### 요 약

폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 30, 50, 80% 농도로 처리하여 당근 절편을 건조한 후 동결건조와 열풍건조 처리된 시료와 복원율, 색도, 카로틴 함량, 관능평가 등을 비교, 분석하였다. 당근의 건조시간에 따른 탈수 양은 두 탈수제 모두 탈수제의 농도가 높을수록 최종 탈수되는 수분량이 많게 나타났으며 폴리에틸렌글리콜의 탈수 양이 말토덱스트린보다 많았다. 폴리에틸렌글리콜 처리 당근의 복원율과 카로틴 함량은 다른 건조 방법에 의한 시료보다 61, 67% 정도 높게 나타났다. 또한 색도와 관능 평가에서는 두 탈수제 첨가 처리에 의한 건조방법이 동결건조와 열풍건조와 비교하여 보다 우수한 것으로 분석되어졌다. 따라서 본 연구 결과, 폴리에틸렌글리콜과 말토덱스트린을 이용한 당근의 건조는 시료의 영양 성분 손실 및 세포의 파괴를 최소화하고 신선한 시료 본래의 상태로 복원될 수 있는 효율적인 건조 방법이라고 판단된다.

### 감사의 글

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

### 문 헌

- Mazza G. 1983. Dehydration of carrots: Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. *J Food Technol* 18: 113-123.
- Dalgleish JM. 1990. *Freeze Drying for the Food Industries*. Elsevier Applied Science, London, UK. p 57-59.
- Krokida MK, Maroulis ZB, Saravacos GD. 2001. The effect

of the method of drying on the color of dehydrated products. *Int J Food Sci Technol* 36: 53-59.

- George JP, Datta AK. 2002. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slice. *J Food Eng* 52: 89-93.
- Pointing JD, Watters GG, Ferry RR, Jacson R, Stanley WL. 1966. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol* 20: 1365.
- Youn KS, Choi YH. 1995. Mass transfer characteristics in the osmotic dehydration process of carrots. *Korean J Food Sci* 27: 387-393.
- Singh B, Panesar PS, Nanda V. 2008. Osmotic dehydration kinetics of carrot cubes in sodium chloride solution. *Int J Food Sci Technol* 10: 1361-1370.
- Raoult-Wack AL. 1994. Recent advance in the osmotic dehydration of foods. *Trends Food Sci Technol* 5: 225-260.
- Soe HC, Yu MS. 2004. Molecular press dehydration of plant tissues using soluble high-molecular weight dehydrating agent. *Korean Patent* 10-0444843.
- Ong DE, Chytil F. 1983. Vitamin A and Cancer. In *Vitamins and hormones*. Aurbach GD, ed. Academic Press, New York, USA. p 105-112.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analysis Chemists, Washington, DC, USA.
- SAS Institute. 2001. *SAS system for windows*. Version 8.2. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- Youn KS, Choi YH. 1997. Optimization for the process of osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *Food Eng Prog* 1: 35-41.
- Lin TM, Durance TD, Scaman CH. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Res Int* 31: 111-117.
- Howard LR, Braswell DD, Aselage J. 1996. Chemical composition and color of strained carrots as affected by processing. *J Food Sci* 61: 327-330.
- Koca N, Burdurlu HS, Karadeniz F. 2007. Kinetic of colour changes in dehydrated carrots. *J Food Eng* 78: 449-455.
- Vega-Gálvez A, Lemus-Mondaca R, Bilbao-Sáinz C, Fito P, Andres A. 2007. Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (Var. Lamuyo). *J Food Eng* 85: 42-50.
- Wagner LA, Warthesen JJ. 1995. Stability of spray dried encapsulated carrot carotenes. *J Food Sci* 60: 1048-1053.

(2008년 10월 9일 접수; 2008년 11월 18일 채택)