

## 생강 삼투압 건조 시 물질이동 특성과 품질에 미치는 효과

김 명 환

단국대학교 식품공학과

**초 록 :** 생강의 삼투압 건조 중 설탕용액의 농도와 온도 및 침지시간에 따른 내부 물질이동을 생강 내부의 수분 손실, 설탕흡수, 몰탈농도 및 속도매개 변수로써 조사하였고 갈색화 반응정도를 평가하였으며 데치기와 삼투압 건조를 각각 거친 후 열풍건조 시킨 것에 대하여 복원 시 텍스처를 비교하였다. 용액의 농도와 온도가 증가함에 따라서 수분손실, 설탕흡수, 몰탈농도 및 속도매개 변수가 증가하였으며, 용액농도와 온도에 관계없이 수분손실, 설탕흡수, 몰탈농도는 초기 3분간 침지과정에서 빠르게 이루어진 후 증가현상이 둔화되었다. 80°C의 60 Brix 설탕 용액에서 18분간 침지하였을 때 40.05 g 수분손실/100 g 생강으로 초기 수분함량 83.02%(wet basis) 기준으로 약 52%의 수분을 제거하는 효과를 갖는다. 속도매개 변수는 설탕용액의 농도 보다는 온도에 의한 변화가 컸다. 갈색화 정도는 설탕용액의 농도와 온도에 관계없이 15분간 침지시켰을 때 가장 낮은 O.D. 값을 나타내었으며, 대조구 (O.D.=0.132)와 비교하였을 때 80°C에서 40 또는 50 Brix의 설탕용액에 15분간 침지시킨 것이 가장 낮은 값(O.D.=0.027)을 보였다. 데치기 공정을 시킨 것과 대조구를 열풍건조 시킨 다음 끓는 물에서 3분간 복원시킨 후의 관통 힘은 차이가 나타나지 않았으나 삼투압 건조시킨 생강은 대조구 보다 22~34% 적게 나타났다.(1998년 8월 5일 접수, 1998년 8월 26일 수리)

### 서 론

생강(*Zingiber officinale Roscae*)은 인도와 말레이시아 등 열대아시아 지역이 원산지로서 추정되며 생강과에 속하는 다년생 초본식물의 근경으로서 특유의 매운 맛과 향기를 지니고 있어 향신료로서의 역할을 하며 여러 가지 약리작용과 생체에 대한 보호작용 등의 기능성도 가지고 있다.<sup>1-3)</sup> 우리나라의 연간 생강 생산량은 약 4만 8천톤으로 충남 서산지역과 전북 완주지역에서 총 생산량의 95.6%를 차지하고 있다.<sup>9)</sup> 생강은 저장온도에 따라서 10°C 이하에서는 생리적 장애를 입어 부패하게 되고 18°C 이상에서는 발아하게 되므로 저장관리가 어려우며 가공중에도 가식부분이 공기 중에 노출되었을 경우 쉽게 반응하여 착색, 향미, 영양가의 변화를 초래하므로 저장·가공에 있어서 어려움을 안고 있다.<sup>9)</sup>

삼투압 건조는 식품속의 수분과 삼투압 용액이나 분말속의 용질이동에 의해서 이루어지는데 삼투압 과정중에 있어서 수분의 손실과 용질의 흡수정도에 따라서 건조의 정도가 달라진다. 일반적으로 삼투압 건조중 수분 감소율은 삼투압 용액의 종류, 농도, 온도 및 pH, 침지시간, 삼투압 용액과 식품의 비, 식품의 두께와 표면적, 교반유무 등의 영향을 받는다.<sup>6,9)</sup> 삼투압 용액으로는 설탕용액(50~70 Brix)을 많이 쓰며, 물엿(dextrose equivalent 28)이나 과당 등도 이용된다.<sup>10)</sup> 소금은 다른 삼투압 용액과 혼합하여 사용시 식품속의 수분제거를 증가시키는 반면 짠맛을 부여하는 결점이 있다.<sup>11)</sup> 삼투압 건조의 장점은 열에 대한 색, 맛 및 영양분 손상을 최소화시키고 갈색화 반응에 대한 식품의 변색을

억제하여 건조시 변색방지 처리가 필요없으며 신맛을 제거 시킴과 동시에 단맛을 증가시킨다.<sup>7,10,12)</sup>

이에 본 연구에서는 생강의 삼투압 건조 중 설탕용액의 농도와 온도 및 침지시간에 따른 내부물질 이동을 생강 내부의 수분손실, 설탕흡수, 몰탈농도 및 속도매개 변수로써 조사하였고 갈색화 반응 정도를 평가하였으며 일반 데치기 (blanching) 후 열풍건조 시킨 것과 삼투압 건조를 거친 후 열풍건조 시킨 것에 대하여 복원시 텍스처를 비교하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 실험에 사용한 생강은 충남 서천군 부석면에서 수확한 것으로 세척을 한 후 식품 가공기(Model KM-230, Kenwood, Japan)를 사용하여 2 mm 두께로 슬라이스 하였다. 생강의 평균 수분함량은 83.02%(wet basis)이었으며 삼투압 건조에 사용되어진 설탕은 시판용 백설탕이었다.

#### 삼투압 건조 및 열풍건조

삼투압 건조는 순환식 항온수조(Model DF-93W, Doorie, Korea)를 이용하여 500 ml 유리병에 50 g의 생강을 250 ml의 설탕용액(40, 50 및 60 Brix)에 넣은 후 60, 70 및 80°C의 온도에서 3~18분까지 침지시켰다. 시료 표면에 부착된 설탕용액은 여과지를 이용하여 제거하였다. 삼투압 건조를 끝낸 생강을 케비넷 건조기로 열풍건조 시켰으며 70°C의 열풍온도에서 행하였고 수분도 4%(dry basis)까지 건조시켰다.

찾는말 : 생강, 삼투압 건조, 물질이동, 갈색화, 텍스처

**수분함량**

진공건조기(Samwoo, Korea)를 사용하여 70°C, 70 mmHg에서 24시간 건조시켜 수분함량을 측정하였다.

**갈변도**

열풍건조 후 분말화시킨 건조분말을 1.3 g 취하여 40 ml의 증류수와 10% trichloroacetic acid용액 10 ml를 가한 다음 실온에서 2시간 방치시킨 후 여과하고 분광광도계 Model UV-1201, Shimadzu, Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도로 측정하였다.<sup>13)</sup>

**텍스처 측정**

브랜칭(blanching)과 같은 온도인 80°C, 40 Brix 설탕용액에서 삼투압 건조시킨 후 열풍건조한 건조생강을 끓는 물에서 3분간 복원시킨 다음 여과지로 표면수를 제거하고 실온(24°C)에서 texture analyzer(Model TA-XT2, SMS, England)로써 바늘(needle) 형태의 punch를 사용하여 관통시험(puncture test)으로써 텍스처를 측정하였다. 이때, texture analyzer의 조작조건은 punch 속도는 60 mm/min, punch 직경은 2 mm이었으며 시료별 측정회수는 7회였다.

**삼투압건조의 kinetics**

삼투압 건조중의 수분손실(WL)과 설탕흡수(SG)는 생강 내부의 용질이 삼투압 용액에 대하여 확산작용이 일어나지 않으며 삼투압 용액의 농도는 균일하다는 가정 하에서 이루어진 Magee 등<sup>9)</sup>의 중량 측정법에 의하여 아래의 식 (1)과 식 (2)로써 구하였다.

$$WL = \frac{(WWO) - (TW - WS)}{\text{Initial wet ginger}} \times 100 \left[ \frac{\text{g water loss}}{100 \text{ g wet ginger}} \right] \quad (1)$$

$$SG = \frac{(WS - WSO)}{\text{Initial wet ginger}} \times 100 \left[ \frac{\text{g sugar gain}}{100 \text{ g wet ginger}} \right] \quad (2)$$

여기서, WWO=초기수분(g), TW=삼투압 건조 후 생강(g), WS=삼투압 건조 후 고형분(g), WSO=초기 고형분(g)

속도매개변수(K)는 생강내부에 남아있는 수분속에 녹아있는 설탕의 몰랄농도(molality)에 기초를 두어 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Molality} = K\sqrt{t}$$

여기서, Molality =

$$\frac{(\text{Sugar gain})_{t_i}}{(\text{Water content})_{t=0} - (\text{Water loss})_{t_i}} \times \frac{1000}{\text{MW of sugar}}$$

[sugar mole/kg water], t=침지시간(min)

**결과 및 고찰**

**설탕용액 농도 효과**

80°C 설탕용액에서 농도(40, 50 및 60 Brix)에 대한 생강

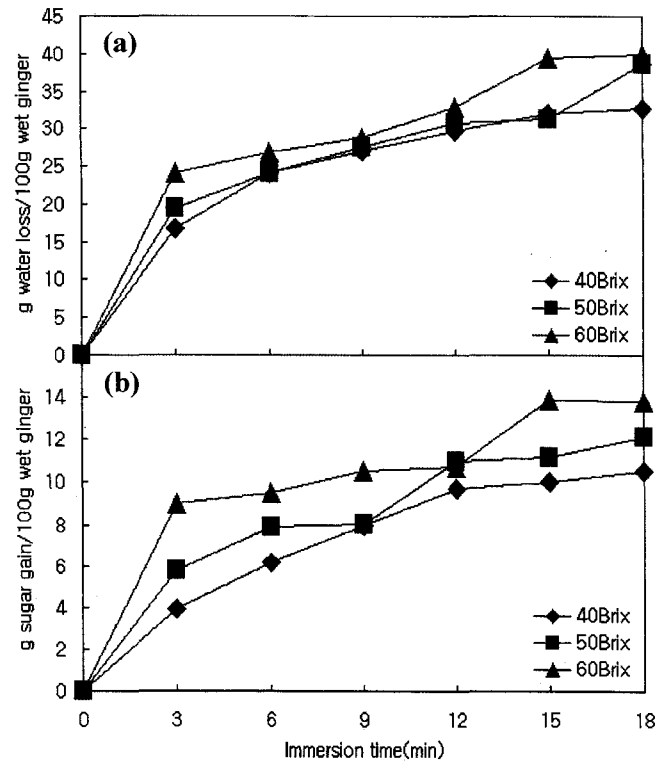


Fig. 1. Water loss (a) and sugar gain (b) as a function of sugar concentration(Brix) and immersion time at 80°C of sugar solution.

의 수분손실과 설탕흡수는 Fig. 1과 같다. 수분손실은 설탕 농도에 관계없이 초기 3분 동안에 전 삼투압 건조시간인 18분의 약 50%가 이루어진 후 그 후부터는 수분손실 속도가 점차적으로 줄어들었으며 과실의 삼투압건조와 같은 양상을 나타내었다.<sup>14,15)</sup> 농도에 따른 수분손실은 18분간 침지시킨 결과 40, 50 및 60 Brix에서 각각 32.78, 38.73 및 40.05 g수분손실/100 g생강으로 나타났다. 이와 같은 현상은 설탕용액농도에 따른 삼투압력차, 침지시간에 따른 삼투압력의 변화 및 설탕의 흡착, 흡수에 의한 생강표면 및 내부의 수분 이동 저해 등을 들 수 있다. 설탕흡수는 저농도의 40 Brix를 제외하고 50 및 60 Brix의 설탕용액인 경우 초기 3분 동안에 삼투압 건조의 전과정의 50% 이상의 설탕흡수를 나타내었으며 이는 건조초기에 생강표면에 설탕분자들의 흡착에 기인된다고 보고되고 있다.<sup>9)</sup> 18분의 삼투압건조가 지난 후 40, 50 및 60 Brix의 농도에서 설탕흡수는 각각 10.57, 12.14 및 13.84 g설탕흡수/100 g생강으로 나타났으며 삼투압 건조는 고농도에서 삼투압 효과가 커짐에 따라서 수분손실과 설탕흡수가 많이 이루어짐을 알 수 있다.

**설탕용액 온도효과**

설탕용액 온도(60, 70 및 80°C)에 따른 50 Brix 설탕용액에서의 생강 수분손실과 설탕흡수는 Fig. 2에서와 같이 온도가 증가함에 따라서 수분 손실속도와 설탕흡수 속도가 증가함을 알 수 있다. 이는 온도의 증가에 따라서 수분과 설탕의 확산속도가 증가함을 의미하며 삼투압 건조시 표면이동 속도 보다 내부 이동속도가 삼투압 건조를 조절함을 뜻

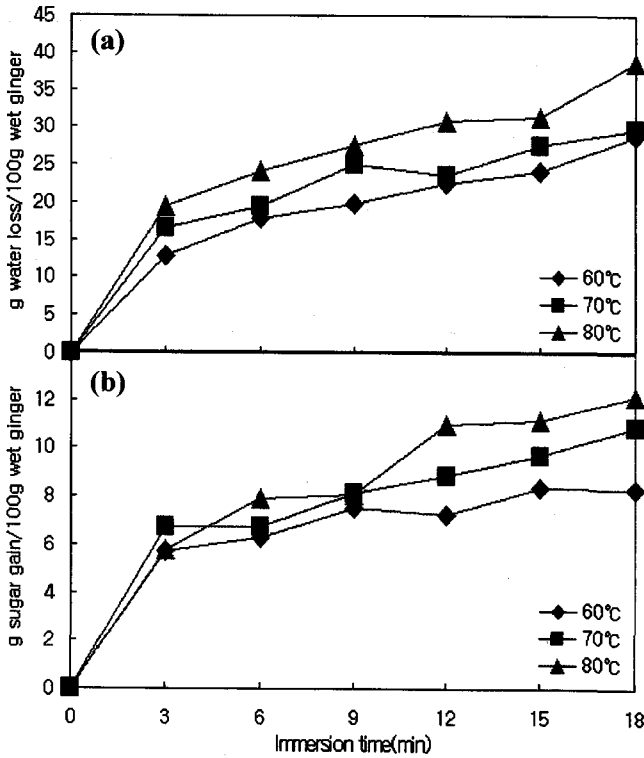


Fig. 2. Water loss (a) and solid gain (b) as a function of sugar solution temperature and immersion time with 50 Brix sugar solution.

한다.<sup>9</sup> 수분손실은 온도에 관계없이 건조 초기에 빠르게 진행된 후 서서히 증가현상을 보였다. 온도가 증가함에 따라서 수분 손실은 저온구간(60~70°C)보다 고온구간(70~80°C)에서 크게 나타났으며 온도가 60°C에서 80°C로 증가함에 따라서 18분간 침지 후 수분손실은 약 35%정도 커졌다. 설탕흡수 또한 건조 초기에 빠르게 진행되었으며 그 현상은 고온(80°C)에서 보다 저온(60°C)에서 두드러지게 나타났다. 온도가 60°C에서 80°C로 높아짐에 따라서 18분간 침지 후 설탕흡수는 약 47% 증가하였으며 앞서의 수분손실보다 증가폭이 크게 나타났다.

설탕용액의 농도와 온도에 따른 설탕 몰랄농도 변화

설탕용액의 온도와 농도가 증가함에 따라서 생강 내부의 설탕 몰랄농도는 증가하였으며(Fig. 3) 농도와 온도에 관계없이 건조초기에 몰랄농도의 증가폭이 컸다. 이는 앞서의 삼투압 건조 초기에 수분손실과 설탕흡수의 급격한 증가에 기인된 것이다. 80°C의 온도조건에서 농도에 따른 몰랄농도 변화로 고농도(60 Brix)에서는 건조 초기에 많이 이루어진 반면 저농도(40 Brix)에서는 지속적인 증가 현상을 보였다. 40, 50 및 60 Brix에서 18분간 침지시킨 후 몰랄농도는 각각 0.615, 0.801 및 0.942 sugar mole/kg water로 나타났다. 반면에 온도에 따른 변화를 보면 건조 초기에는 온도에 관계없이 비슷한 몰랄농도를 보였지만 침지시간이 늘어남에 따라서 변화의 폭이 커져서 60, 70 및 80°C에서 18분간 침지시킨 후 몰랄농도는 0.446, 0.595 및 0.801 sugar mole/

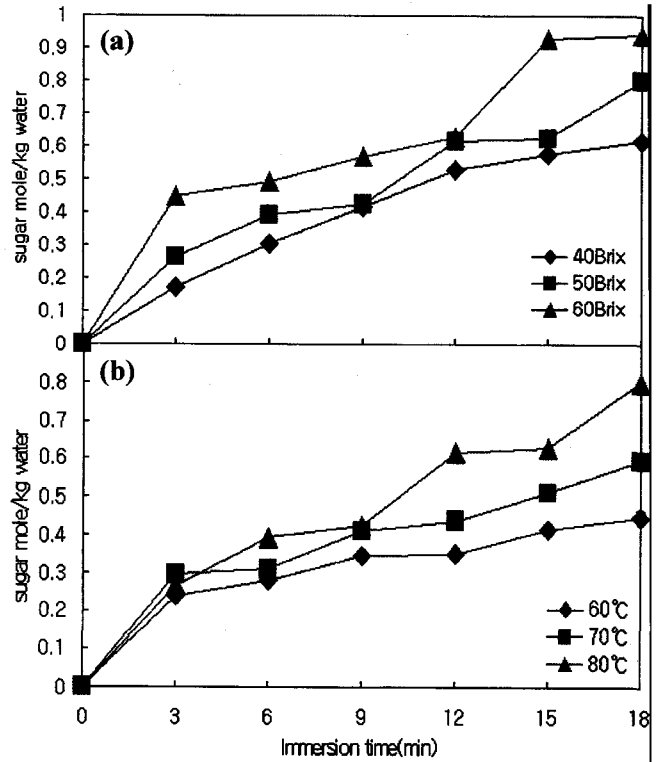


Fig. 3. Molality of sugar as a function of sugar solution concentration (a) at 80°C of sugar solution and temperature (b) with 50 Brix of sugar solution, and immersion time.

kg water로 나타났다.

설탕용액의 농도와 온도에 따른 속도 매개변수의 변화

속도 매개변수, K는 생강내부의 설탕 몰랄농도와 침지시간의 평방근을 도식하여 그 기울기 값으로부터 구하였으며 높은 상관계수(0.994 > r > 0.951)를 가진 직선식으로 나타났고 모든 상관계수가 0.1%내에서 유의적인 차이를 보였다 (Table 1). 공식에서의 침지시간의 평방근 이용은 앞서의 침지 초기에 생강 내부의 급격한 수분손실과 설탕흡수 증가에 따른 설탕 몰랄농도의 급격한 증가현상 때문이다. Conway<sup>10</sup> 등의 일반적으로 10°C 설탕용액 온도증가는 10 Brix 농도증가와 같다는 보고와는 달리 설탕용액의 농도보다는 온도에 의한 효과가 컸다. 저온(60°C)의 온도에서 농도에 따른 속도매개변수의 변화율이 미미하였으나 고온(80°C)에서는 크게 나타났다. 또한, 온도에 따른 변화율을

Table 1. Rate parameter, K, as a function of concentration and temperature of sugar solution

	60°C		70°C		80°C	
	K <sup>1)</sup>	r <sup>2)</sup>	K	r	K	r
40 Brix	0.0923	0.951	0.1163	0.981	0.1542	0.988
50 Brix	0.1011	0.988	0.1306	0.987	0.1788	0.981
60 Brix	0.1163	0.979	0.2098	0.994	0.2309	0.962

<sup>1)</sup>sugar mole/kg water · min<sup>0.5</sup>.

<sup>2)</sup>Correlation coefficient of 0.951 is required for significance at the 0.1 percent level.

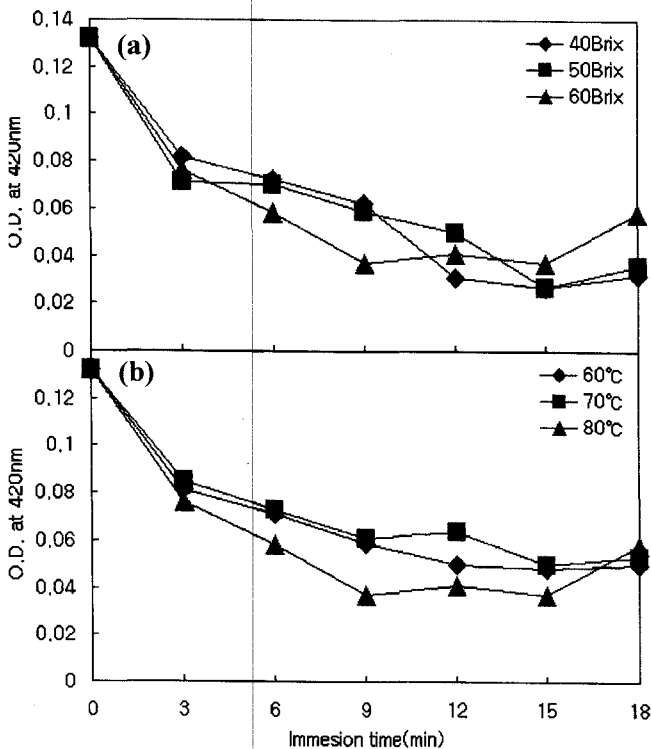
보면 고농도(60 Brix) 보다 저농도(40 Brix)에서 속도매개 변수의 변화율이 작았다.

**설탕용액의 농도와 온도에 따른 갈색화 정도의 변화**

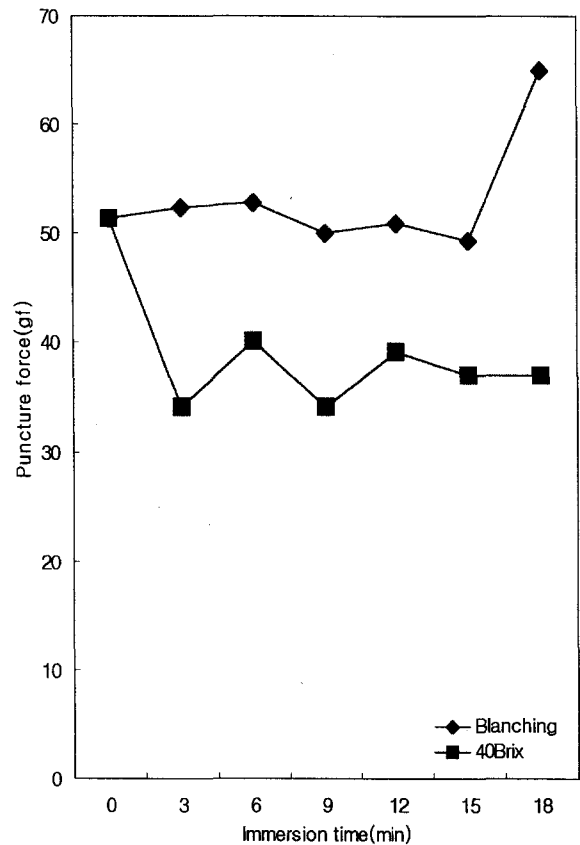
삼투압 건조시킨 것과 대조구를 캐비닛 건조기로 70°C의 열풍에서 건조시킨 생강을 420 nm에서의 O.D.값을 침지시간에 따라 비교한 결과(Fig. 4) 삼투압 건조가 대조구에 비하여 갈색화 정도를 억제하는데 효과가 크다는 것을 알 수 있다. 80°C의 침지 온도에서 농도에 관계없이 15분간 침지시킨 것이 가장 낮은 갈색화 값(O.D.값)을 나타내었으며 60 Brix 보다는 40과 50 Brix에서 낮은 값(O.D.=0.027)을 보였다. 이 값은 대조구의 O.D.값 0.132에 약 20% 수준인 것으로 나타났다. 온도에 따른 변화를 보면 80°C의 침지조건이 전반적으로 60°C나 70°C 보다 낮게 나타났으며 설탕용액의 농도와 온도에 관계없이 15분간 침지시킨 것이 전반적으로 가장 낮은 O.D. 값을 보였다.

**삼투압 건조와 데치기가 텍스처에 미치는 효과**

80°C의 온도조건에서 40 Brix의 설탕용액에 삼투압 건조시킨 생강과 증류수로 데치기(blanching)한 생강을 70°C의 열풍에서 건조시킨 후 끓는 물에서 3분간 복원한 다음 관통 시험(puncture test)한 결과 Fig. 5와 같다. 데치기 공정을 한 것은 대조구와 비교하여 관통 힘(puncture force)에서 차이를 나타내지 않았으며 18분간 데치기 한 것은 오히려 대조구 보다 높게 나타났다. 반면에 삼투압 건조시킨 생강의 경



**Fig. 4.** Effects of sugar solution concentration (a) at 80°C of sugar solution and temperature (b) with 50 Brix of sugar solution, and immersion time on browning degree of air dried ginger.



**Fig. 5.** Effect of blanching and osmotic dehydration at 80°C on puncture force of 3 min rehydrated ginger in boiling water.

우에는 침지시간에 따라서 대조구 보다 22~34% 정도 적게 나타남으로써 삼투압 건조가 복원된 생강의 텍스처 연화향상에 기여한다는 것을 알 수 있다. 이는 여타 과일에 나타난 보고와 같은 양상이었다.<sup>17)</sup>

**감사의 글**

이 연구는 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었으며 이에 감사를 드립니다.

**참고문헌**

1. Farrell, K. T. (1985) In Spices, Condiments, and Seasonings. p.121~126, Van Nostrand Reinhold Corp., NY, U. S. A.
2. Kang, J.H., B.W. Ahn, D.H. Lee, H.S. Byun, S.B. Kim and Y.H. Park (1988) Inhibitory effects of ginger and garlic extracts on the DNA damage. *Korean J. Food Sci. Technol*, **20**, 287-292.
3. Park, K.Y., S.H. Kim, M.J. Suh and H.Y. Chung (1991) Inhibitory effects of garlic on the mutagenicity in Salmonella assay system and on the growth of HT-29, human colon carcinoma cells. *Korean J. Food Sci. Technol*, **23**, 370-374.
4. Chung, T.Y., M.C. Jeong., S.E. Lee, D.C. Kim and O.W. Kim (1996) Morphological characteristics of ginger depending on habitat. *Korean J. Food Sci. Technol*, **28**, 834-840.

5. Ji, W.D., M.S. Jeong, H.C. Chung (1997) Antimicrobial activity and distilled components of garlic (*Allum sativum* L.) and Ginger (*Zingiber officinale* Rosco), *Agricultural Chemistry and Biotechnology*, **40**, 519-524.
6. Magee, T. R. A., A. A. Hassaballah and W. R. Murphy (1983) Internal mass transfer during osmotic dehydration of apple slices in sugar solutions. *Ir. J. Fd. Sci. Technol.*, **7**, 147-155.
7. Kim, M. H. (1990) Mass transfer and optimum processing conditions for osmotic concentration of potato prior to air dehydration. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**, 497-502.
8. Hawkes, J. and J. M. Flink (1978) Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *J. of Food Processing and preservation*, **2**, 265-284.
9. Azuara, E. R. Cortes, H. S. Garcia and C. I. Beristain (1992) Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *International Journal of Food Science and Technology*, **27**, 409-418.
10. Bolin, H. R., C. C. Huwsoll, R. Jackson and K. C. NG (1983) Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. *J. Food Sci.*, **48**, 202-205.
11. Das, M., B. N. Srimani and D. N. Ghosh (1984) Solvent dehydration of potato : selection of solvent and processing conditions. *J. Food Technol.*, **19**, 615-622.
12. Ponting, J. D., G. G. Watters, R. R. Forey, R. Jackson and W. L. Stanley (1966) Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol.*, **20**(5), 125-128.
13. Lee, B.Y., G.J. Shin, M.H. Kim and C.U. Choi (1989) Effect of pretreatment before air drying on the quality of carrot flake. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 430-434.
14. Contreras, J. E. and T. G. Smyrl (1981) An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. *Can. Inst. Food Sci. Technol.*, **14**, 310-314.
15. Lerici, C. R., G. Pinnavaia, M. Dalla Rosa and L. Bartolucci (1985) Osmotic agents on drying behavior and product quality. *J. Food Sci.*, **50**, 1217-1219.
16. Conway, J., F. Castaigne and P. X. Lolan (1983) Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. *Can. Inst. Food Sci. Technol.*, **16**, 25-29.
17. Kim, M. H. and R. T. Toledo (1987) Effect of osmotic dehydration and high temperature fluidized bed drying on properties of dehydrated rabbiteye blueberries. *J. Food Sci.*, **52**, 980-984.

---

#### Mass transfer Characteristic during Osmotic Dehydration of Ginger and Its Effect on Quality

Myung-Hwan Kim(Dept. of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea)

**Abstract** : Internal mass transfer during osmotic dehydration of gingers in sugar solution was examined as a function of concentration, temperature and immersion time of those solutions using moisture loss, sugar gain, molality and rate parameter. Influence of osmotic dehydration on browning reaction and texture properties of air dried rehydrated was also evaluated. Increasing the concentration and temperature of sugar solutions increased moisture loss, sugar gain, molality and rate parameter. Water loss and sugar gain were rapid in the first 3 min and then changed gentle slope. Moisture loss during osmotic dehydration using a sugar solution (60 Brix, 80°C) with 18 min immersion time was 40.05 g moisture/100 g wet ginger which was 52% reduction of initial moisture content in ginger (83.02%, wet basis). The changes of rate parameter were more affected by temperature than by concentration of sugar solution. Minimum browning degree (O.D.=0.027) was carried out by osmotic dehydration in sugar solution (40 or 50 Brix, 80°C) with 15 min immersion time compared to control (O.D.=0.132). Influence of osmotic dehydration on puncture forces of 3 min rehydrated ginger in boiling water were 22~34% of reduction, while blanching treatment had not affected compared to those of control.

---

**Key words** : ginger, osmotic dehydration, mass transfer, browning, texture