

건조방법에 따른 양송이버섯의 흡습특성에 관한 연구

박종원 · 하영선 · 이준호
대구대학교 식품생명화학공학부

Moisture Absorption Characteristics of Mushroom (*Agaricus bisporus*) as Influenced by Different Drying Methods

Jong Won Park, Young Sun Ha and Jun Ho Lee

Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University

Abstract

Mushrooms (*Agaricus bisporus*) were dried using hot air, vacuum and freeze drying methods and their structure as influenced by the drying methods and changes in the moisture absorption under different humidity conditions were evaluated. It was observed by scanning electron microscopy that there were severe contractions in the cellular structure of the dried mushrooms when they were dried using hot air or vacuum. On the other hand, freeze-dried samples resulted in the least damage on the structure and maintained their porosity. Results from isotherm indicated that freeze-dried samples had the highest absorption capacity.

Key words: absorption characteristics, drying methods, isotherm, mushroom

서 론

식용버섯으로 대표적인 것은 송이, 양송이, 표고 및 느타리버섯 등을 들 수 있으며, 이들은 특히 비타민 D, B₂, 엽산 등을 많이 함유하고 있어 고혈압 예방과 빈혈치료에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Park *et al.*, 1998). 양송이버섯은 식용버섯 중 세계에서 가장 많이 재배되고있는 버섯으로 17세기 초 프랑스에서 최초로 재배하기 시작하였으며, 총 생산량은 약 100만 톤 정도로 전체 버섯생산량의 약 70%정도가 된다. 우리 나라에서는 1960년대 초 부터 재배하기 시작하였으며 1999년 기준 약 15,000 톤이 생산되고 있다(Park *et al.*, 1998).

현재 버섯의 저장과 유통은 주로 생버섯 상태로 이루어지고 있고 고등식물처럼 외피에 납질층이 없는 구조를 가지고 있어 조직에서 공기 증으로 수분

증발이 자유롭게 진행된다. 수분증발 속도는 버섯의 상태, 주위환경과 습도, 공기유동과 대기압 등에 따라 달라지며, 버섯으로부터의 수분증발은 갖과 줄기가 수축되고 단단해지며 형태의 변화와 효소활성의 변화에 의하여 향기성분 등에 영향을 미치게 된다(Mau와 Ziegler, 1993). 버섯은 수확한 후 단시일 내에 저온저장, CA저장, 병조림, 염장, 통조림 또는 건조 등의 가공처리를 하게된다(Mannheim와 Beit-Halachmy, 1992; Han *et al.*, 1992). 최근에는 버섯의 유통기한 연장을 목적으로 알긴산 코팅처리 기술이 개발되고 있으며(Nussinovitch와 Kampf, 1993), 벚집 트레이를 이용한 양송이버섯의 선도유지방안(Ahn와 Park, 1995), 진공예냉에 의한 선도연장방안(Kwon *et al.*, 1990)을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

건조양송이버섯은 경제적 관점에서 보면 저장성이 우수하고 부피가 적어 포장비가 적게 든다. 또한 식용할 경우 물이나 더운물에 복원시켜 조리하는데 시간이 적게 들고 에너지가 절약되며 휴대, 수송 및 보관이 용이하고 물류비용을 감소하는 효과

Corresponding author: Jun Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Daegu University, 15 Naeri, Jillyang, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea. Phone: +82-53-850-6535, Fax: +82-53-850-6539, E-mail: leejun@daegu.ac.kr

가 있다. 현재 국내에서 유통중인 양송이버섯은 생 버섯으로 유통되고 있을 뿐 건조양송이버섯은 찾아 볼 수가 없는 실정이다. 양송이버섯은 재배사에서 재배되기 때문에 사계절 모두 출하가 가능하나 여름이나 겨울의 경우 재배사의 온도유지를 위하여 막대한 시설비가 소요되기 때문에 봄가을의 출하가 격보다 약 2배정도 비싸게 유통되고 있는 실정이다. 유통의 효율성을 주기 위하여 통조림 등의 가공식품으로의 개발에 관한 연구가 일부 있으나 건조양송이버섯에 관한 연구는 거의 찾아보기 힘든 실정이다. 그러나 프랑스의 경우, 양송이버섯의 총생산량 중 75%를 가공식품으로 유통시키고 있으며 그 중 61%가 통조림식품으로 판매되고 있고(Kim *et al.*, 1995) 진공동결건조방법을 적용하여 가공식품개발에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

건조 버섯류의 흡습에 관한 연구로는 건조방법에 따른 표고버섯분말의 흡습특성에 관한 연구에서 열풍건조, 진공건조 및 동결건조과정에서 발생하는 품질변화를 비교분석하고 건조 표고버섯분말을 각기 다른 온도와 상대습도에서 저장하면서 각 건조방법에 따른 물리적 특성과 흡습특성에 관하여 보고한 바 있고(Ko *et al.*, 1999), 상대습도에 따른 건조버섯(*Lactarius trivialis*)의 흡습특성(Paakkonen, 1987)과 동결건조 버섯의 흡습특성에 관한 연구(Paakkone와 Plit, 1991)가 일부 보고된 바 있으나 건조양송이버섯의 흡습특성에 관한 연구는 거의 찾아보기 힘든 실정이다.

일반적으로 건조식품의 경우 아무리 건조가 잘 되었다 하더라도 저장온도 및 저장상대습도, 포장재의 방습조건 등이 적합하지 않으면 흡습에 의해서 저장기간 중 품질저하가 심하게 일어난다. 즉 건조식품의 저장 중 흡습의 정도에 따라 비효소적 갈색화 반응, 지방의 산패, 미생물의 발생 등을 초래함으로 건조식품의 변질을 방지하기 위해서는 저장 중 건조식품의 수분함량변화를 예측할 수 있는 등온흡습곡선을 작성하는 것이 중요하며, 이는 건조식품의 저장조건 및 포장조건의 선택 등을 위한 유용한 기초 자료가 될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 즉석 식품의 부재료로 이용되고 있는 양송이버섯의 흡습특성을 측정하기 위하여 상업적으로 널리 사용되고 있는 건조방법인 열풍건조, 진공건조, 동결건조를 이용하여 건조방법에 따라 달라진 조직구조와 공극의 크기에 따라 여러 가지 조건하에서 흡습량의 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 양송이버섯은 경북 경주시 건천읍 방래지역에서 생산된 것으로 갓의 직경이 3 cm정도이고 자루의 길이가 2~3 cm정도인 신선한 버섯을 구입하여 실험재료로 사용하였다.

실험장치

열풍건조장치는 송풍기, 공기가열부, 건조실로 구성되어 있는 열풍건조기(Model JS-1, Jinsung Engineering Co., Korea)를 이용하였으며 풍속을 측정하기 위하여 풍속계(Model 6243, Kanomax Co., Japan)를 이용하여 건조실 내부의 풍속을 측정하였다. 진공건조장치는 진공펌프, 공기가열부, 진공계측기, 진공건조실로 구성되어 있는 진공건조기(Model HB-501VL, Hanbaek Science Co., Korea)를 이용하였다. 진공건조실은 진공도를 조절할 수 있는 미세 밸브와 진공센서를 설치하였으며 진공도 측정을 위하여 진공계측기를 부착하여 건조를 시행하였다. 동결건조장치는 진공펌프, 냉각기, 진공계측기, 동결건조실로 구성되어 있는 동결건조기(Model FD-5508, Ilshin Engr. Co., Korea)에 진공계측기, 진공조절센서, 온도조절센서를 설치하여 건조하였다. 양송이버섯의 동결건조를 위한 찌탕계로 심온냉동고(Model D4514C, VWR Brand Co., USA)에서 예비 동결(-20°C)한 후 건조를 시행하였다(Loch-Bonazzi *et al.*, 1992).

실험설계

양송이버섯의 건조에 이용한 건조방법인 열풍건조조건은 건조온도 3수준(40, 60, 80°C), 건조풍속 3수준(0.5, 1, 1.5 m/s)으로 하였으며, 진공건조의 경우 건조온도 3수준(40, 60, 80°C), 진공도 3수준(10, 20, 30 mmHg)으로 하였고 동결건조의 경우 건조온도 3수준(20, 30, 40°C), 진공도 3수준(0.5, 1.0, 1.5 mmHg)으로 하고 중습합성법(Montgomery, 1984)에 따라 실험을 실시하였다.

조직구조

건조 양송이버섯의 건조방법별 미세 조직구조 관찰을 위하여 주사전자현미경(Model S-4100, Hitachi Co., Japan)을 이용하여 관찰하였다(Ko *et al.*, 1999).

상대습도 조절

데시케이터 내의 상대습도는 과포화염용액을 사용하여 조절하였다(Lewis, 1977). 이때 사용한 과포화염용액은 LiCl(11% RH), MgCl₂(33% RH), K₂CO₃(44% RH), NaNO₂(55% RH), NaBr(66% RH), NaCl(75% RH), KCl(85% RH), KNO₃(93% RH)등의 시약을 사용하였다. 즉, 다양한 염을 사용하여 제조한 과포화염용액을 각각의 데시케이터에 넣고 항온기(Model DS-1700, Daesan Engr. Co., Korea)에 보관하고 온도를 20°C로 유지하였다.

평형수분함량 측정

평형수분함량 측정을 위하여 과포화염용액을 직경 30 cm인 데시케이터에 넣고 평형상태로 만든 후 건조된 양송이버섯을 150 mL 플라스틱 용기에 넣은 후 4시간 간격으로 무게 변화를 측정하여 그 증감량으로부터 평형수분함량을 계산하였다.

건조방법에 따른 등온흡습곡선

과포화염용액을 이용하여 상대습도를 조절한 후 건조 양송이버섯의 무게변화가 없는 평형수분함량에 도달하였을 때의 값을 이용하여 등온흡습곡선을 나타내었다(Song, 1994).

결과 및 고찰

조직구조

양송이버섯의 건조방법을 달리하여 건조시킨 후 미세조직의 구조를 주사전자현미경을 이용하여 200배로 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 양송이버섯의 건조과정에서 일어나는 변화는 수분의 표면이동과 수축, 표면경화 등 조직의 변화가 있고, 특히 열풍건조와 진공건조의 경우 가열에 의해 결합수분이 제거되어 다공성 조직이 심하게 수축되어 있음을 볼 수 있다(Song, 1994). 동결건조의 경우 수분이 액상으로 이동하지 않은 상태에서 직접 얼음을 승화시켜 건조하는 것이기 때문에 다공성을 이루고 있는 것을 볼 수 있다(Ko *et al.*, 1999). 동결건조 과정에서 건조가 진행될수록 표면에서 내부로 건조층이 증가하게 되고, 상대적으로 동결층은 감소하게 되어 조직 내부에 공극이 존재하게 된다. 조직 내부에 공극이 많이 존재하게 되면 수축현상이 줄어들고 재수화에 의한 복원성이 높아지게 된다.

동결건조된 양송이버섯은 열풍건조된 버섯보다 열

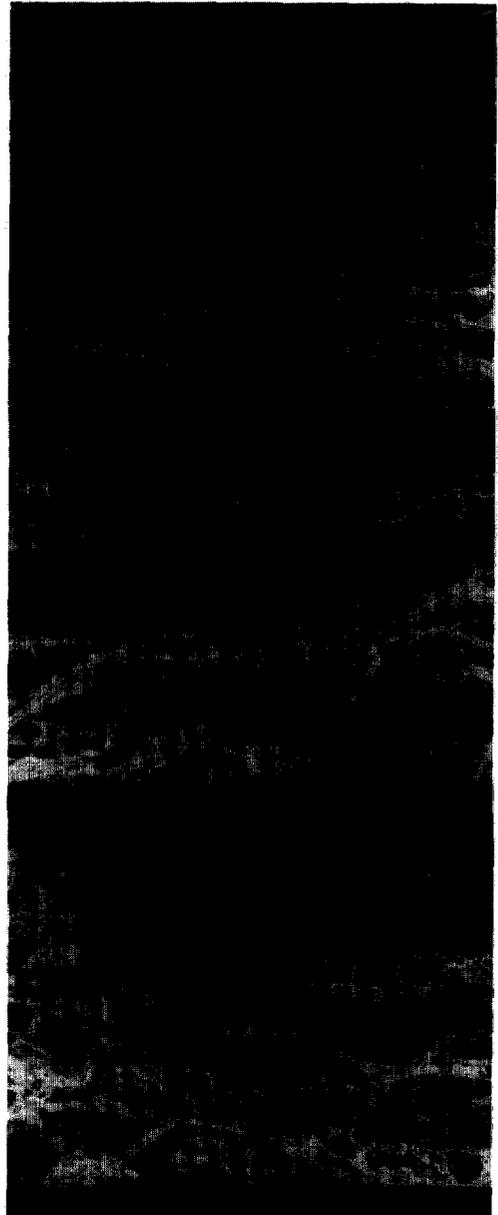


Fig. 1. Scanning electron microscopic photographs of mushroom (*Agaricus bisporus*) using different drying methods (A: hot-air dried at 40°C, 0.5 m/s, B: vacuum dried at 40°C, 10 mmHg, C: freeze dried at -40°C, 0.5 mmHg).

에 의한 수축이 적었기 때문에 상대적으로 다공성 구조를 보여주고 있다. 즉, 동결건조된 양송이버섯은 열풍건조 또는 진공건조된 버섯에 비해 조직의 수축성이 적으며 건조에 의한 물성변화를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과는 고 등

(1992)의 건조방법에 따른 표고버섯분말의 조직구조에서 동결건조가 열풍건조 및 진공건조보다 다공성을 많이 가지고 있다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

상대습도에 따른 평형수분함량

건조방법과 상대습도에 따른 평형수분함량 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 모든 건조조건에

서 상대습도가 낮을수록 평형수분함량에 도달되는 시간이 단축되는 반면에 상대습도가 높을수록 그 시간이 길어짐을 알 수 있다. 또한 상대습도가 높을수록 흡수되는 수분의 양이 증가하는 경향을 관찰할 수 있다. 높은 상대습도 조건에서 동결건조된 양송이버섯이 열풍 및 진공건조된 시료에 비해 상대적으로 높은 평형수분함량을 나타내고 있어 우리나라의 연평균 상대습도가 68% 내외이고 7월부터 9월의 3개월간의 상대습도가 평균 84%인 것(Ko et

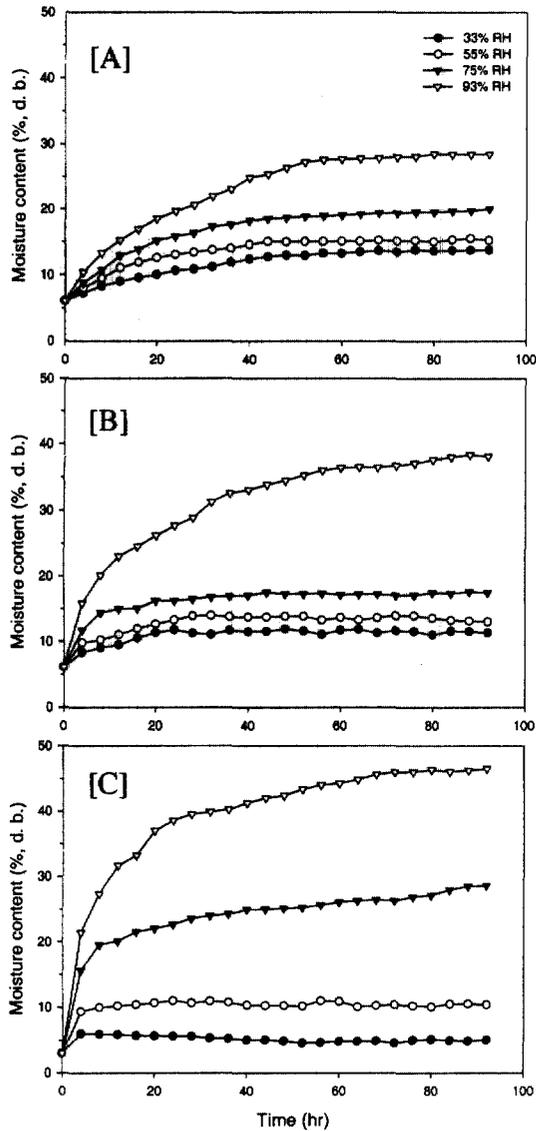


Fig. 2. Changes in moisture content under different humidity conditions at 20°C (A: hot-air dried at 40°C, 0.5 m/s, B: vacuum dried at 40°C, 10 mmHg, C: freeze dried at -40°C, 0.5 mmHg).

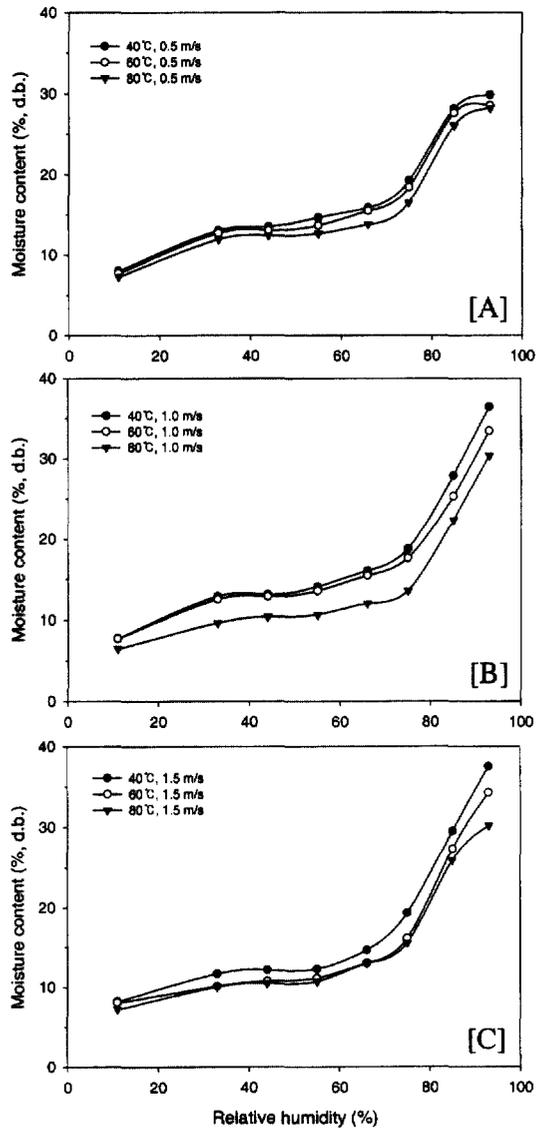


Fig. 3. The isotherm curves of mushroom (*Agaricus bisporus*) as affected by temperature and air velocity during hot-air drying.

al., 1999)을 감안할 때 동결건조된 버섯의 저장안정성이 다소 떨어질 것으로 예상된다. 이와 같은 현상은 동결건조시 양송이버섯 조직내부가 다공성의 조직으로 이루어져 있는 반면 열풍건조를 시행한 양송이버섯은 수축과 표면경화현상으로 흡습되는 속도도 느릴 뿐만 아니라 버섯 내부로 이동하는 수분도 그만큼 적게 흡습 되었기 때문인 것으로 사료된다. 이러한 결과는 Kim et al. (1984)의 저장상대습도 및 온도에 따른 분말고추의 흡습특성에 관한 결과와 Kim et al. (1998)의 버의 수분흡습특성에 관

한 연구 결과와 유사하였다.

건조방법에 따른 등온흡습곡선

열풍건조, 진공건조 및 동결건조방법에 따른 등온흡습곡선은 Figs. 3~5에 각각 나타나 있으며, Fig. 6에는 건조방법에 따른 등온흡습곡선을 비교하여 나타내었다. 모든 조건에서 전형적인 sigmoid 형태를 나타내고 있으며, 건조방법에 관계없이 건조온도가 낮을수록 높은 평형수분함량을 나타내었다. 또한 높은 온도에서 건조된 버섯은 같은 상대습도조건에서

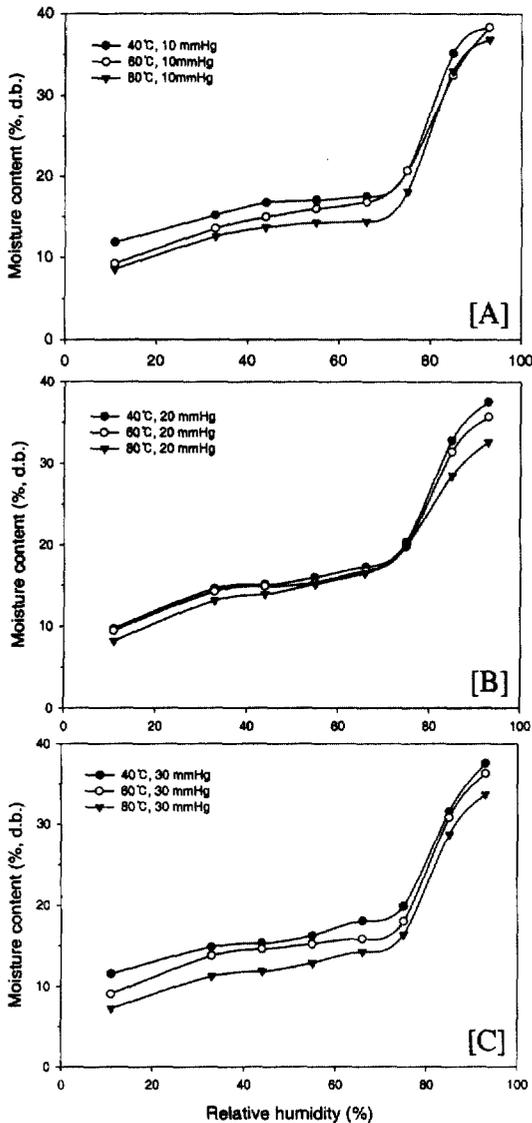


Fig. 4. The isotherm curves of mushroom (*Agaricus bisporus*) as affected by temperature and vacuum pressure during vacuum drying.

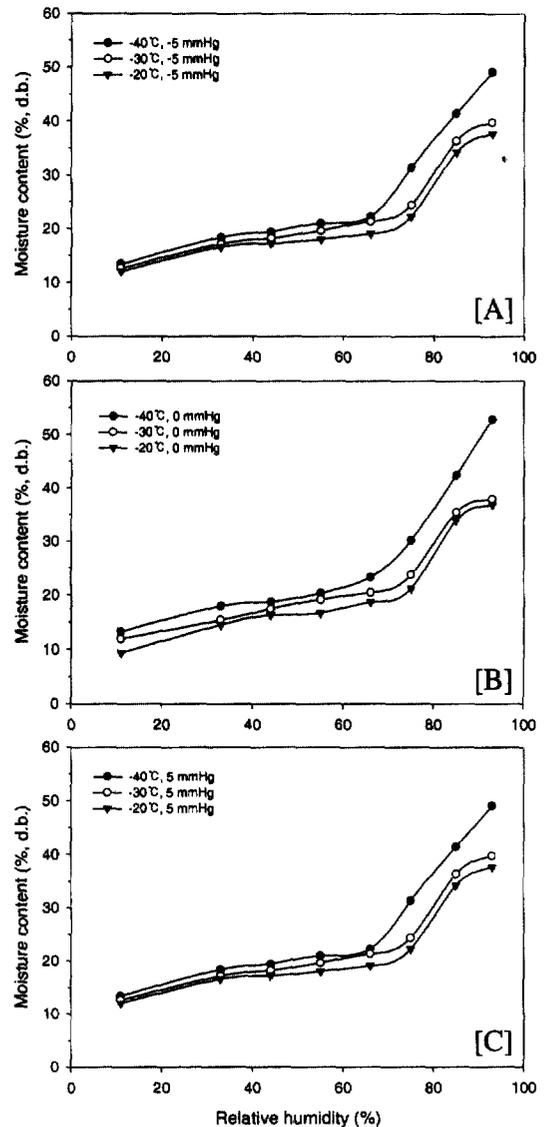


Fig. 5. The isotherm curves of mushroom (*Agaricus bisporus*) as affected by temperature and vacuum pressure during freeze drying.

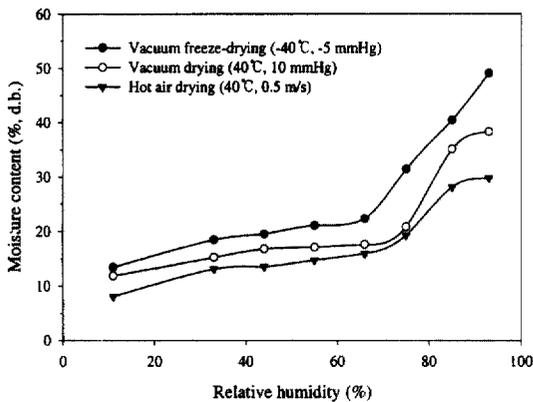


Fig. 6. Comparison of the isotherm curves of mushroom (*Agaricus bisporus*) depending on the drying methods.

흡습량이 상대적으로 낮음을 알 수 있다.

높은 풍속조건에서 건조된 버섯의 흡습량이 높은 상대습도조건인 경우 다소 높게 나타났으나 다른 상대습도조건에서는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 3). 또한 진공도가 다른 조건에서 진공건조된 버섯의 경우 진공도 변화에 따른 흡습량의 차이는 나타나지 않았다(Fig. 4). 동결건조된 버섯의 경우에도 높은 상대습도조건에서 진공도에 따른 약간의 흡습량의 차이를 보였으나 전반적으로 그 차이는 미미하였다(Fig. 5).

흡습정도를 비교해 볼 때 동결건조, 진공건조, 열풍건조 순으로 흡습이 잘되는 것으로 나타났다 (Fig. 6). 흡습에 미치는 영향은 여러 가지가 있는데, 특히 물리적 특성 중 조직구조의 다공성에 따른 차이가 큰 영향으로 흡착과 마찬가지로 공극 면적이 가장 크기 때문에 그 만큼 수분을 흡습할 수 있어 동결건조에서 가장 많은 흡습량을 보여주고 있으며, 공극이 가장 적은 열풍건조가 제일 낮은 흡습량을 보여주었다. 이는 물리적 특성 중 공극률과 공극면적이 흡습에 직접 영향을 미치며 공극이 클수록 흡습이 많이 된다는 Ko *et al.* (1999)의 표고버섯의 흡습특성에 관한 연구와 유사한 경향을 나타내었고, Kim *et al.* (1984)의 온습도 조건에 따른 분말고추의 흡습특성에 관한 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

요 약

양송이버섯을 현재 상업적으로 널리 사용되고 있는 건조방법인 열풍건조, 진공건조, 동결건조를 이

용하여 건조방법에 따라 달라진 조직구조와 공극의 크기 및 흡습량 변화에 관하여 살펴보았다. 미세 조직구조는 열풍건조와 진공건조의 경우 가열에 의해 결합수분이 제거되어 조직이 심하게 수축되어 있음을 알 수 있었으며, 반면에 동결건조의 경우에는 조직의 손상이 크게 억제되어 다공성이 유지되어 있는 것으로 관찰되었다. 진공건조의 경우는 열풍건조와 비교하여 심하지는 않았으나 동결건조에 비해서는 조직 손상이 많은 것으로 나타났다. 상대습도의 변화에 따른 평형수분함량 도달시간에 관하여 조사한 결과 상대습도가 낮을수록 평형수분함량에 도달하는 시간이 짧은 반면에 상대습도가 증가할수록 도달시간이 길어짐을 알 수 있었다. 건조방법에 따른 평형수분함량은 열풍건조조건인 경우가 동결건조조건에 비해 낮은 것으로 나타났다. 건조방법에 따른 등온흡습곡선을 비교한 결과 모든 조건에서 전형적인 sigmoid형태를 나타냈다. 또한 동결건조, 진공건조, 열풍건조의 순으로 흡습이 잘되는 것으로 나타났다.

문 헌

- Ahn, B.K. and N.H. Park. 1995. Mushroom (*Agaricus bisporus*) pre-packaging by the rice straw pulp tray. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**: 353-357
- Han, D.S., B.H. Ahn and H.K. Shin. 1992. Modified atmosphere storage for extending shelf life of Oyster mushroom and Shiitake. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**: 376-384
- Kim, B.S., G.B. Nahm, O.W. Kim and D.C. Kim. 1995. Freshness keeping of Shiitake mushroom by vacuum cooling. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**: 852-859
- Kim, H.K., M.H. Park, B.Y. Min and K.B. Suh. 1984. Sorption characteristics of red pepper powder with relative humidity and temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* **16**: 108-112
- Kim, J.S., H.K. Koh and D.B. Song. 1998. Adsorption characteristics of short grain rough rice. *J. Korean Soc. Agri. Mach.* **23**: 465-472
- Ko, J.W., W.Y. Lee, J.H. Lee, Y.S. Ha and Y.H. Choi. 1999. Absorption characteristics of dried Shiitake mushroom powder using different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**: 128-137
- Kwon, J.H., M.W. Byun and H.O. Cho. 1990. Browning and color characteristics in mushrooms (*Agaricus bisporus*) as influenced by ionizing energy. *Korean J. Food Sci. Technol.* **22**: 509-513
- Lewis, G. 1977. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *J. Res. Nat. Bur. Stand. (Phys. and*

- Chem.*) **81A**: 89-96
- Loch-Bonazzi, C.L., E. Wolff and H. Wolff. 1992. Quality of dehydrated cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*): a comparison between different drying and freeze-drying processes. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **25**: 334-339
- Mannheim, C.H. and I. Beit-Halachmy. 1992. Is modified atmosphere packaging beneficial for fresh mushrooms? *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **25**: 426-432
- Mau, J.L. and G.R. Ziegler. 1993. Factors affecting 1-octen-3-ol in mushrooms at harvest and during postharvest storage. *J. Food Sci.* **58**: 331-334
- Montgomery, D.C. 1984. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA
- Nussinovitch, A. and N. Kampf. 1993. Shelf-life extension and conserved texture of alginate-coated mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **25**: 469-475
- Paakkonen, K. 1987. The water sorption of chitin isolated for the Northern Milk mushroom (*Lactarius trivialis*). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **20**: 259-262
- Paakkonen, K. and L. Plit. 1991. Equilibrium moisture content and state of water in chitin. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* **24**: 259-262
- Park, M.H., K.Y. Oh and B.W. Lee. 1998. Anti-cancer activity of *lentinus edodes* and *pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**: 702-708
- Song, S.G. 1994. Characteristics and modeling for drying process of mushroom. M.S. thesis, Seoul National Univ., Korea