

양송이의 삼투압 건조에 따른 물질이동 특성과 갈변억제

김 명 환

단국대학교 식품공학과

Mass Transfer Characteristics and Browning Inhibition by Osmotic Dehydration of Mushrooms

Myung-Hwan Kim

Dept. of Food Engineering, Dankook University, Cheonan 330-714, Korea

Abstract

Mass transfer characteristics during osmotic dehydration of mushrooms (*Agaricus bisporus*) in sugar solution were studied as a function of sugar concentration, immersion time and temperature, and the effect of osmotic dehydration on browning inhibition of air-dried mushrooms was also evaluated. Increasing the sugar concentration, immersion time and temperature increased moisture loss, sugar gain, molality and rate parameter. The changes of sugar gain and rate parameter were more significantly affected by concentration than by temperature of sugar solutions, while 10°C increase in temperature or 10 Brix increase in concentration had the same effect on water loss. Water loss, sugar gain, molality were rapid in the first period of osmotic dehydration especially in the case of higher concentration and temperature of sugar solutions. Effects of osmotic dehydration in sugar solution (60 Brix, 80°C) with 18 min of immersion time (O.D.=0.099) prior to air dehydration on browning inhibition of dried mushrooms were more significant than blanching in water (80°C) with the same immersion time (O.D.=0.330) and the control (O.D.=0.559).

Key words: mushroom, osmotic dehydration, mass transfer, browning inhibition

서 론

우리나라에서는 양송이를 1965년부터 본격적으로 재배하기 시작하였으며(1), 당질, 단백질, 비타민, 무기질 등과 같은 영양소가 일반 채소 이상으로 골고루 함유되어 있고 특유한 맛과 향기를 지닌 기호성이 높은 식품으로 생산량이 꾸준히 증가하고 있다(2). 그러나, 양송이는 수확 후 3~4일이 지나면 색깔이 변하고 표면이 건조되어 수축현상이 일어나 상품가치를 잃게 된다(3). 장기저장 수단으로 통조림이나 건조를 많이 이용하는데 양송이에는 polyphenoloxidase의 함량이 상당히 많아서 가공전 데치기(blanching)를 필수적으로 하는데 데치기 과정에서 25% 정도의 수축과 30% 정도의 중량감소를 나타내며(4), 양송이는 다른 과채류와는 달리 건조 중 품질열화 현상이 심각한 것으로 알려져 있다(5).

삼투압 건조는 일반적으로 열풍건조, 진공건조 또는 동결건조의 전처리 공정으로 이용되는데 삼투압 용액으로는 설탕용액(50~60Brix), 물엿(dextrose equivalent 28), 과당 등을 많이 사용한다(6). 삼투압 건조 중 수분

감소율은 삼투압 용액의 종류, 농도, 온도, pH, 침지시간, 삼투압 용액과 식품의 비, 식품의 두께와 표면적, 교반유무 등의 영향을 받는다(7-9). 삼투압 건조의 장점은 열에 대한 색, 맛 및 영양성분의 손상을 최소화시키고 갈색화 반응에 대한 식품의 변색을 억제하여 건조시 변색방지 처리가 필요없으며 신맛을 제거시킴과 동시에 단맛을 증가시킨다(10-12). 이러한 삼투압 건조의 장점들을 과채류에 적용하여 품질을 향상시킨 제품개발에 많은 연구를 하여 왔다(6,7,11,13).

본 연구에서는 양송이의 삼투압 건조 중 설탕용액의 농도, 온도 및 침지시간에 따른 내부물질 이동을 양송이 내부의 수분손실, 설탕흡수, 몰탈농도 및 속도 매개변수로써 조사하였으며 열풍건조의 전처리로 삼투압 건조에 따른 갈변억제 정도를 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 양송이(*Agaricus bisporus*)는 충

남 부여산으로서 세척한 후 식품가공기(Model KM-230, Kenwood, Japan)를 이용하여 중축 방향으로 2mm 두께로 세절한 다음 사용하였다. 양송이의 평균 수분함량은 91.82%이었으며 삼투압 용액의 용질은 시판용 백설탕을 사용하였다.

삼투압 건조 및 열풍건조

삼투압 건조는 순환식 항온수조(Model DF-93W, Doorie, Korea)를 이용하여 1L 유리병에 100g의 양송이를 500ml의 설탕용액(40, 50 및 60Brix)에 넣은 후 capping한 다음 60~80°C의 온도조건에서 3~18분까지 침지시켰다. 삼투압 건조를 끝낸 양송이의 표면에 부착된 설탕용액은 여과지로 제거하였으며 열풍건조는 70°C의 열풍온도에서 중량감소가 이루어지지 않을 때까지 건조시켰다.

수분함량

진공건조기(Samwoo, Korea)를 사용하여 70°C, 70mm Hg에서 24시간 건조시켜 수분함량을 측정하였다(14).

갈변도

열풍건조 후 분말화시킨 건조분말을 1.3g 취하여 40 ml의 증류수와 10% trichloroacetic acid용액 10ml를 가한 다음 암실에서 2시간 방치시킨 후 여과하고 분광광도계(Model UV-1201, Shimadzu, Japan)를 이용하여 420nm에서 흡광도를 측정하였다(15).

삼투압 건조의 kinetics

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

$$WL = \frac{(WWO)-(TW-WS)}{\text{Initial wet mushroom}} \times 100$$

$$\left[\frac{\text{g water loss}}{100\text{g wet mushroom}} \right] \dots\dots\dots (1)$$

$$SG = \frac{(WS-WSO)}{\text{Initial wet mushroom}} \times 100$$

$$\left[\frac{\text{g sugar gain}}{100\text{g wet mushroom}} \right] \dots\dots\dots (2)$$

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

속도매개변수(K)는 양송이 내부에 남아있는 수분 속에 녹아있는 설탕의 몰랄농도(molality)에 기초를 두어 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Molality} = Kt^{0.5} \dots\dots\dots (3)$$

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 농도효과

60°C 설탕용액의 농도(40, 50 및 60Brix)에 따른 양송이의 수분손실은(Fig. 1) 설탕농도에 관계없이 초기 3분 동안에 빠르게 이루어진 후 그 후부터는 서서히 이루어졌다. 이는 여타의 삼투압 건조와 같이 침지시간에 따라서 지수적으로(exponentially) 증가하는 양상이었다(8,9,15). 40과 50Brix간에 수분손실의 차이가 50과 60Brix간보다 많이 나타났으며 40, 50 및 60Brix에서 18분간 침지시킨 결과 수분손실은 각각 34.17, 37.78

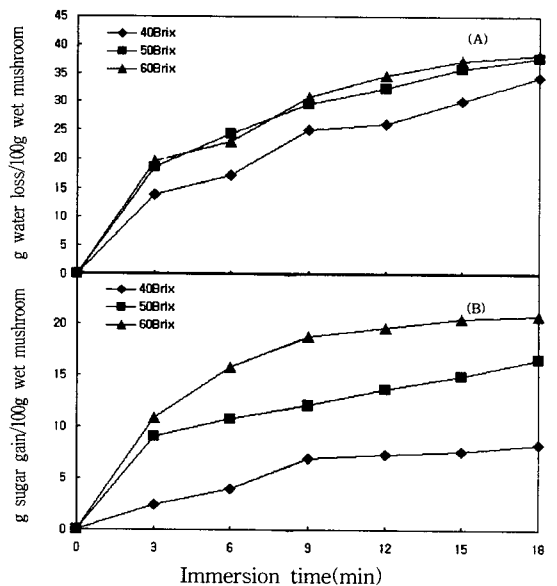


Fig. 1. Water loss (A) and sugar gain (B) as a function of sugar concentration and immersion time of sugar solution at 60°C.

및 38.17%로 나타났다.

설탕흡수 또한 수분손실과 마찬가지로 침지 초기에 활발히 이루어졌으며 침지시간이 9분 이후부터는 증가의 폭이 현저히 줄어들었다. 이는 건조초기에 시료표면에 설탕분자들의 흡착에 기인된다고 보고되고 있다(9). 설탕용액 농도의 차이에 따른 설탕흡수 변화량은 수분손실 변화량보다 컸으며 설탕흡수는 수분손실과 같이 40과 50Brix간에 차이가 많이 나타났고 18분간 침지 후 40, 50 및 60Brix에서의 설탕흡수는 각각 8.27, 16.51 및 20.75%로 나타났다.

설탕용액 온도효과

40Brix 설탕용액에서 온도(60, 70 및 80°C)에 따른 양송이의 수분손실과 설탕흡수는 Fig. 2와 같이 온도가 높아짐에 따라서 수분손실 속도와 설탕흡수 속도가 증가함을 알 수 있다. 이는 온도의 증가에 따라서 수분과 설탕의 확산속도가 증가함을 의미하며 삼투압 건조시 표면이동 속도보다 내부이동 속도가 삼투압 건조속도를 조절함을 뜻한다(6). 수분손실은 온도와 관계없이 침지 초기에 많이 이루어졌으며 특히 70과 80°C에서 두드러졌고 침지시간이 9분 이후부터는 완만한 증가를 나타내었다. 침지온도가 60°C에서 80°C로 높아짐에 따라서 수분손실은 약 25% 증가하였으며 80°C에서 18분

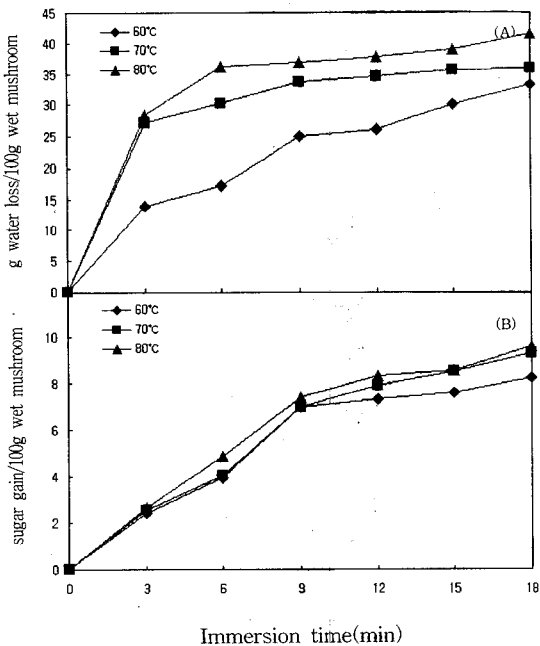


Fig. 2. Water loss (A) and sugar gain (B) as a function of immersion temperature and time with 40Brix sugar solution.

간 침지하였을 때의 수분손실은 41.48%로 나타났다.

반면에 설탕흡수는 수분손실과 달리 온도에 관계없이 침지시간 증가에 따라서 급격한 증가보다는 꾸준한 증가를 보였다. 80°C에서 18분간 침지하였을 때의 설탕흡수는 9.60%로 같은 침지시간에서의 70°C, 50Brix 설탕용액의 값인 16.51% 설탕흡수보다 낮게 나타났다. 이는 설탕용액 온도 10°C 증가는 10Brix 농도증가와 같다는 보고(16)와는 달리 양송이의 설탕흡수에서는 10°C의 온도증가보다 10Brix의 농도증가의 영향을 많이 받음을 알 수 있다.

설탕용액의 농도와 온도에 따른 설탕 몰랄농도 및 속도 매개변수의 변화

설탕용액의 온도와 농도가 증가함에 따라서 양송이 내부의 설탕 몰랄농도는 증가하였으며(Fig. 3) 이는 앞서의 삼투압 건조 중 농도와 온도증가에 따라 수분손실과 설탕흡수의 증가에 기인된 것으로 여겨진다. 60°C의 온도조건에서 농도증가에 따른 몰랄농도의 증가폭은 매우 컸으며 저농도(40Brix)보다는 고농도(60Brix)에서 침지 초기의 몰랄농도 증가율이 두드러졌고 침지시간이 12분 경과한 이후부터는 증가율이 둔화되었다. 60°C의 설탕용액에서 40, 50 및 60Brix의 농도로 18분

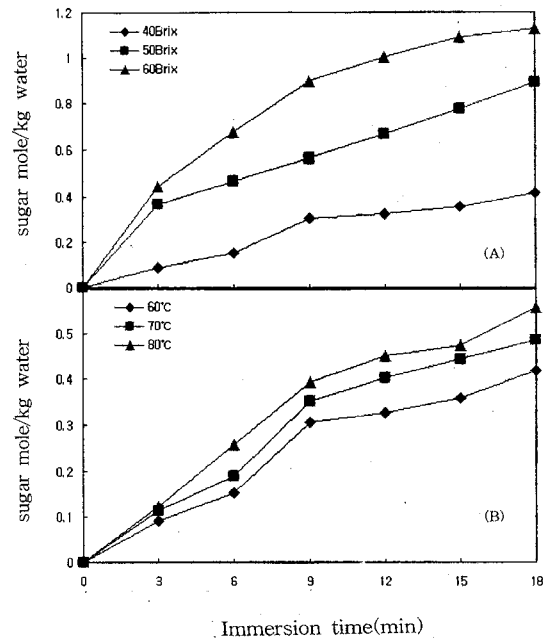


Fig. 3. Molality of sugar as a function of sugar solution concentration (A) at sugar solution of 60°C and immersion temperature (B) with sugar solution of 40Brix, and immersion time.

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

Sugar solution concentration	60°C		70°C		80°C	
	K ¹⁾	r	K	r	K	r
40Brix	0.1034	0.968*** ²⁾	0.1232***	0.973***	0.1371***	0.980***
50Brix	0.2030	0.996***	0.2054***	0.981***	0.2388***	0.995***
60Brix	0.2808	0.995***	0.3482***	0.976***	0.3645***	0.968***

¹⁾Sugar mole/kg water · min.^{0.5}, ²⁾p<0.001

간 침지시킨 결과 각각 0.419, 0.893 및 1.131 몰의 당농도로 나타났다. 40Brix의 설탕용액에서 60, 70 및 80°C의 온도로 18분간 침지시킨 후는 각각 0.419, 0.498 및 0.558몰의 당농도로 나타났다.

양송이 내부의 설탕 몰랄농도와 침지시간의 평방근을 도식하여 그 기울기 값으로부터 속도매개변수, K를 구하였다(Table 1). 식 (3)에서의 침지시간의 평방근 이용은 앞서의 침지초기에 양송이 내부의 급격한 수분손실과 설탕흡수 증가에 따른 설탕 몰랄농도의 증가현상 때문이다(9). 앞서의 식 (3)은 비정상상태의 Fickian 확산식에 비하여 고농도의 설탕용액에서 특히 정확성을 기할 수 있는데 그 이유는 고농도에서는 내부 확산속도만이 아니라 표면저항도 같이 이루어지기 때문이다(7). 식 (3)을 이용하였을 때의 상관계수 값(0.968<r<0.996)은 매우 높았으며 모든 값이 0.1%내에서 유의적인 차이를 나타내었다. 설탕용액의 온도 보다는 농도의 변화에 따라 몰랄농도와 속도 매개변수의 변화 폭이 컸으며

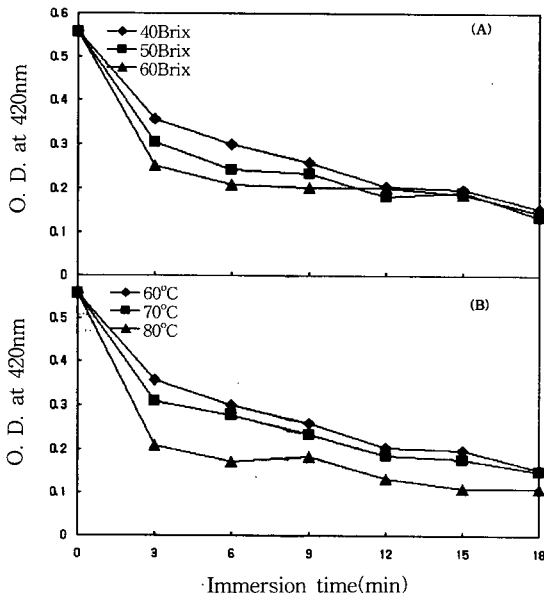


Fig. 4. Effect of sugar solution concentration (A) at sugar solution of 60°C and immersion temperature (B) with sugar solution of 40Brix, and immersion time on browning degree of air dried mushroom.

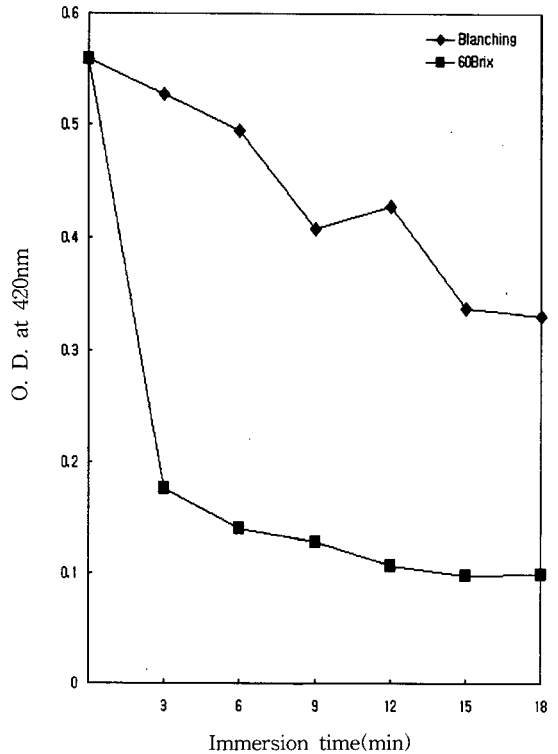


Fig. 5. Effect of blanching and osmotic dehydration at 80°C on browning degree of air dried mushroom.

60°C에서 80°C로 증가함에 따라서 농도별로 속도 매개변수 증가폭은 17.64~32.59% 정도이었으나 40Brix에서 60Brix로 증가함에 따라서 온도별로 속도 매개변수의 증가폭은 166~183%로 높게 나타났다.

설탕용액의 농도와 온도에 따른 갈색화억제 정도의 변화

삼투압 건조시킨 것과 대조구를 케비넷 건조기로 70°C의 열풍건조시킨 양송이의 갈색화 정도를 420nm에서 O.D.값으로 비교한 결과(Fig. 4) 삼투압 건조과정에서 설탕용액의 농도, 온도 및 침지시간이 증가할수록 건조 양송이의 갈색화 정도가 억제되는 것을 알 수 있다. 갈색화 억제에 설탕용액의 농도보다는 온도가 효과적이었으며 40Brix 농도에서 18분간 침지시켰을 때를

기준으로 60°C에서 80°C로 침지온도가 높아짐에 따라서 O.D.값은 약 30% 감소하였다. 삼투압 건조와 데치기를 하였을 때 갈색화 정도를 비교한 결과에서(Fig. 5) 80°C에서 데치기를 할 경우에는 데치는 시간이 길어짐에 따라서 O.D.값은 줄어들었으며 18분간 데치기를 하였을 때의 O.D.값은 0.330이었다. 그러나 오랜 시간의 데치기는 양송이의 심각한 수축과 중량 감소를 가져오므로 상업적으로는 100°C에서 2분간 데치기를 하는 것으로 알려져 있다(5). 반면에 80°C, 60Brix에서 18분간 삼투압시킨 것은 O.D.값이 0.099로 나타났으며 80°C에서 18분간 데치기를 한 양송이에 비하여 O.D.값을 70% 감소시킬 수 있었으며 대조구(O.D.=0.559)보다는 82% 가량 감소시킬 수 있었다. 이는 삼투압 건조를 통하여 효소적 갈변 현상을 억제시킨 것으로 사료된다(12).

요 약

양송이의 삼투압 건조 중 설탕용액의 농도, 온도 및 침지시간에 따른 내부물질이동과 삼투압 건조에 의한 갈변억제 정도를 비교하였다. 설탕용액의 농도와 온도 및 침지시간이 증가됨에 따라서 수분손실, 설탕흡수, 몰랄농도가 증가하였으며 수분손실에서는 10Brix의 농도증가가 10°C의 온도증가와 거의 비슷한 효과를 나타내었으나 설탕흡수에서는 농도가 온도보다 큰 영향을 미쳤으며 80°C, 40Brix의 설탕용액에서 18분간 침지시킨 후의 수분손실과 설탕흡수는 각각 41.48%와 9.60%로 나타났다. 침지 초기과정에서 수분손실, 설탕흡수, 몰랄농도의 증가폭이 컸으며 이 현상은 고농도와 고온 조건에서 더욱 두드러졌다. 속도 매개변수는 온도보다 농도에 영향을 더 받았다. 갈색화 정도는 대조구(O.D.=0.559)에 비하여 80°C에서 18분간 데치기한 건조 양송이의 O.D.값은 0.330이었고 같은 온도에서 60Brix 설탕용액에 18분간 삼투압 건조시킨 것의 O.D.값은 0.099로 대조구나 데치기보다 갈색화 정도를 현저히 낮출 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구

되었으며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. 조재선 : 식품재료학. 문운당, 서울, p.243(1990)
2. 이기동, 장학길, 김현구 : 버섯류의 항산화성 및 아질산염 소거 작용. 한국식품과학회지, 29, 432(1997)
3. 김준한, 김종국, 문광덕, 손태화, 최종욱 : 양송이 버섯의 MAP 및 CA저장 효과. 농산물저장유통학회지, 2, 225(1995)
4. Konanayakam, M. and Sastry, S. K. : Kinetics of shrinkage of mushroom during blanching. *J. Food Sci.*, 53, 1406(1988)
5. Wu, B. K. : Mushrooms: Processing. In "Encyclopedia of food science and technology" Hui, Y. H.(ed.), John Wiley & Sons, Inc. New York, Vol. 3, p.1844(1992)
6. Lerici, C. R., Pinnavia, G., Dalla Rosa, M. and Bartolucci, L. : Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *J. Food Sci.*, 50, 1217(1985)
7. Hawkes, J. and Flink, J. M. : Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *J. Food Proc. Pre.*, 2, 265(1978)
8. Azuara, E., Cortes, R., Garcia, H. S. and Beristain, C. I. : Kinetics model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law. *Inter. J. Food Sci. Tech.*, 27, 409(1992)
9. Magee, T. R. A., Hassaballah, A. A. and Murphy, W. R. : Internal mass transfer during osmotic dehydration of apple slices in sugar solutions. *Ir. J. Food Sci. Technol.*, 7, 147(1983)
10. 윤광섭, 최용희 : 삼투 처리한 당근의 건조 특성. 한국식품과학회지, 28, 1126(1996)
11. 이병우, 신진진, 김명환, 최춘연 : 열풍건조 전 전처리방법이 당근 후레이크의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 21, 430(1989)
12. Ponting, J. D., Watters, G. G., Forey, R. R., Jackson, R. and Stanley, W. L. : Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol.*, 20, 125(1966)
13. 윤광섭, 최용희 : 건조방법을 달리한 건조키위의 품질변화 특성. 산업공학회지, 2, 49(1998)
14. 윤광섭, 최용희 : 사과와 양송이 삼투압건조시 물질이동 특성. 한국식품영양과학회지, 25, 824(1996)
15. Berstain, C. I., Azuara, E., Cortes, R. and Garcia, H. S. : Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple rings. *Inter. J. Food Sci. Tech.*, 25, 576(1990)
16. Conway, J., Castaigne, F. and Vovan, P. X. : Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. *Can. Inst. Food Sci. Technol.*, 16, 25(1983)

(1998년 7월 1일 접수)