

## 삼투건조와 열풍건조의 조합이 사과 건조제품의 품질에 미치는 영향

최희돈\* · 이해창 · 김윤숙 · 최인욱 · 박용곤 · 석호문

한국식품연구원

### Effect of Combined Osmotic Dehydration and Hot-air Drying on the Quality of Dried Apple Products

Hee-Don Choi\*, Hae-Chang Lee, Yun-Sook Kim, In-Wook Choi, Yong-Kon Park, and Ho-Moon Seog

Korea Food Research Institute

**Abstract** This study was conducted to investigate the effects of combined osmotic dehydration and hot-air drying on the quality of dried apple products. Apple cylinders were steeped in 30% and 50% sucrose solutions at different steeping times. During the osmotic dehydration, as the concentration of the sucrose solution and steeping time increased, weight reduction and water loss increased, and the solid gain showed similar results. Osmotic dehydration in the sucrose solutions was followed by hot-air drying at 50 and 70°C. The experimental data were fitted successfully using the modified Page model. At the drying temperature of 50°C, the drying time increased from 4.15 hr for the control to 5.78 hr and 6.42 hr for the 30 and 50% sucrose solution treatments, respectively. Similar results were shown at the 70°C drying temperature. The k and n values of the apple cylinders decreased by osmotic dehydration, and the k and n of the apple cylinders steeped in the 50% sucrose solution were lower than those of the samples steeped in the 30% sucrose solution. The qualities of the dried apple products were compared to samples that did not undergo osmotic dehydration. The shrinkage and rehydration capacity of the apple products decreased via osmotic dehydration, and decreased as the concentration of the sucrose solution increased. The compressibility ratios of the apple products to raw apple cylinders increased by osmotic dehydration, and increased as the concentration of sucrose solution increased. The sensory evaluation results for the apple products rehydrated in yoghurt indicate that osmotic dehydration greatly enhances the palatability of apple products in terms of appearance, taste, and texture.

**Key words:** osmotic dehydration, hot-air drying, apple, dried product, quality

## 서 론

과일은 색과 향미, 맛 등을 부여하는 기호식품일 뿐 아니라 여러 가지 영양성분들을 인체에 제공하는 등 식품산업에 있어서 매우 중요한 역할을 담당하고 있으며, 이를 건조시킨 과일 건조제품은 제빵, 제과, 아이스크림, 요거트 등 다양한 가공제품에 광범위하게 사용되는 중요한 원료이다. 식품건조에서 가장 많이 이용되는 열풍건조는 상변화를 일으키는 열량과 질량 이동이 동시에 발생하는 공정으로서 건조에 의한 수분제거 및 수분활성도 감소에 의해 미생물에 의한 부패 위험을 낮추어 식품을 장기 보존할 수 있게 한다(1). 그러나 수분제거를 위해서는 높은 온도와 긴 건조시간이 요구되기 때문에 건조식품의 향미, 색, 영양성분 등에 악영향을 미쳐 식품의 영양적, 관능적 가치에 심각한 감소를 일으킬 수 있다(2).

좋은 품질의 과일 건조제품을 생산하는 방법으로서 에너지 소비를 감소하고 품질을 증진시킬 수 있는 삼투건조와 같은 예비건

조 처리 방법이 활용되고 있다(3). 삼투건조는 과일과 채소 등의 고상식품을 높은 삼투압의 당과 염 용액에 담그어 둠으로써 농축하는 유용한 기술로서 이때 식품과 용액 사이에 3가지 흐름이 존재한다. 한 흐름은 용액에서 식품속으로 용질의 확산이며 다른 한 흐름은 식품에서 용액속으로의 수분의 흐름인데 용질의 확산보다는 수분의 확산이 빠르므로 결과적으로 건조가 이루어진다(4). 나머지 한 흐름은 식품으로부터 용출된 당, 유기산, 미네랄 등의 성분들의 용액으로의 흐름으로서 양적으로는 미약하지만 건조제품의 관능적 기호와 영양적 가치에 영향을 미친다(5). 삼투건조는 열에 의한 색과 맛, 향기의 손상을 최소화하고 건조시 변색을 막아 줄 뿐만 아니라 신맛을 제거하고 단맛을 증가시킬 수 있어 기호성을 향상시킬 수 있는 건조방법(6)이지만, 상당히 긴 건조시간이 소요되기 때문에 제품 품질에 영향을 미치지 않으면서 물질이동을 증진시키기 위한 추가적인 방법이 필요하다(7). 따라서 과일, 채소 건조시 양호한 품질의 건조제품을 제조하고 건조시간을 단축하기 위하여 열풍건조, 진공건조 등의 전통적 건조방법의 전처리 방법으로서 삼투건조가 많이 활용되고 있다(8,9).

따라서 본 연구에서는 사과를 이용하여 삼투건조와 열풍건조의 조합이 사과 건조제품의 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 당 용액의 농도와 침지시간 그리고 열풍건조의 온도를 달리하여 사과 건조제품을 제조하였으며, 삼투건조시의 물질이동 특성, 열풍건조시의 건조특성 및 사과 건조제품의 품질을 분석한 결과를 보고하고자 한다.

\*Corresponding author: Hee-Don Choi, Korea Food Research Institute, 516 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9068  
Fax: 82-31-709-9876  
E-mail: chdon@kfri.re.kr  
Received October 11, 2007; accepted November 22, 2007

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 사과는 2006년산 후지 품종으로 시중에서 구입하여 10°C에서 보관하며 사용하였으며, borer와 칼을 이용하여 실린더 형태(직경 1 cm, 길이 1 cm)로 절단한 후 실험에 사용하였다.

### 삼투건조

실린더 형태로 절단한 사과를 30%와 50% sucrose 용액에 1:10 (w/v)의 비율로 혼합한 후 30°C로 조정된 shaking incubator에서 100 rpm의 속도로 회전하면서 3, 6, 15시간 동안 침지하였다. 침지한 사과 실린더를 건져낸 후 표면에 부착된 sucrose를 제거하고 여과지를 이용하여 표면수분을 제거한 후 분석을 행하였다.

### 삼투건조시 물질이동

삼투건조 중 수분손실과 용질의 이동은 시료 내부의 용질이 삼투압 용액에 대하여 확산작용이 일어나지 않으며 삼투압 용액의 농도는 균일하다는 가정하에서 구하였고, 삼투건조시 물질이동은 중량감소(weight reduction), 수분손실(water loss) 및 고형분 증가(solid gain)를 각각 아래의 식에 따라 나타내었다(10).

$$\text{weight reduction (\%)} = \frac{w_0 - w}{w_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{water loss (\%)} = \frac{w_{w0} - w_w}{w_0} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{solid gain (\%)} = \frac{w_s - w_{s0}}{w_0} \times 100 \quad (3)$$

여기에서,

$w_0$ : initial weight of the sample (g)

$w$ : weight of the sample at time  $t$  (g)

$w_{w0}$ : initial weight of water in the sample (g)

$w_w$ : weight of water in the sample at time  $t$  (g)

$w_{s0}$ : initial weight of soluble solids in the sample (g)

$w_s$ : weight of soluble solids in the sample at time  $t$  (g)

이때 삼투건조된 사과 실린더의 수분함량은 105°C 건조법을 사용하였고, 가용성 고형분은 사과 실린더를 착즙한 착즙액의 당도를 굴절당도계(ATAGO, No. 1, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

### 열풍건조 및 건조특성

30%와 50% sucrose 용액으로 15시간 동안 30°C incubator에서 침지하여 삼투건조한 사과 실린더를 50°C와 70°C로 조정된 열풍 건조기에서 최종 수분함량이 0.2 g water/g dry solids될 때까지 건조하였으며, 1시간마다 건조물을 꺼내어 수분정량하였다. 이때 삼투건조하지 않은 생사과 실린더를 대조구로 하여 건조특성을 비교하였다.

열풍건조된 사과 실린더의 건조특성을 조사하기 위하여 측정된 데이터를 실험적 지수 model인 Page model(Eq. (4))을 변형한 model에 적용하여 지수  $n$ 과  $k$ 를 구하였고 수분함량이 0.2 g water/g dry solids될 때까지 소요되는 건조시간을 산출하였다(11).  $M_e$ 는  $M$ 과  $M_0$ 에 비해 매우 작은 값이기 때문에  $(M - M_e)/(M_0 - M_e)$ 를  $M/M_0$ 로 바꾸어 사용하였다(12).

$$\text{Moisture ratio (MR)} = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt^n) \quad (4)$$

여기에서,

MR: the ratio of the free water still to be removed at time  $t$  to the total free water initially available

$M$ : moisture content of the sample at time  $t$  (g water/g dry solids)

$M_0$ : initial moisture content of the sample (g water/g dry solids)

$M_e$ : equilibrium moisture content of the sample (g water/g dry solids)

$k$ : drying rate constant ( $\text{hr}^{-1}$ )

$n$ : dimensionless exponent

### 건조제품의 이화학적 특성

일정 개수의 생사과 실린더를 눈금실린더에 넣고 좁쌀을 일정량 부어 평형에 도달할 때까지 두드린 다음 측정된 부피에서 좁쌀의 부피를 빼 시료의 부피로 하였고 동일 개수의 사과 건조제품의 경우에도 위와 동일한 방법으로 부피를 측정하였으며, 수축도(shrinkage)는 건조에 의해 감소된 부피를 생사과 실린더의 부피로 나누어 계산하였다. 사과 건조제품을 20°C의 과량의 증류수에 15시간 동안 침지하여 복원시키고 여과지 위에서 작은 압력으로 1분간 여과한 후 중량을 측정하였으며, 복원력(rehydration capacity)은 복원된 시료와 복원전의 시료의 중량비로 나타내었다(13). 복원된 사과 건조제품의 조직감은 Texture analyzer(TA-XT2 model, Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였으며, 복원한 사과 건조제품을 직경 40 mm cylindrical puncture probe로 1.0 mm/sec의 test speed에서 시료 높이의 60%까지 압착하여 걸리는 힘으로 강도를 측정하였고 생사과의 측정값에 대한 비로 나타내었다. 그리고 건조제품의 색도는 색차계(ColorQUEST II, HunterLab, Cambridge, MA, USA)를 이용하여 L, a, b 값을 측정하였다.

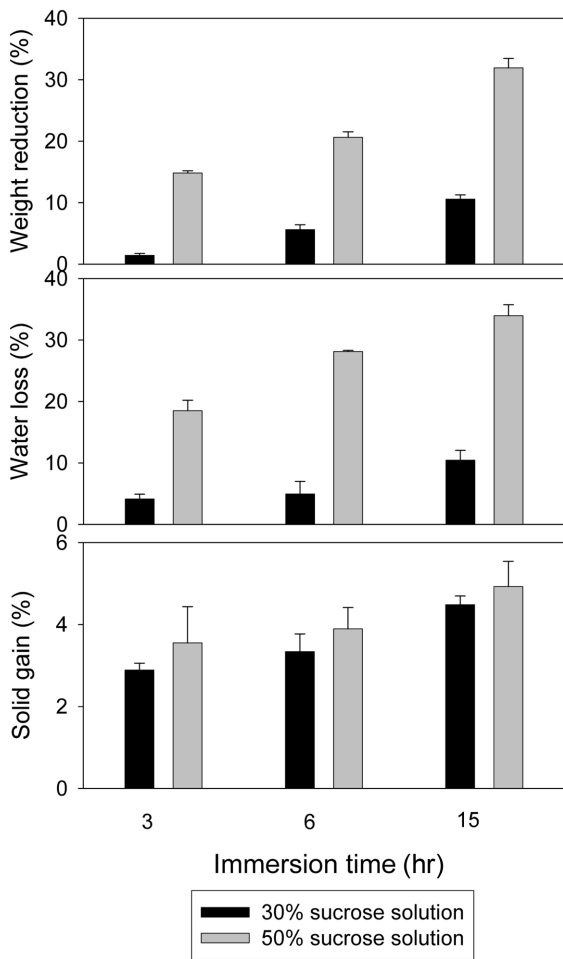
### 관능검사 및 통계처리

사과 건조제품을 plain yoghurt에 4°C에서 24시간 동안 침지하여 복원시킨 후 훈련된 관능검사원을 대상으로 외관, 맛, 조직감 및 종합적 기호도에 대하여 9점 기호척도법으로 관능검사를 실시하였으며, 결과를 SAS 통계 프로그램을 이용하여 분산분석을 하고 Duncan's multiple range test로 시료간 유의차를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 삼투건조시 물질이동 특성

건조 중 사과 실린더의 중량감소는 30% sucrose 용액 침지 시  $1.44 \pm 0.30$ - $10.58 \pm 0.69\%$ , 50% sucrose 용액 침지 시  $14.84 \pm 0.35$ - $31.93 \pm 1.54\%$ 로 침지용액의 농도와 침지시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 침지시간 보다는 침지용액의 농도가 중량감소에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fig. 1). 수분손실도 30% sucrose 용액 침지 시  $4.13 \pm 0.81$ - $10.45 \pm 1.59\%$ , 50% sucrose 용액 침지 시  $18.52 \pm 1.69$ - $33.96 \pm 1.78\%$ 로 침지용액의 농도와 침지시간이 증가함에 따라 증가하였으며, 중량감소와 마찬가지로 침지시간 보다는 침지용액의 농도가 수분손실에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다(Fig. 1). Mandala 등(10)은 사과를, Falade 등(14)은 수박을, 그리고 Hong 등(15)은 키위를 이용하여 침지용액

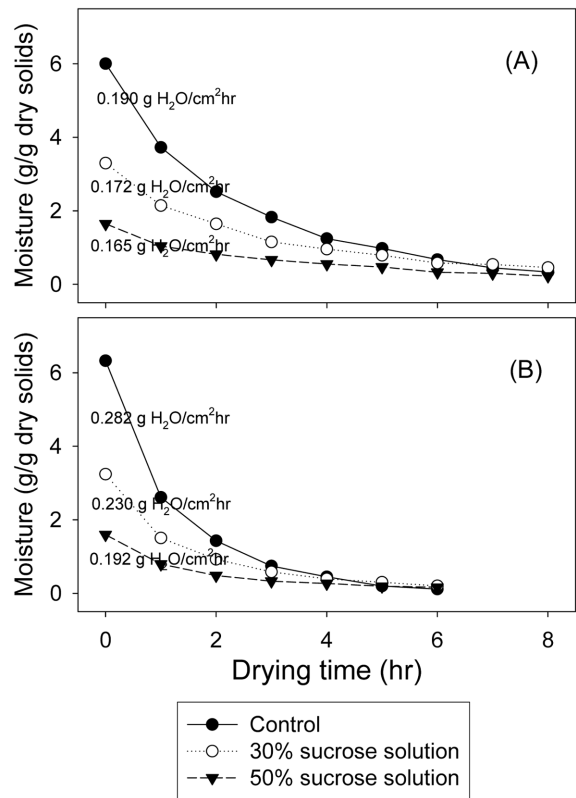


**Fig. 1.** Weight reduction, water loss and solid gain of osmotically dehydrated apple cylinders at different immersion times. Values represent the mean  $\pm$  SD of three replications.

의 농도와 침지시간을 달리하여 삼투건조한 결과 침지시간 보다는 침지용액의 농도가 중량감소와 수분손실에 큰 영향을 미친다고 하여 본 연구에서와 유사한 결과를 보고하였다. 한편 고형분 증가의 경우 30% sucrose 용액 침지 시  $2.89 \pm 0.17$ - $4.48 \pm 0.22\%$ , 50% sucrose 용액 침지 시  $3.55 \pm 0.89$ - $4.93 \pm 0.61\%$ 로 침지용액의 농도와 침지시간이 증가함에 따라 증가하였지만 고형분 증가의 값에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Fig. 1). 이상에서 보는 바와 같이 사과 실린더를 삼투건조하여 물질이동 특성을 조사한 결과 중량감소와 수분손실이 거의 유사한 값과 경향을 나타내어 삼투건조 시 발생하는 중량감소의 대부분은 수분손실에 기인한 것임을 알 수 있었고 또한 고형분 증가의 값이 크지 않은 것으로 보아 삼투건조 시 외부 용액으로부터 사과내로 침투되는 고형분의 양이 적은 것으로 판단되었다. Uddin 등(16)은 침지시간과 침지용액의 농도가 삼투건조 시 시료의 수분손실에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이며 온도의 영향은 비교적 적다고 하였고, 침지온도가 고형분 증가에 큰 영향을 미친다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다.

**Drying kinetics**

50°C와 70°C에서의 건조시간에 따른 사과 실린더의 수분함량 변화를 조사한 결과 건조온도가 증가함에 따라 건조속도가 현격



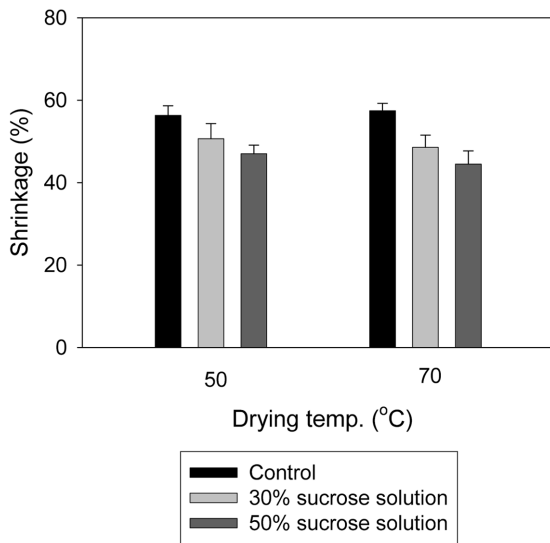
**Fig. 2.** Changes in moisture content of osmotically dehydrated apple cylinders at drying temperatures at 50°C (A) and 70°C (B) as a function of drying time.

히 증가하였으며, 침지용액의 농도가 증가함에 따라 사과 실린더의 초기 수분함량이 감소하였지만 초기 건조속도(1시간)도 함께 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 이상의 건조시간에 따른 사과 실린더의 수분함량 변화를 변형된 Page model에 적용하여 구한 직선으로부터 지수 n, k 및 건조시간을 산출하여 Table 1에 나타내었다. 건조온도 50°C의 경우 삼투건조하지 않은 대조구의 k와 n 값은 각각  $0.652 \text{ hr}^{-1}$ 과  $0.861$ 이었고 30%와 50% sucrose 용액으로 삼투건조한 처리구의 경우에는 k 값이 각각  $0.484 \text{ hr}^{-1}$ 과  $0.434 \text{ hr}^{-1}$ 로, n 값도 각각  $0.747$ 과  $0.701$ 로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 최종 수분함량이  $0.2 \text{ g water/g dry solids}$  될 때 까지 소요되는 건조시간의 경우 대조구의 4.15시간에서 30%와 50% sucrose 용액으로 삼투건조시 각각 5.78시간과 6.42시간으로 증가하는 것으로 나타났다. 한편 건조온도 70°C에서는 k 값의 경우 삼투건조하지 않은 대조구의  $2.76 \text{ hr}^{-1}$ 에서 30%와 50% sucrose 용액으로 삼투건조시 각각  $2.80 \text{ hr}^{-1}$ 과  $3.33 \text{ hr}^{-1}$ 로, n 값의 경우 대조구의 1.093에서 30%와 50% sucrose 용액으로 삼투건조시 각각  $0.716$ 과  $0.662$ 로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 건조시간의 경우 대조구의 2.76시간에서 30%와 50% sucrose 용액으로 삼투건조시 각각 2.80시간과 3.33시간으로 증가하는 것으로 나타났다. 즉 건조온도가 증가할수록 k 값이 증가하고, n 값과 건조시간이 감소하는 것으로 나타났다.

삼투건조시 발생하는 물리화학적 변화에 의해 열풍건조시 시료간 수분함량 변화에서 차이를 나타내는데 이는 삼투건조시 용질이 시료 표면에 침투되어 결정화되어 열풍건조 중 물질이동에 대해 내부저항이 증가(17,18)하기 때문이며, 또한 삼투건조시 이미 상당한 양의 수분이 제거되어 열풍건조 중 더 이상의 수분 제

**Table 1. Page's equation parameters for drying kinetics of osmotically dehydrated apple cylinders at different drying temperature**

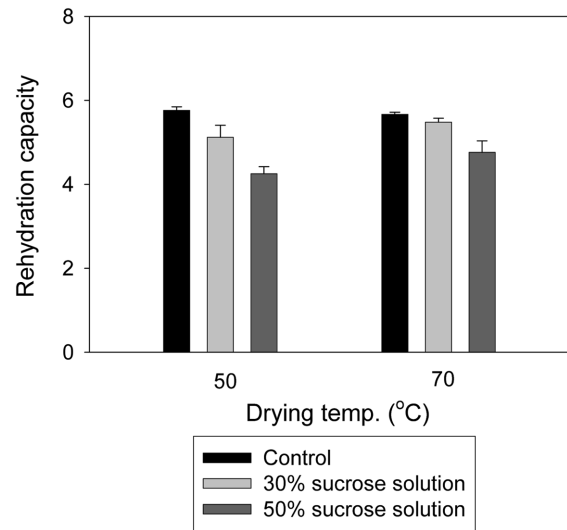
Drying temp. (°C)	Treatment	Drying time (hr)	Drying kinetics		
			k (hr <sup>-1</sup> )	n	r <sup>2</sup>
50	Control	4.15	0.652	0.861	0.930
	30% sucrose	5.78	0.484	0.747	0.915
	50% sucrose	6.42	0.434	0.701	0.957
70	Control	2.76	0.932	1.093	0.893
	30% sucrose	2.80	0.771	0.716	0.892
	50% sucrose	3.33	0.726	0.662	0.927

**Fig. 3. Shrinkage of apple products dried at drying temperatures at 50 and 70°C. Values represent the mean ± SD of three replications.**

거가 어려워지기 때문이다. 이와 같은 요인들에 의해 생사와 실린더가 삼투건조한 사과 실린더에 비해, 그리고 낮은 농도에서 삼투건조한 사과 실린더가 높은 농도에서 삼투건조한 사과 실린더에 비해 초기 수분함량은 높지만 건조시간이 더 짧은 것으로 판단된다. 물질내의 수분의 확산 속도를 나타내는 상수인 k 값의 경우에도 건조시간의 결과와 동일한 원인에 의해서 삼투건조 시, 그리고 침지용액의 농도가 높을 때 감소된 값을, 건조온도가 높을 때 증가된 값을 나타낸 것으로 판단된다. 시료의 수분함량에 대한 건조속도 의존성을 나타내는 n 값(19)은 수분함량이 높을 경우 높은 값을 나타내기 때문에 삼투건조한 사과 실린더보다는 삼투건조하지 않은 대조구가, 침지용액의 높은 농도보다는 낮은 농도에서의 삼투건조가 높은 n 값을 나타낸 것으로 판단된다.

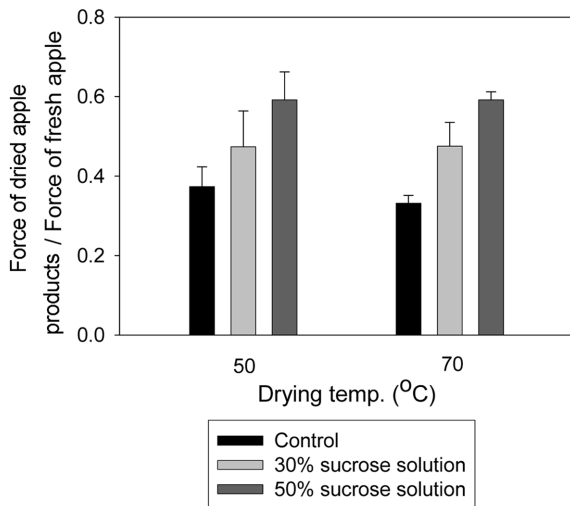
#### 사과 건조제품의 품질특성

건조하지 않은 생사와 실린더의 부피에 대한 사과 건조제품의 감소된 부피를 수축도로 나타낸 결과(Fig. 3), 50°C 열풍건조의 경우 대조구가 56.33±2.33%로서 가장 높은 값을 나타내었고, 30% sucrose 용액 처리구가 50.67±3.66%, 50% sucrose 용액 처리구가 47.00±2.11%를 나타내어 삼투건조에 의해 사과 건조제품의 수축이 감소하고 또한 침지용액의 농도가 증가할수록 수축이 감소함을 알 수 있었다. 70°C 열풍건조의 경우 50°C 열풍건조와 유사한 경향과 측정값을 나타내어 건조온도에 따른 차이는 거의 없음을 알 수 있었다. 식품의 건조중 발생하는 수축은 식품의 건조속도와 건조제품의 품질을 결정하는 중요한 역할을 하며,

**Fig. 4. Rehydration capacity of apple products dried at drying temperatures at 50 and 70°C. Values represent the mean ± SD of three replications.**

특히 과일, 채소의 건조에서 중요한 요소로서 건조에 의해 수분이 크게 감소할 때 식품을 구성하는 다당이 무게를 지탱하지 못하기 때문에 조직 붕괴가 발생한다(20). 수축은 식품의 초기 고형분 함량이 증가할수록 감소하기 때문에(21) 건조전에 식품 내부를 당으로 채운다면 건조중 식품의 조직붕괴가 감소할 것으로 기대되며, 식품을 고농도의 당 용액에 침지하는 삼투건조에 의해 부분적인 수분 제거와 용질의 흡착이 일어나 수축이 감소(22)하는 것으로 알려져 있다. del Valle 등(19)은 삼투건조한 사과 조각을 열풍건조할 때의 수축도를 측정할 결과 삼투건조에 의해 열풍건조한 사과 조각의 수축이 감소한다고 하였고, Ratti(23)는 건조온도(40°C와 60°C)와 상대습도(5-50%)의 차이에 따라 사과의 수축이 차이를 나타내지 않는다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다.

Fig. 4는 생사와 실린더를 삼투건조후 열풍건조한 사과 건조제품을 생사와 실린더를 삼투건조하지 않고 열풍건조한 대조구와 복원력을 비교한 결과이다. 50°C 열풍건조의 경우 대조구가 5.76±0.09로서 가장 높은 값을 나타내었고, 30% sucrose 용액 처리구가 5.12±0.29, 50% sucrose 용액 처리구가 4.25±0.17을 나타내어 삼투건조에 의해 사과 건조제품의 복원력이 감소하고 또한 침지용액의 농도가 높아질수록 복원력이 감소함을 알 수 있었다. 70°C 열풍건조의 경우 50°C 열풍건조의 결과와 유사한 경향과 약간 높은 측정값을 나타내었다. 삼투건조 시 당용액이 세포사이의 공간 및 세포벽을 따라 확산되어 삼투건조된 식품은 대조구에 비해 적은 다공성을 갖게 되고, 또 당이 세포벽 물질 표면에 흡착



**Fig. 5. Compressibility ratio of apple products dried at drying temperatures at 50 and 70°C to raw apple cylinders.** Values represent the mean  $\pm$  SD of three replications.

/결합하기 때문에 물의 침투가 어려워져 삼투건조된 식품의 복원력이 낮아진다(18).

Fig. 5는 열풍건조한 사과 건조제품을 복원시키고 압착력을 측정한 후 이를 생사과 실린더의 압착력에 대한 비로 나타낸 결과이다. 50°C 열풍건조의 경우 대조구가 0.37 $\pm$ 0.05로서 가장 낮은 값을 나타내었고, 30% sucrose 용액 처리구가 0.47 $\pm$ 0.09, 50% sucrose 용액 처리구가 0.59 $\pm$ 0.07을 나타내어 삼투건조에 의해 사과 건조제품의 압착력이 증가하고 또한 침지용액의 농도가 높아질수록 건조제품의 압착력이 증가하는 것으로 나타났다. 70°C 열풍건조의 경우 50°C 열풍건조와 유사한 경향과 측정값을 나타내어 건조온도에 따른 차이는 거의 없음을 알 수 있었다.

Table 2는 열풍건조한 사과 건조제품의 색도를 나타낸 결과로서 50°C 열풍건조의 경우 대조구의 적색도 a 값이 6.1 $\pm$ 0.3에서 30% sucrose 용액 처리구가 3.0 $\pm$ 0.3, 50% sucrose 용액 처리구가 4.7 $\pm$ 0.4로 감소하여 삼투건조에 의해 갈변이 억제되는 것으로 나타났으며, 70°C 열풍건조의 경우에도 유사한 경향이었다. L과 b

값은 a 값과 비교해 볼 때 건조온도의 변화 및 삼투건조에 의해 크게 변화하지 않았지만 50% sucrose 용액 처리시 다른 처리구에 비해 b 값이 다소 감소하는 것으로 나타났다.

사과 건조제품을 plain yoghurt에서 복원시킨 후 이에 대한 관능적 기호도를 측정된 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 외관, 맛, 조직감, 종합적인 기호도 등의 모든 관능검사 항목에서 삼투건조한 사과 건조제품이 삼투건조하지 않은 대조구에 비해 유의적으로 높은 기호도를 나타내어 삼투건조가 사과 건조제품의 기호도 향상에 크게 기여하는 것으로 나타났다. 반면 침지용액의 농도를 달리하여 제조한 사과 건조제품 사이에는 유의적인 기호도 차이가 나타나지 않았다. 삼투건조한 사과 건조제품의 경우 사과 고유의 밝은 노란색을 띠는 반면 삼투건조하지 않은 대조구는 갈변에 의해 갈색을 띠어 낮은 기호도를 나타내었고, 맛에 대한 기호도에서 삼투건조한 사과 건조제품은 침지용액의 당에 의해 단맛이 부여되고 또한 풍부한 사과향을 나타내어 높은 기호도를 나타내었다. 조직감에 대한 기호도에서도 삼투건조한 건조제품이 대조구에 비해 유의적으로 높은 기호도를 나타내었는데 이는 삼투건조한 건조제품이 대조구에 비해 열풍건조에 의한 수축이 적고 복원력이 크지 않아 복원후 조직내에 함유된 수분의 양이 적어 견고한 조직을 유지하기가 쉽기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 사과 건조제품은 삼투건조에 의해 갈변이 억제되어 사과 본래의 색을 나타내면서 단맛과 풍부한 사과향을 나타낼 뿐만 아니라 복원하였을 때 삼투건조하지 않은 대조구에 비해 생사과에 근접한 조직감을 나타내기 때문에 yoghurt 등의 가공제품에 적용하고자 할 때 절단한 사과 조각을 열풍건조에 앞서 삼투건조 처리하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

## 요 약

삼투건조와 열풍건조의 조합이 사과 건조제품의 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 삼투건조시 물질이동 특성과 열풍건조시 건조특성, 그리고 사과 건조제품의 품질을 조사하였다. 삼투건조시 침지용액의 농도와 침지시간이 증가함에 따라 중량감소와 수분손실이 증가하였으며 고형분 증가도 같은 경향을 나타내었다. 열풍건조시 건조시간에 따른 사과 실린더의 수분함량 변

**Table 2. Color of apple products dried at different drying temperatures**

Drying temp. (°C)	Treatment	L	a	b
50	Control	77.3 $\pm$ 0.4 <sup>1)</sup>	6.1 $\pm$ 0.3	31.1 $\pm$ 0.6
	30% sucrose	78.9 $\pm$ 0.6	3.0 $\pm$ 0.3	32.0 $\pm$ 1.4
	50% sucrose	72.3 $\pm$ 0.3	4.7 $\pm$ 0.4	27.3 $\pm$ 0.5
70	Control	75.1 $\pm$ 0.7	7.2 $\pm$ 0.1	32.1 $\pm$ 1.0
	30% sucrose	79.4 $\pm$ 1.3	2.8 $\pm$ 0.7	36.2 $\pm$ 0.3
	50% sucrose	75.2 $\pm$ 0.2	4.4 $\pm$ 0.6	28.9 $\pm$ 2.8

<sup>1)</sup>Each value represents mean  $\pm$  S.D.

**Table 3. Sensory evaluation of dried apple products rehydrated in plain yoghurt**

Treatment	Appearance	Taste	Texture	Overall palatability
Control	5.6 $\pm$ 0.7 <sup>1),b2)</sup>	5.1 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup>	5.4 $\pm$ 1.2 <sup>b</sup>	5.2 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>
30% Sucrose	6.7 $\pm$ 1.1 <sup>a</sup>	6.9 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>	6.8 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	7.1 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>
50% Sucrose	7.0 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	7.1 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	7.1 $\pm$ 0.6 <sup>a</sup>	7.2 $\pm$ 0.7 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value represents mean  $\pm$  S.D.

<sup>2)</sup>Values with the same letter in the same column are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

화를 Page model에 적용하여 지수  $n$ ,  $k$  및 건조시간을 산출하였다. 건조온도 50°C에서 건조시간이 대조구의 4.15시간에서 30%와 50% sucrose 용액 처리시 각각 5.78시간과 6.42시간으로 증가하였으며, 건조온도 70°C에서도 유사한 경향인 것으로 나타났다. 삼투건조에 의해  $k$ 와  $n$  값이 감소하였고 삼투용액의 농도가 높을수록 더욱 감소하는 것으로 나타났다. 삼투건조한 사과 건조제품의 품질을 삼투건조하지 않은 사과 건조제품과 비교하였다. 삼투건조에 의해 건조제품의 수축도와 복원력이 감소하였고 침지용액의 농도가 높을수록 감소하는 것으로 나타났다. 압착력은 삼투건조에 의해 증가하였고 침지용액의 농도가 높을수록 증가하는 것으로 나타났다. 복원한 사과 건조제품에 대한 관능적 기호도 측정 결과 외관, 조직감, 종합적인 기호도 등의 모든 관능검사 항목에서 삼투건조한 사과 건조제품이 삼투건조하지 않은 대조구에 비해 유의적으로 높은 기호도를 나타내었다.

## 문 헌

1. Barbanti D, Mastrocola D, Severini C. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. *Sci. Aliment.* 14: 61-73 (1994)
2. Lenart A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. *Dry. Technol.* 14: 391-413 (1996)
3. Torreggiani D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Res. Int.* 26: 59-68 (1993)
4. Lazarides HN, Katsanidis E, Nickolaidis A. Mass transfer during osmotic pre-concentration aiming at minimal solid uptake. *J. Food Eng.* 25: 151-166 (1995)
5. Sablani SS, Rahman MS, Al-Sadeiri DS. Equilibrium distribution data for osmotic drying of apple cubes in sugar-water solution. *J. Food Eng.* 52: 193-199 (2002)
6. Ponting JD. Osmotic dehydration of fruits - Recent modifications and applications. *Process Biochem.* 8: 18-20 (1973)
7. Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Niranjana K, Knorr D. Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci. Tech.* 13: 48-59 (2002)
8. Monsalve-Gonzalez A, Gustavo V, Barbosa-Canovas GV, Cavalieri RP. Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. *J. Food Sci.* 58: 1118-1124 (1993)
9. Reppa A, Mandala J, Kostaropoulos AE, Saravacos GD. Influence of solute temperature and concentration on the combined osmotic and air drying. *Dry. Technol.* 17: 1449-1458 (1999)
10. Mandala IG, Anagnostaras EF, Oikonomou CK. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *J. Food Eng.* 69: 307-316 (2005)
11. Madamba PS, Driscoll RH, Buckle KA. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *J. Food Eng.* 29: 75-97 (1996)
12. Wang ZW, Sun J, Chen F, Liao X, Hu X. Mathematical modeling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying. *J. Food Eng.* 80: 536-544 (2007)
13. Levi A, Ben-Shalom N, Plat D, Reid DS. Effect of blanching and drying on pectin constituents and related characteristics of dehydrated peaches. *J. Food Sci.* 53: 1187-1190 (1988)
14. Falade KO, Igbeka JC, Ayanwuyi FA. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *J. Food Eng.* 80: 979-985 (2007)
15. Hong JH, Youn KS, Choi YH. Optimization for the process of osmotic dehydration for the manufacturing of dried kiwifruit. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 348-355 (1998)
16. Uddin BM, Ainsworth P, Ibanoglu S. Evaluation of mass exchange during osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *J. Food Eng.* 65: 473-477 (2004)
17. Nieto AB, Salvatori DM, Castro MA, Alzamora SM. Air drying behavior of apples as affected by blanching and glucose impregnation. *J. Food Eng.* 36: 63-79 (1998)
18. Prothon F, Ahme LM, Funebo T, Kidman S, Langton M, Sjöholm. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure, and dehydration kinetics. *Lebensm. Wiss. Technol.* 34: 95-101 (2001)
19. del Valle JM, Cuadros TRM, Aguilera JM. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. *Food Res. Int.* 31: 191-204 (1998)
20. Kingsly ARP, Meena HR, Jain RK, Singh DB. Shrinkage of *ber* (*Zizyphus mauritian* L.) fruits during sun drying. *J. Food Eng.* 79: 6-10 (2007)
21. Lozano JE, Rostein E, Urbicain MJ. Shrinkage, porosity and bulk density of foodstuffs at changing moisture contents. *J. Food Sci.* 48: 1497-1502, 1553 (1983)
22. Raoult-Wack AL. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends Food Sci. Tech.* 5: 255-260 (1994)
23. Ratti C. Shrinkage during drying of foodstuffs. *J. Food Eng.* 23: 91-105 (1994)