

건조방법에 따른 양송이버섯의 물리적 특성에 관한 연구

하영선 · 박종원 · 이준호
대구대학교 식품 · 생명 · 화학공학부

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

Young Sun Ha, Jong Won Park and Jun Ho Lee
Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Taegu University

This research was conducted to study the changes in physical characteristics of mushrooms (*Agaricus bisporus*) as influenced by drying methods. Samples were dried using either hot air drying, vacuum drying, or freeze drying and changes in the color, browning index, hardness and rehydration rate were evaluated by response surface methodology. Hot air drying resulted in the fastest drying of sample as compared to other methods. The rate of drying was most affected by the environmental temperature rather than air velocity or vacuum pressure. The overall color difference increased as the temperature and air velocity increased. The overall color changes of the freeze dried samples were minimal as compared to those of fresh mushrooms. The hot air dried samples showed the greatest changes in the overall color, browning index as well as hardness. The freeze dried samples showed the best rehydration characteristic and maintained the best overall quality after drying.

Key words : mushroom, *Agaricus bisporus*, drying methods, physical characteristics

서 론

버섯은 옛날부터 식용으로 이용해 왔으며 단백질, 당질, 무기질 및 각종 아미노산과 비타민 등을 고루 갖춘 영양식품이며 다양한 효소가 함유되어 있을 뿐만 아니라 특유한 맛과 향기를 가지고 있어 기호성이 높은 식품으로 인식되고 있다. 최근에는 항산화효과, 항균 및 항암 효과에 대한 연구결과가 보도되고 있어 영양학적 가치뿐만 아니라 건강식품으로서 인식되어 그 소비량이 증가하고 있는 추세이다^(1,2).

현재 시중에서 유통되고 있는 버섯은 주로 생버섯의 상태이다. 버섯은 고등식물처럼 외피에 납질층이 없는 구조를 가지고 있어 조직에서 공기중으로 수분증발을 억제할 수 있는 생리구조를 가지고 있지 않아 버섯내부 조직에서 공기중으로 수분증발이 자유롭게 진행된다. 수분증발 속도는 버섯의 상태, 주위환경과 습도, 공기유동과 대기압 등에 따라 달라지며 버섯으로부터의 수분증발로 맛과 줄기가 수축되고 단단해지며 형태의 변화와 효소활성의 변화에 의하여 향기성분에 영향을 미치게 된다⁽³⁾.

따라서 버섯은 수확한 후 단시일 내에 저온저장, CA저장, 병조림, 염장, 통조림 또는 건조 등의 가공 과정을 거친다^(4,5). 최근에 버섯의 유통기한 연장을 목적으로 알긴산 코팅처리 기술이 개발되고 있으며⁽⁶⁾, 포장방법을 달리한 생버섯의 저장⁽⁷⁾, 빗집 트레이를 이용한 양송이버섯의 선도유지방안⁽⁸⁾, 진공에냉에 의한 선도연장방안^(9,10)을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 국내에서 유통중인 양송이버섯은 생버섯으로 유통되고 있을 뿐 건조양송이버섯은 찾아볼 수가 없다. 버섯의 건조와 관련된 연구로는 표고버섯과 영지버섯의 품질변화에 미치는 열풍건조조건에 관한 보고⁽¹¹⁻¹³⁾와 마이크로웨이브 및 열풍에 의한 양송이버섯 건조에 관한 연구가 보고된 바 있고⁽¹⁴⁾, 진공건조시 양송이버섯의 품질변화에 관한 연구가 일부 보고되었다⁽¹⁵⁾. 또한 동결건조방법의 경우 버섯의 흡습특성⁽¹⁶⁻¹⁸⁾, 양송이버섯의 향기성분 보유력에 미치는 동결건조조건에 관한 영향⁽¹⁹⁻²³⁾ 등의 연구가 외국에서 활발히 진행되고 있다. 이밖에도 양송이버섯으로부터 추출되는 직접 또는 간접적 변성물질에 미치는 진공 또는 진공동결 건조의 영향⁽²⁴⁾에 관한 연구가 보고된 바 있다. 하지만 국내에서는 양송이버섯의 건조방법에 따른 물리적 특성에 관한 연구는 거의 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 최근 즉석 식품의 부재료로 이용되고 있는 양송이버섯을 현재 상업적으로 널리 사용되고 있는 건조방법인 열풍건조, 진공건조, 동결건조를 이용하여 건조하고 각각의 방법에 따른 물리적 특성을 비교 분석하였다.

Corresponding author : Jun Ho Lee, Division of Food, Biological and Chemical Engineering, Taegu University, 15 Naeriri, Jinryang, Kyongsan, Kyungpook 712-714, Korea
Tel : 82-53-850-6535
Fax : 82-53-850-6539
E-mail : leejun@biho.taegu.ac.kr

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 양송이버섯은 경북 경주시 건천읍 방래 지역 농가에서 재배 수확한 것으로 갓의 직경이 3 cm 정도이고 자루의 길이가 2~3 cm 정도인 신선한 버섯을 구입하여 실험재료로 사용하였다.

실험장치

열풍건조실험에 사용된 실험장치는 송풍기, 공기가열부, 건조실로 구성되어 있는 열풍건조기(Model JS-1, Jinsung Engr. Co., Korea)를 이용하였으며 풍속계(Model 6243, Kanomax Co., Japan)를 이용하여 건조실 내부의 풍속을 측정하였다. 진공건조실험에 사용된 실험장치는 진공펌프, 공기가열부, 진공계측기, 진공건조실로 구성되어 있는 진공건조기(Model HB-501VL, Hanbaek Sci. Co., Korea)를 이용하였다. 진공건조실은 진공도를 조절할 수 있는 미세밸브와 진공센서를 설치하였으며 진공도 측정을 위하여 진공계측기를 부착하여 건조를 시행하였다. 동결건조실험에 사용된 실험장치는 진공펌프, 냉각기, 진공계측기, 동결건조실로 구성되어 있는 동결건조기(Model FD-5508, Ilsin Engr. Co., Korea)를 이용하여 버섯을 건조하였다. 양송이버섯의 동결건조를 위한 첫단계로 심온냉동고(Model D4514C, VWR Brand Co., USA)에서 -20°C로 예비 동결한 후 건조를 시행하였다⁽¹⁵⁾.

실험계획 및 통계처리

각 건조공정에서 각각의 공정인자가 시료의 물리적 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 반응표면분석법(response surface methodology; RSM)⁽²⁵⁾을 이용하였다. 중심합성계획법을 이용하여 열풍건조의 경우 온도(40, 60 및 80°C)와 풍속(0.5, 1 및 1.5 m/s), 진공건조의 경우 온도(40, 60 및 80°C)와 진공도(10, 20 및 30 mmHg), 그리고 동결건조의 경우 온도(-20, -30 및 -40°C)와 진공도(0.5, 1.0 및 1.5 mmHg)를 주요 독립변수로 하였으며 색도, 갈변도 및 경도를 종속변수로 하였으며, 이들은 3회 이상 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다. 각 건조방법별 설정된 변수의 범위는 Table 1에 요약되어 있다. 분석결과는 SAS(statistical analysis system) program을 이용하여 다중회귀분석하고 반응변수에 대한 모델을 추정하여 반응표면 모형식으로 2차 회귀모형을 얻었다⁽²⁶⁾.

건조방법에 따른 수분함량변화 측정

건조방법에 따라 열풍건조장치, 진공건조장치 및 동결건조장치를 이용하여 각각 10개의 시료를 4시간 간격으로 항량 때 까지 건조하였으며 평균값을 이용하여 수분함량변화를 나타내었다.

색도 측정

색도는 색차계(Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 각각 3회 이상 반복 측정하고 아래의 식을 이용하여 건조전 신선한 양송이버섯과의 색도차(ΔE)를 나타내었다⁽²⁷⁾.

Table 1. Levels of independent variables used depending on the drying methods

Drying methods	Temperature (°C)	Velocity (m/s)	Vacuum (mmHg)
Hot air drying	40	0.5	-
		1.0	-
		1.5	-
	60	0.5	-
		1.0	-
		1.5	-
80	0.5	-	
	1.0	-	
	-	-	10
Vacuum drying	40	-	20
		-	30
		-	10
	60	-	20
		-	30
		-	10
Freeze drying	-20	-	10
		-	20
		-	30
	-30	-	0.5
		-	1.0
		-	1.5
-40	-	0.5	
	-	1.0	
	-	1.5	

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2}$$

갈변도 측정

건조 양송이버섯 1g에 증류수 40 mL를 가하고 10% trichloro acetic acid 용액 100 mL를 가하여 상온에서 2시간 방치한 후 Toyo No. 2 여과지로 여과한 후 spectrophotometer(Model UV-1201, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다⁽⁹⁾.

Hardness 측정

경도 측정은 Texturometer(Model 1011, Instron Co., USA)를 이용하였으며, 건조 방법별 각 시료를 무작위로 5개를 선택하여 갓의 중앙부분을 상부에서 압축하여 측정하였다. 사용한 경도 측정용 원통형 probe는 직경이 3 mm이며, 13 mm/min의 속도로 시료 표면으로부터 3 mm 깊이까지 측정하였고 chart speed는 50 mm/min, load range는 5 kg_f으로 각각 설정하여 사용하였다.

재수화 특성

건조양송이버섯을 증류수에 30분 간격으로 침지 후 꺼내 표면에 붙어있는 수분을 제거한 후 무게를 측정하였다. 이때 복원율은 건조한 양송이버섯의 고형분 무게에 대한 복원 후의 수분 무게비로 나타내었다.

결과 및 고찰

수분함량변화

각 건조방법에 따른 수분함량변화는 Fig. 1에 비교되어 있다. 열풍건조 조건에 따른 양송이버섯의 건조온도와 풍속의 영향을 살펴보면, 모든 조건에서 온도의 영향이 크게 나타나고 있으나, 풍속의 영향은 온도에 비해 미치는 영향보다 적었다. 열풍건조 조건에서 각 조건에 대한 수분함량 8%(w.b.)에 도달된 시간을 건조풍속 0.5 m/s에서 비교하여 볼 때, 80, 60, 40°C의 경우 12, 24, 40시간이 각각 소요되었고, 건조풍속 1 m/s에서는 12, 20, 36시간이 각각 소요되었으며, 건조풍속 1.5 m/s일 때 12, 16, 32시간이 각각 소요되었다(Fig. 1A). 건조조건에 따른 평형수분함량은 80°C, 1.5 m/s의 조건에서는 7.64%(w.b.)이고, 40°C, 0.5 m/s의 조건에서는 6.15%(w.b.)로 나타났다. 이러한 경향은 높은 온도에서 조직의 수축과 표면경화현상으로 더 이상 건조되지 않고 수분이 조직내부에 유지되기 때문인 것으로 판단된다. 이 결과는 송⁽²⁸⁾의 표고버섯과 느타리버섯의 건조에 관한 연구에서 온도가 증가함에 따라 평형수분함량은 높아진다고 보고한 연구와 Cho 등⁽²⁹⁾의 근채류의 건조 및 수축특성에 관한 연구에서 열풍건조로 인하여 수축 변형 및 표면경화현상을 일으켜 품질변화를 수반하게 된다는 보고와 유사한 경향을 나타내고 있다.

진공건조 조건에 따른 양송이버섯의 건조온도와 진공도의 영향은 Fig. 1B에 나타나 있다. 진공건조 조건에서 각 조건에 대한 수분함량 8%(w.b.)에 도달된 시간은 진공도 10 mmHg에서 80, 60, 40°C의 경우 12, 16, 24시간이 각각 소요되었고, 진공도 20 mmHg에서는 12, 20, 32이 각각 소요되었으며, 진공도 30 mmHg에서는 12, 36, 40시간이 각각 소요되었다. 더 이상 건조되지 않고 평형에 도달한 수분함량은 80°C, 30 mmHg 조건에서 6.81%(w.b.)이고, 40°C, 10 mmHg 조건에서는 6.63%(w.b.)로 나타났다.

Fig. 1C는 동결건조에 따른 양송이버섯의 건조곡선을 나타내고 있다. 동결건조에서 각 조건에 대한 수분함량 8%(w.b.) 도달시간은 진공도 0.5 mmHg에서 -40, -30, -20°C의 경우 20, 40, 60시간이 각각 소요되었고, 1.0 mmHg의 경우 24, 52, 64, 1.5 mmHg의 경우 28, 56, 64시간이 각각 소요되었다. 평형에 도달한 수분함량은 -40°C, 0.5 mmHg 조건에서 3.01%(w.b.)이고 -20°C, 1.5 mmHg 조건에서는 3.99%(w.b.)로 나타났다. 동결건조의 경우 온도와 진공도의 영향이 모두 크게 나타났으며, 진공도 보다는 건조실 내부의 온도가 건조시간에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 건조방법에 따른 건조시간은 열풍건조 조건이 가장 빠른 것으로 나타났고, 동결건조의 경우 열풍건조보다 약 8시간정도 더 소요되었다. 이는 동결건조에서 수분의 기화속도가 열풍건조 및 진공건조의 수분 증발 속도보다 느리기 때문인 것으로 사료된다.

색도 변화

건조방법에 따른 양송이버섯의 색도 측정의 결과를 Fig. 2-3에 나타내었다. 밝은 정도를 나타내는 L(lightness)값은 열풍건조의 경우 건조온도가 낮을수록 건조풍속이 적을수록 가장 밝은 값을 나타내었고 건조온도와 풍속이 클수록 밝은 정도가 감소하였다(Fig. 2A). 이러한 결과는 Jee 등⁽³⁰⁾이 보고한

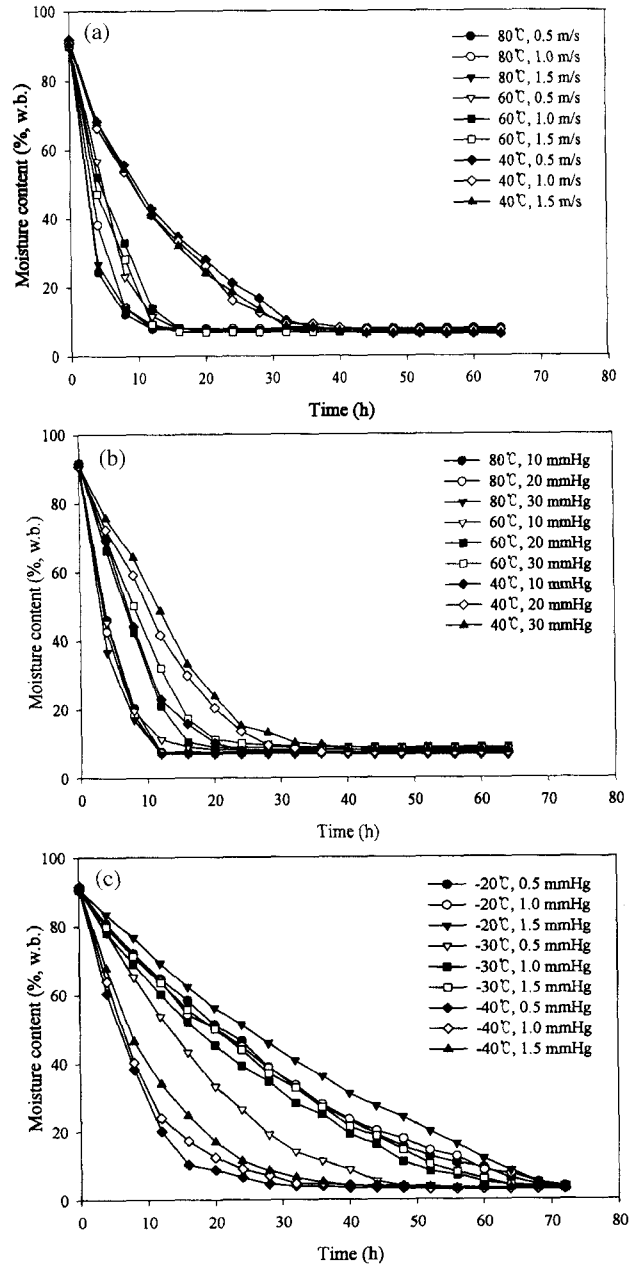


Fig. 1. Changes in moisture content of mushroom (*Agaricus bisporus*) by different drying methods (A: hot air drying, B: vacuum drying, and C: freeze drying)

복령의 건조에 관한 연구에서 건조온도가 높아질수록 L값이 증가를 보였으나 풍속의 변화에 따른 차이는 거의 나타나지 않았다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

진공건조의 경우 건조온도와 낮고 진공도가 높을수록 L값이 크게 측정되었으며, 진공도 보다 건조온도가 미치는 영향이 더 큰 것으로 나타났다(Fig. 2B). 동결건조의 경우도 진공건조와 유사한 경향을 나타내었으며, 이는 Loch-Bonazzi 등⁽¹⁵⁾이 보고한 양송이버섯의 건조에 따른 품질 특성에 관한 연구에서 동결온도가 낮을수록 L값의 변화가 적었다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 2C).

Fig. 3에서 색차를 나타내는 ΔE값은 높은 온도와 빠른 풍속, 그리고 낮은 진공도에서 점차 증가하는 경향을 나타내었

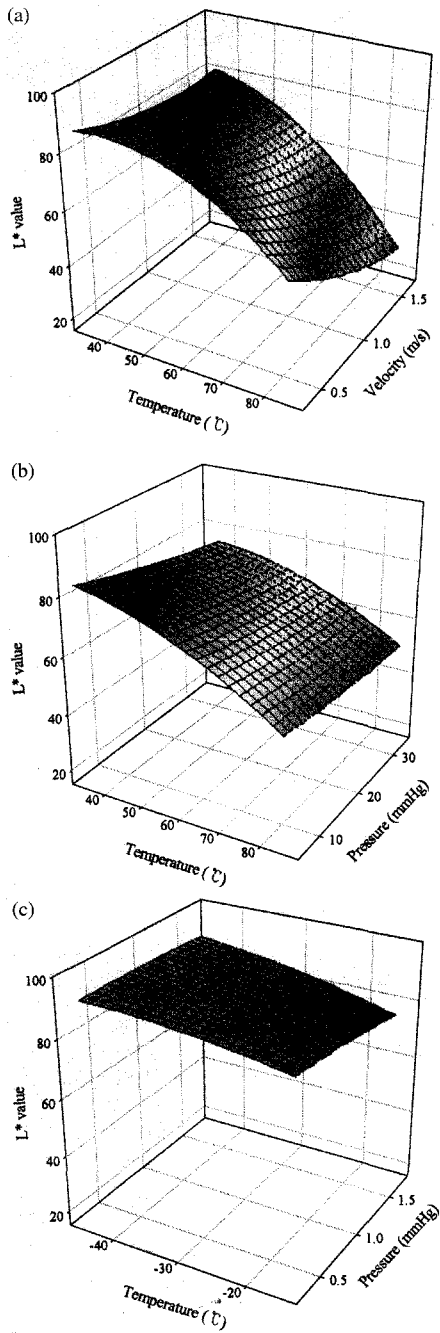


Fig. 2. Response surfaces of color (L value) at different levels of independent variables during drying (A: hot air drying, B: vacuum drying, and C: freeze drying)

다. 동결건조시킨 양송이버섯의 색도는 건조시키지 않은 신선한 양송이버섯의 색도와 거의 차이가 없었고, 진공건조나 열풍건조를 시행한 양송이버섯의 L값은 크게 감소하여 전체적으로 어두운 값을 나타내었다. 특히 80°C, 1.5 m/s의 열풍건조 조건의 경우 가장 낮은 L값을 나타내었다. 또한 a와 b 값은 동결건조에 비해 열풍건조나 진공건조시 크게 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Lee 등⁽³¹⁾의 건조방법에 따른 마의 품질특성에 관한 색도변화의 결과와 Komanowski 등⁽¹¹⁾의 양송이버섯의 열풍건조에 관한 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

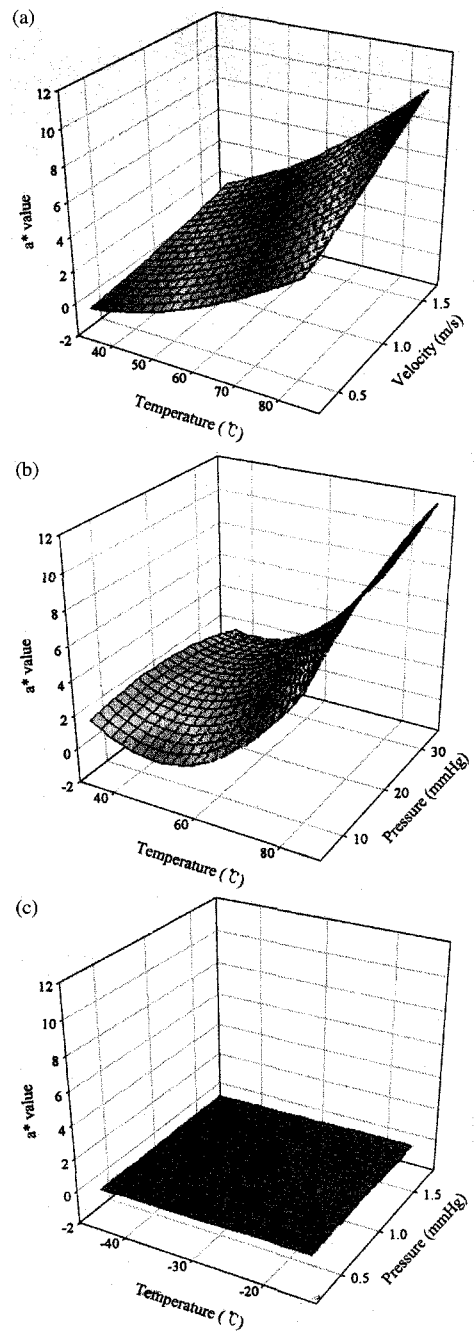


Fig. 3. Response surfaces of color (ΔE value) at different levels of independent variables during drying (A: hot air drying, B: vacuum drying, and C: freeze drying)

갈변도 변화

열풍건조, 진공건조 및 동결건조시킨 양송이버섯의 갈변도를 420 nm에서 측정된 결과(Fig. 4)를 보면 열풍건조의 경우 건조온도가 높고 건조풍속이 증가할수록 갈변도는 증가하는 경향을 나타내었으며, 건조풍속의 영향은 낮은 온도에서는 갈변도의 변화가 적었지만 온도가 높아질수록 갈변도는 증가하였다(Fig. 4A). 이러한 결과는 Park 등⁽³²⁾이 보고한 표고버섯의 열풍건조 특성에 관한 연구에서 열풍의 온도와 건조실내의 상대습도가 증가할수록 갈변도는 증가한다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

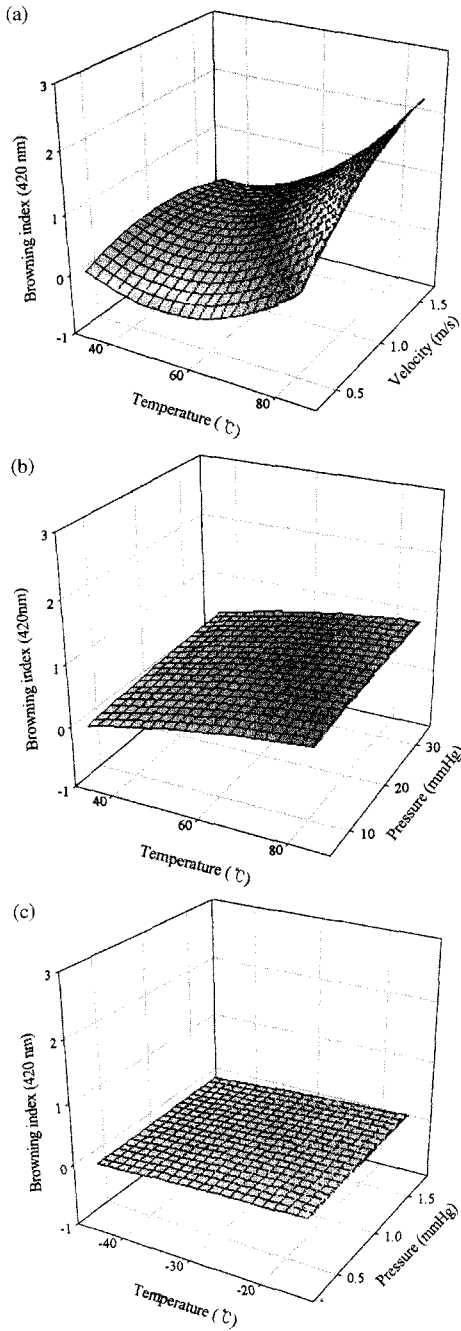


Fig. 4. Response surfaces of browning at different levels of independent variables during drying (A: hot air drying, B: vacuum drying, and C: freeze drying)

진공건조의 경우 열풍건조와 비슷한 경향을 나타내었으며, 온도가 높을수록, 진공도가 낮을수록 갈변도는 증가하였다(Fig. 4B). 동결건조의 경우 열풍건조와 진공건조의 경우처럼 고온조건이 아니기 때문에 갈변도에 미치는 영향은 적었고, 건조실 내부의 온도가 -40°C의 경우보다 -20°C에서 갈변도의 변화는 크게 나타났다(Fig. 4C). 전체적인 결과를 보면 건조풍속 및 진공도의 영향보다 건조온도의 영향을 더 많이 받는 것으로 보여진다.

Hardness 변화

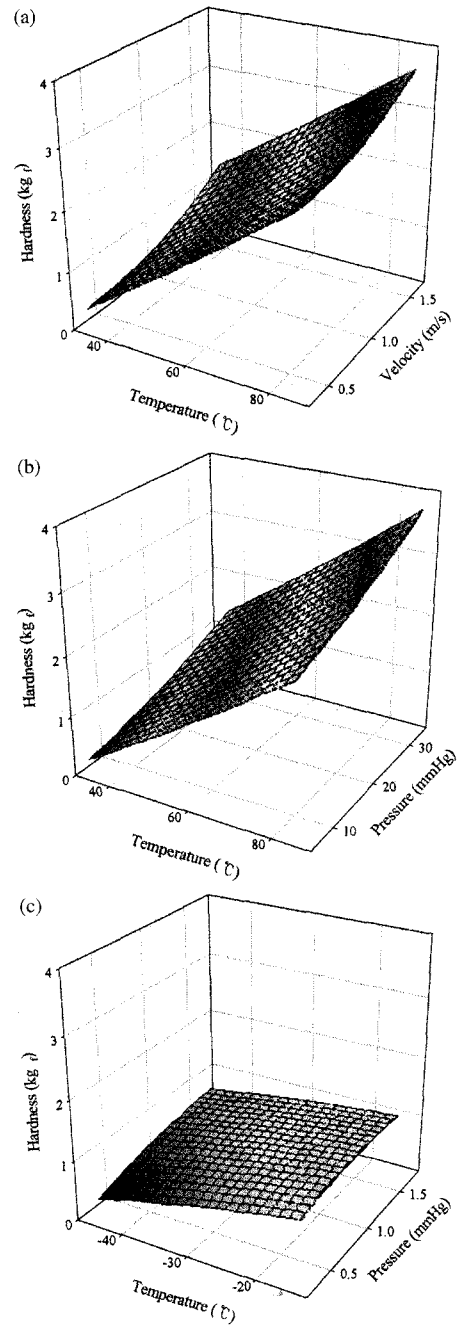


Fig. 5. Response surfaces of hardness at different levels of independent variables during drying (A: hot air drying, B: vacuum drying, and C: freeze drying)

Fig. 5는 건조방법에 따른 양송이버섯의 표면경도의 변화를 나타낸 것으로 열풍건조의 경우 건조온도가 양송이버섯의 경도에 미치는 영향은 온도가 높을수록 크게 증가하는 경향을 보였으나 풍속의 영향은 건조온도보다 적은 것으로 나타났다(Fig. 5A). 진공건조의 경우 양송이버섯의 표면 경도 증가에 영향을 미치는 것은 주로 건조온도이며 진공도의 영향은 건조온도의 영향보다 적었다(Fig. 5B). 동결건조의 경우 -40°C, 0.5 mmHg 조건에서 가장 낮은 경도 값을 나타내었고 온도가 올라가고 진공도가 낮을수록 점차 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 5C). 건조방법에 따른 경도변화를 비교하여

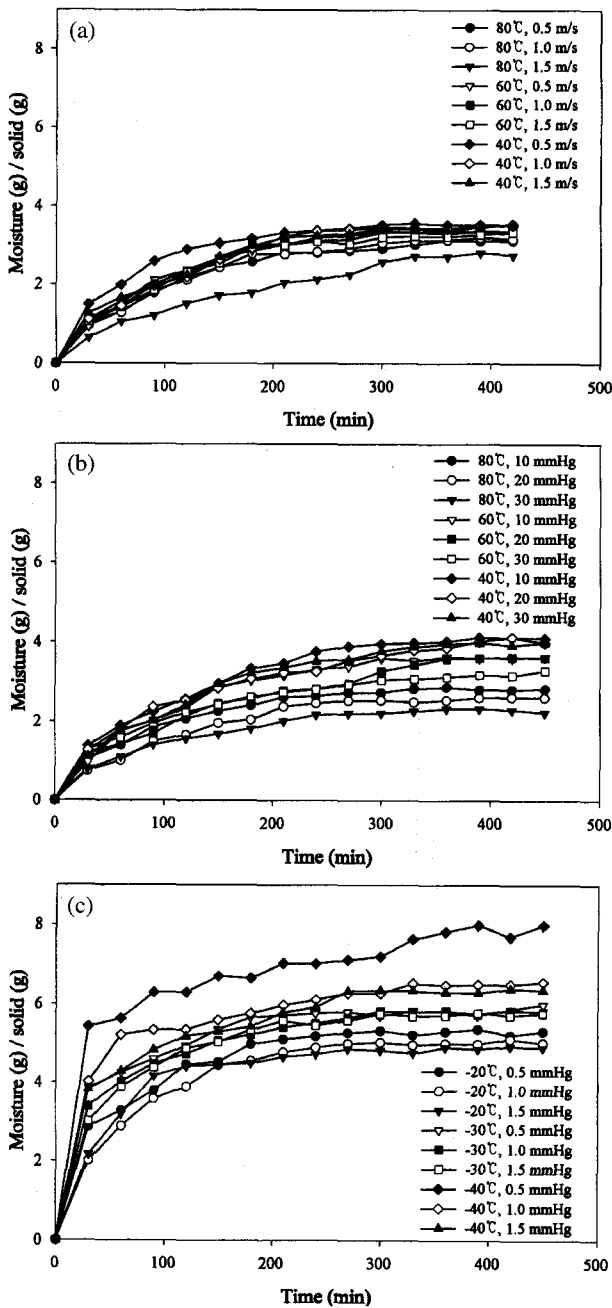


Fig. 6. Rehydration curves of dehydrated mushroom (*Agaricus bisporus*) by different drying methods (A: hot air drying, B: vacuum drying, and C: freeze drying)

불 때 동결건조가 다른 건조방법에 비해 경도변화가 적었으며, 이는 건조되었다 하더라도 조직내부가 다공성으로 이루어졌기 때문이라 사료된다.

재수화 특성

Fig. 6은 양송이버섯의 재수화 특성을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 열풍건조를 시행한 양송이버섯의 재수화율을 측정할 결과 증류수에 침지 후 180분까지 흡수량이 계속 증가하다가 이후 흡수량의 변화가 적었다. 또한 건조온도가 증가할수록 복원율이 낮았으며 건조실 내부의 풍속이 빠를수록

복원율은 낮아지고, 건조온도 및 풍속이 높아짐에 따라 복원되는 수분의 양은 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 6A). 이러한 결과는 Back 등⁽¹²⁾의 45~90°C 범위에서 건조표고버섯의 열풍건조시 온도가 증가할수록 재수화율은 감소한다는 연구결과와 유사하였다.

진공건조의 경우 건조온도가 높을수록, 진공도가 낮을수록 재수화되는 수분의 양은 감소되는 경향을 나타내었으며(Fig. 6B), 동결건조의 경우 침지 후 30분까지 급격한 흡수율을 보여 주다가 이후에 흡수량의 변화가 감소되었다(Fig. 6C). 또한 -40°C, 0.5 mmHg 조건에서 가장 많은 흡수량을 나타내었고, 반면에 -20°C, 1.5 mmHg 조건에서는 흡수량이 가장 적었다. 이런 결과는 동결건조시 낮은 온도 및 높은 진공도에서 수분이 승화되는 속도가 빠르고 다공성이 많이 존재하기 때문인 것으로 판단되며, Loch-Bonazzi 등⁽¹³⁾의 건조방법에 따른 양송이버섯의 건조에 관한 연구에서 열풍건조 조건의 경우 건조온도가 올라갈수록 흡수량이 감소되었으며 동결건조에 비해 크게 저하된다는 보고와 일치하였다.

요 약

양송이버섯을 열풍건조, 진공건조, 동결건조를 이용하여 건조하고 건조조건 및 방법에 따른 물리적 특성을 비교 분석하였다. 양송이버섯은 초기수분함량이 90%(w.b.) 이상의 높은 수분함량을 가진 농산물이며, 건조방법에 따른 건조시간을 비교 분석한 결과 열풍건조시 가장 빠른 건조시간(12 h)을 나타내었으며, 동결건조의 경우 열풍건조에 비하여 약 8 시간정도 오래 걸리는 것으로 나타났다.

색차를 나타내는 ΔE값은 높은 온도와 빠른 풍속, 그리고 낮은 진공도에서 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 전체적인 색도변화는 동결건조된 양송이버섯이 생버섯과 비교할 때 변화가 가장 적었으며, 열풍건조된 양송이버섯은 색차가 크게 나타났다. 갈변도 변화는 열풍건조에서 높은 값을 나타내었고 동결건조에서 갈변도 변화가 가장 적었으며, 건조풍속 및 진공도의 영향보다 건조온도의 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

표면 경도의 경우 열풍건조에서 가장 높은 값을 나타내었으며 반면에 동결건조에서 경도변화가 가장 적었다. 재수화 특성을 분석한 결과 동결건조의 경우 조직사이의 공극이 크기 때문에 열풍건조 및 진공건조의 경우보다 흡수량이 많았으며 흡수되는 시간도 초기에 급격히 증가하는 경향을 보였다.

감사의 글

이 논문은 2000년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사 드립니다.

문 헌

1. Hong, J.S., Kim, Y.H., Lee, K.R., Kim, M.K., Cho, C.I., Park, K.H., Choi, Y.H. and Lee, J.B. Composition of organic acid and fatty acid in *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes* and *Agaricus bisporus*. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 100-105 (1988)
2. Park, M.H., Oh, K.Y. and Lee, B.W. Anti-cancer activity of *Lenti-*

- nus edoeds* and *Pleurotus astreatus*. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 702-708 (1998)
3. Mau, J.L. and Ziegler, G.R. Factors affecting 1-octen-3-ol in mushrooms at harvest and during postharvest storage. J. Food Sci. 58: 331-334 (1993)
 4. Mannheim, C.H. and Beit-Halachmy, I. Is modified atmosphere packaging beneficial for fresh mushrooms? Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 25: 426-432 (1992)
 5. Han, D.S., Ahn, B.H. and Shin, H.K. Modified atmosphere storage for extending shelf life of oyster mushroom and shiitake. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 376-384 (1992)
 6. Nussinovitch, A. and Kampf, N. Shelf-life extension and conserved texture of alginate-coated mushrooms (*Agaricus bisporus*). Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 25: 469-475 (1993)
 7. Roy, S., Anantheswaran, R.C. and Beelman, R.B. Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. J. Food Sci. 60: 334-340 (1995)
 8. Ahn, B.K. and Park, N.H. Mushroom (*Agaricus bisporus*) pre-packaging by the rice straw pulp tray. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 353-357 (1995)
 9. Kwon, J.H., Byun, M.W. and Cho, H.O. Browning and color characteristics in mushrooms (*Agaricus bisporus*) as influenced by ionizing energy. Korean J. Food Sci. Technol. 22: 509-513 (1990)
 10. Kim, B.S., Nahm, G.B., Kim, O.W. and Kim, D.C. Freshness keeping of shiitake mushroom by vacuum cooling. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 852-859 (1995)
 11. Komanowski, M. Air drying of cultivated mushrooms. Food Technol. 24: 80-84 (1970)
 12. Baek, H.H., Kim, D.M. and Kim, K.H. Changes in quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) by different drying methods. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 145-148 (1989)
 13. Seo, J.S., Kang, S.K. and Choi, B.M. Drying characteristics and content change of major components of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) 1. Changes in major components of shiitake mushroom by drying temperature. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products. 4: 279-286 (1997)
 14. Riva, M., Schiraldi, A. and Cesare, L.F.D. Drying of *Agaricus bisporus* mushrooms by microwave-hot air combination. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 24: 479-483 (1991)
 15. Loch-Bonazzi, C.L., Wolff, E. and Gilbert, H. Quality of dehydrated cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*): a comparison between different drying and freeze-drying processes. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 25: 334-339 (1992)
 16. Paakkonen, K. Effects of different components of the Northern Milk mushroom (*Sactarius trivialis*) on water sorption. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 20: 237-240 (1987)
 17. Paakkonen, K. The water sorption of chitin isolated for the Northern Milk mushroom (*Sactarius trivialis*). Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 20: 259-262 (1987)
 18. Paakkonen, K. and Plit, L. Equilibrium moisture content and state of water in chitin. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 24: 259-262 (1991)
 19. Loch-Bonazzi, C.L. and Wolff, E. Characterization of the Flavor properties of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*) and the influence of drying processes. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 24: 386-390 (1991)
 20. Mau, J.L. and Ziegler, G.R. 1-octen-3-ol in the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. J. Food Sci. 57: 704-706 (1992)
 21. Kompany, E. and Rene, F. Aroma retention of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*) during the freeze-drying process. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 26: 524-528 (1993)
 22. Kompany, E. and Rene, F. A note on the freeze-drying conditions for improved aroma retention in cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*). Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 28: 238-240 (1995)
 23. Kompany, E. and Rene, F. Effect of freezing conditions on aroma retention in frozen and freeze-dried mushrooms (*Agaricus bisporus*). J. Food Sci. 32: 278-283 (1995)
 24. Walton, K., Walder, R. and Ioannides, C. Effect of baking and freeze-drying on the direct and indirect mutagenicity of extracts from the edible mushroom *Agaricus bisporus*. Food Chem. Toxicol. 36: 315-320 (1998)
 25. Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments, 2nd ed., pp. 445-474. John Wiley & Sons, New York, USA (1984)
 26. Sung, N.K. SAS/STAT-Regression Analysis, pp. 201-230. Jayu Academy, Seoul, Korea (1991)
 27. Rhim, J.W., Nunes, R.V., Jones, V.A. and Swartzel, K.R. Kinetics of color changes of grape juice generates using linearly increasing temperature. J. Food Sci. 54: 776-777 (1989)
 28. Song, S.G. Characteristics and modeling for drying process of mushroom. M.S. thesis, Seoul National Univ., Korea (1994)
 29. Cho, D.J., Hur, J.W. and Kim, H.Y. Influencing factors in drying and shrinking characteristics of root vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 203-211 (1989)
 30. Jee, J.H., Lee, H.D., Chung, S.K. and Choi, J.U. Changes in color value and chemical components of Hoelen by various drying methods. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 575-580 (1999)
 31. Lee, B.Y. and Kim, H.K. Quality properties of korean yam by various drying methods. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 877-882 (1998)
 32. Park, J.D., Kang, H.A. and Chang, K.S. Hot air drying characteristics of oak mushroom (*Lentinus edodes*) by microcomputer control system. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 72-76 (1996)

(2000년 10월 2일 접수)