

능이버섯의 건조과정 중 물성의 변화

우관식¹ · 정현상¹ · 이희봉¹ · 최원석² · 이준수^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²충주대학교 식품생명공학과

Changes in Rheological Properties of Neungee (*Sarcodon aspratus*) during Dehydration

Koan-Sik Woo¹, Heon-Sang Jeong¹, Hee-Bong Lee¹, Won-Seok Choi² and Junsoo Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

²Dept. of Food and Biotechnology, Chungju National University, Chungju 380-702, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the changes in physical properties of the Neungee (*Sarcodon aspratus*) during dehydration and rehydration. The drying of the sample was completed within 4 hours at 50°C with the air velocity of 1.5 m/s. The reduction in the thickness of the sample were two-fold compared with those in the surface area of the sample. During the drying period, the values of compression distance, break down, deformation rate, distortion, alleviation rate and softness decreased, whereas the values of hardness and alleviation time increased. However, the values of surrender were not changed. The color of the sample during the drying was changed to black with decreased L, a, and b values. The rehydration rate increased rapidly during first 60 min and remained constant after that. The recovery ratio after rehydration of the dried sample was about 30% and the rheological properties recovered about 44%.

Key words: *Sarcodon aspratus*, dehydration, rehydration, Rheometer, rheological properties

서 론

농산물의 건조는 소비하기 전에 발생하기 쉬운 품질의 변화와 손상을 방지하고 저장성과 가공성의 향상을 목적으로 함수율을 감소시키는 과정을 말한다. 수확된 버섯은 수확기에 관계없이 자실체를 형성하기 위해 집합된 균사체 덩어리가 갓과 줄기로 분화된 것으로서, 다른 농산물과 같이 호흡, 성장, 그리고 노화하게 된다. 버섯은 외피에 납질층이 없는 구조를 가지고 있어 조직에서 공기 중으로 수분증발을 억제할 수 있는 생리구조를 가지고 있지 않아 버섯 내부 조직에서 공기 중으로 수분증발이 자유롭게 진행된다. 수확 후 버섯의 수분증발 속도는 버섯의 상태, 주위환경과 습도, 공기유동과 대기압 등에 따라 달라지며, 수분증발에 의한 갓과 줄기가 수축되고 단단해지는 형태의 변화와 효소활성의 변화에 의해 향기 성분 및 물성에도 영향을 미치게 한다. 이러한 현상을 건조증상이라 하며 버섯의 상품적 가치에 심각한 영향을 준다. 버섯의 건조를 막기 위해서 단시일 내에 소비하거나, 장기저장과 유통의 편리를 위해 저온저장, CA(controlled atmosphere)저장, 병조림, 통조림, 염장 또는 건조 등의 가공과정을 거친다(1-8).

버섯은 독특한 맛과 향기를 가지고 있어 오래 전부터 식품으로서 이용되어 왔고, 근래에는 무공해 식품으로서 각광받고 있다. 특히 굴뚝버섯과(*Thelephoraceae*)에 속하는 능이버섯(*Sarcodon asoatus*)은 일명 향버섯이라고도 하며, 육류를 먹고 급체하였을 때 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 활엽수림의 부식이 많은 산지에서 발생하고, 갓은 깔대기 모양이며 옅은 홍색을 띤 갈색인데 노쇠하거나 마르면 흑갈색으로 되어 강한 향기를 풍긴다(2,4,9).

최근에 버섯의 유통기한 연장을 목적으로 알긴산 코팅처리 기술이 개발되고 있으며(10), 포장방법을 달리한 생버섯의 저장(11), 벚집 트레이를 이용한 양송이버섯의 선도유지방안(12), 진공예냉에 의한 선도연장방안(13,14)을 위한 연구 등이 활발히 진행되고 있다. 버섯의 물성과 관련된 연구로는 표고버섯과 영지버섯의 품질변화에 미치는 열풍건조조건의 영향에 관한 보고(15,16)와 건조방법에 따른 양송이버섯의 물리적 특성과 흡습특성에 관한 연구(17), 표고버섯의 건조 및 품질 변화 특성(18) 등이 보고된 바 있다. 능이버섯에 대한 연구로는 능이버섯의 건조과정 중 향기성분의 변화(2)와 능이 중 알칼리성 단백질가수분해효소의 1차 구조에 관한 연구(9), 능이버섯의 향기특성(19), 능이버섯 첨가

*Corresponding author. E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2566, Fax: 82-43-271-4412

우육의 물리화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향(20), 능이버섯의 당단백질에 관한 연구(21), 능이버섯으로부터 분리한 저분자 화합물의 화학구조(22) 등 일부 연구가 진행되었으나 능이버섯의 물성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 능이버섯의 건조과정 중 물성과 구조의 변화를 관찰하고 건조 후 재수화시켜 재수화 후 물성과 구조를 관찰하여 건조 전 및 후를 비교하여 건조과정 중 조직의 변화와 물성의 변화 및 재수화 특성을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 능이버섯은 2001년 10월 경북 영천시 임고면 기룡산에서 수확 직후 구입한 것으로 버섯의 지름이 7~15 cm에 해당되는 것만을 선별하여 사용하였다.

건조장치

능이버섯의 건조실험에 사용된 장치의 개략도는 Fig. 1에 나타낸 것과 같다. 가열장치, 가습장치 및 송풍장치 등의 공기조화장치를 이용해 온도와 풍속, 상대습도 등을 제어할 수 있도록 제조하였다(2).

건조조건

능이버섯의 건조과정 중 수분함량, 구조변화, 재수화특성 등을 조사하기 위해 Min 등(2)의 연구에 사용된 열풍건조장치를 이용하여 상대습도를 15%로 유지하였으며, 건조 온도는 50°C, 풍속은 1.5 m/s로 건조하였다. 또한, 건조 과정 중 30분 간격으로 시료의 무게를 측정하여 잔존수분함량을 계산하였다. 잔존수분함량의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{상대적 잔존수분 함량(\%)} = (A - B) / (C - B) \times 100$$

여기서 A는 건조 시 각 시료의 무게이며, B는 최종 건조 후, 즉 시료의 무게 변화가 없는 시점에서의 시료의 무게이고 C는 건조 전의 시료무게로 정하였다.

구조변화관찰

건조과정 중 능이버섯의 내부구조 변화를 관찰하기 위하여 시간대 별로 건조한 능이버섯의 종단면과 횡단면을 일정

한 크기로 각각 세절하여 4% glutaraldehyde가 포함된 0.1 M-phosphate buffer(pH 7.4)를 사용하여 고정된 후, 동일 완충액에서 24시간 방치하고 1% osmium tetroxide(OsO₄) 용액이 포함된 0.1 M-phosphate buffer(pH 7.4)를 사용하여 다시 고정하였다. 고정 후에 0.1 M-phosphate buffer(pH 7.4)를 사용하여 각각 20분간 두 번씩 세척한 후, 이어 30, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 100%까지 ethanol 농도를 상승시키면서 각각 10분씩 탈수한 뒤, propylene oxide로 20분씩 2번 치환하였다. 그 후 3 : 1, 1 : 1, 1 : 3의 propylene oxide : Epon mixture를 순차적으로 30분씩 포매시킨 후 Epon mixture만으로 60분 포매하였다. 조직을 Epon mixture로 포매한 Epon block을 초박절편기(Reichert supernova ultramicrotome, Leica Co., Austria)로 50~60 nm의 두께로 초박절편하여 methylene blue로 염색한 다음 Automatic Photomicrographic System (Model Olympus PM10SP Photomicrographic system, Japan)으로 건조과정 중 능이버섯의 내부 구조변화를 검경하고 사진촬영을 실시하였다. 배율은 200배로 하였으며, 200 μm × 200 μm의 정사각형 안의 공극의 크기와 수 등을 확인하였다.

색도 측정

색도는 색차계(Model COLOR OUEST II, Hunter Associates Laboratory, Inc., USA)를 이용하여 L(lightness), a (redness), b(yellowness)값을 각각 3회 이상 반복 측정하였으며, 아래의 식을 이용하여 건조 전 능이버섯과의 색도차 (ΔE_{ab})를 나타내었다.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

건조과정 중 물성측정

일정한 크기로 절단한 능이버섯을 무작위로 5개씩 선택하여 Rheometer(Fudoh Rheo-meter, Model RT-3010D, RH-EOTECH Co., Japan)로 물성을 측정하였다. 즉, 식품을 구성하는 조직의 파열, 경도 및 연도, 침투, 절단력, 응력 완화에 의한 탄성 및 점성, 인장강도, 표면 장력 등을 종합적으로 측정할 수 있는 레오미터를 이용하여, 건조 시간에 따른 능이버섯의 물성 특성을 구하여, 이를 건조 전 능이버섯의 실험결과와 비교하였다. 물성 측정 조건은 table speed는 50 mm/min이고, load range는 5 kg_r로 설정하였다.

재수화특성 및 물성측정

건조능이버섯을 증류수에 30분 간격으로 침지 후 꺼내 표면에 붙어 있는 수분을 제거한 후 무게를 측정하였다(5). 이때 복원율은 생능이버섯의 수분 무게에 대한 복원 후의 수분 무게비로 나타내었다. 물성은 건조과정 중의 물성 측정방법과 동일하게 실행하였다.

결과 및 고찰

수분함량변화

능이버섯의 수분 함량은 86.7%로, 송이버섯(87.5%), 느타

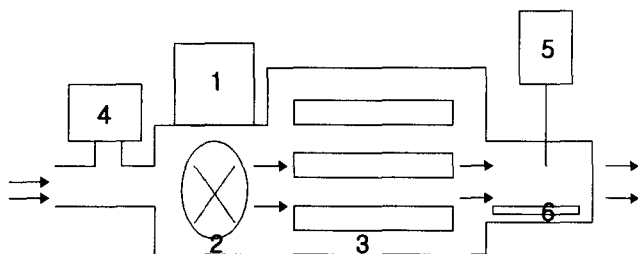


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus for the drying of samples.

1. Temperature and air velocity controller, 2. Motor and fan, 3. Heater, 4. Humidifier, 5. Humidity and air velocity measuring instrument, 6. Sample tray.

리버섯(91.3%), 양송이버섯(90.8%), 표고버섯(90.8%), 팽이버섯(87.8%), 새송이버섯(87.1%)보다 약간 적은 수분을 가지고 있는 것을 알 수 있었다(2,4). 능이버섯의 표면에서 수분이 증발하기 위해서는 내부의 수분이 고체층을 통하여 표면으로 이동한다. 이를 내부확산이라 하고 이러한 수분이동 메카니즘은 여러 가지가 있는데, 일반적으로 건조기작에서는 이들 메카니즘이 복합적으로 일어나며, 건조하는 동안 메카니즘은 수시로 변하므로 기작을 수식화하기는 어렵다고 보고되었다(1,5,16). Fig. 2는 능이버섯을 상대습도 15%, 온도와 풍속을 50°C, 1.5 m/s로 건조하였을 때 무게의 변화와 잔존수분함량의 변화를 보여준다. 능이버섯 초기의 잔존수분함량을 100%로 보고 건조하면서 건조 중의 변화를 살펴보면 건조 2시간 동안에는 잔존수분함량이 급격히 감소하다가 2시간 이후에는 서서히 감소하는 경향을 보였다. 즉, 50°C, 1.5 m/s에서 능이버섯은 표면건조가 2시간 이내에 이루어지는 것으로 짐작할 수 있다(5,6,18,23). 시료무게는 건조 초기 3시간 동안은 급격히 감소하다가 그 이후에는 거의 일정해지는 것을 볼 수 있다. 능이버섯의 건조특성은 건조초기 2시간 이전에 표면건조가 일어나고 그 이후에는 내부확산에 의해 건조가 일어나며, 4시간 정도가 지나면 주어진 조건으로 건조가 거의 완료된다고 할 수 있다(23-26).

형태변화

Fig. 3은 건조과정 중 능이버섯의 가로, 세로, 높이의 변화를 나타낸 것이다. 능이버섯의 갓 두께의 감소율이 72.8% (9.25 mm에서 2.52 mm으로 감소)인데 반해 갓 면의 감소율은 약 38.1%(가로는 27.40 mm에서 18.04 mm로 감소하여 34.2%, 세로는 25.82 mm에서 15.00 mm로 감소하여 41.9%)

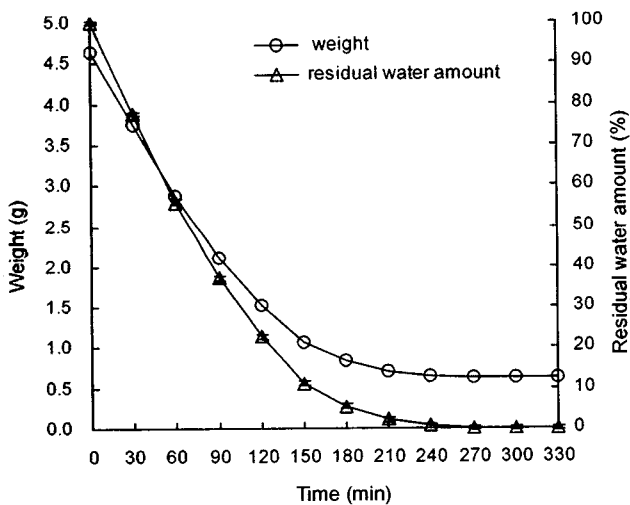


Fig. 2. Changes of the weight and water content of Neungee (*Sarcodon aspratus*) depending on drying time¹⁾
¹⁾Drying condition: 50°C, 1.5 m/s, relative humidity = 15% residual water amount(%) calculated as (A-B)/(C-B)×100.
 A: sample weight at each drying time.
 B: sample weight at final drying time.
 C: sample weight before dry.

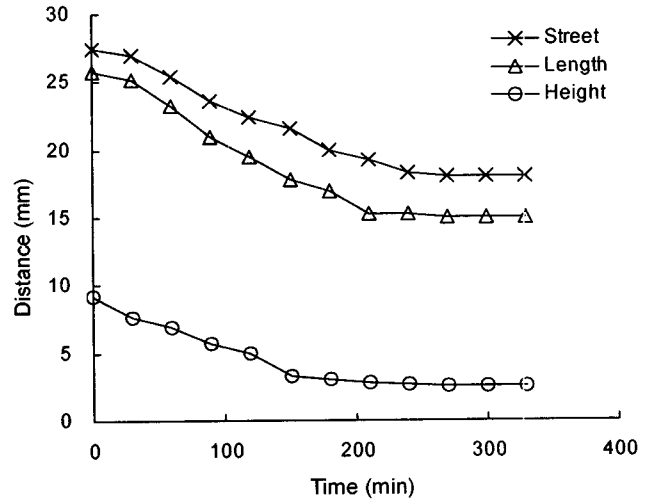


Fig. 3. Changes of width, length and height of Neungee (*Sarcodon aspratus*) depending on drying time¹⁾
¹⁾Drying condition: 50°C, 1.5 m/s, relative humidity = 15%.

로 두께의 변형이 면의 변형보다 2배정도 큰 것으로 나타났다. 따라서, 능이버섯의 건조과정 중 형태변화의 특성은 갓 두께의 수축이 면 수축보다 월등히 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

능이버섯의 건조과정 중 단면의 변화

Fig. 4와 5는 건조과정 중 능이버섯의 구조 변화를 200배 확대하여 사진 촬영을 한 것이다. Fig. 4는 종단면의 변화를 보여주고 Fig. 5는 횡단면의 변화를 관찰한 것이다. 그림의 가로, 세로의 길이는 200 μm이다. Fig. 4와 5에서 보면 건조시작 3시간정도부터 종단면에서의 공극 크기가 작아져 그 이후에서는 공극을 거의 찾아보기가 힘들었다. 반면 횡단면은 공극의 크기가 줄어들었으나, 종단면에 비해 변화폭이 작은 것을 알 수 있었다. 현미경을 통해 능이버섯의 내부구조를 비교해 본 결과, 종단면은 구조가 엉성하여 건조를 통한 수축이 크게 일어났으며 횡단면은 종단면보다 조직이 더 치밀하여 수축이 작게 일어난 것으로 생각된다. 이는 갓 두께의 수축율이 면의 수축율보다 큰 것을 뒷받침해준다.

색도변화

건조과정에 따른 능이버섯의 색도 측정의 결과는 Table 1에 나타내었다. 밝은 정도를 나타내는 L(lightness)값과 적색도를 나타내는 a(redness)값은 시간이 경과할수록 대체로 감소하는 경향을 보였고, 황색도를 나타내는 b(yellowness)값 또한 감소하였다. ΔEab은 건조과정 중에 감소하는 경향을 보였다. 건조과정 중 능이버섯은 전체적으로 검게 변하였다(5,27).

건조과정 중 물성 변화

레오미터를 이용하여 측정된 능이버섯의 건조과정 중 물성의 변화는 Table 2에서 보듯이 압축거리(compression distance)는 건조시간에 따라 상당히 감소하였고, 파손정도(break

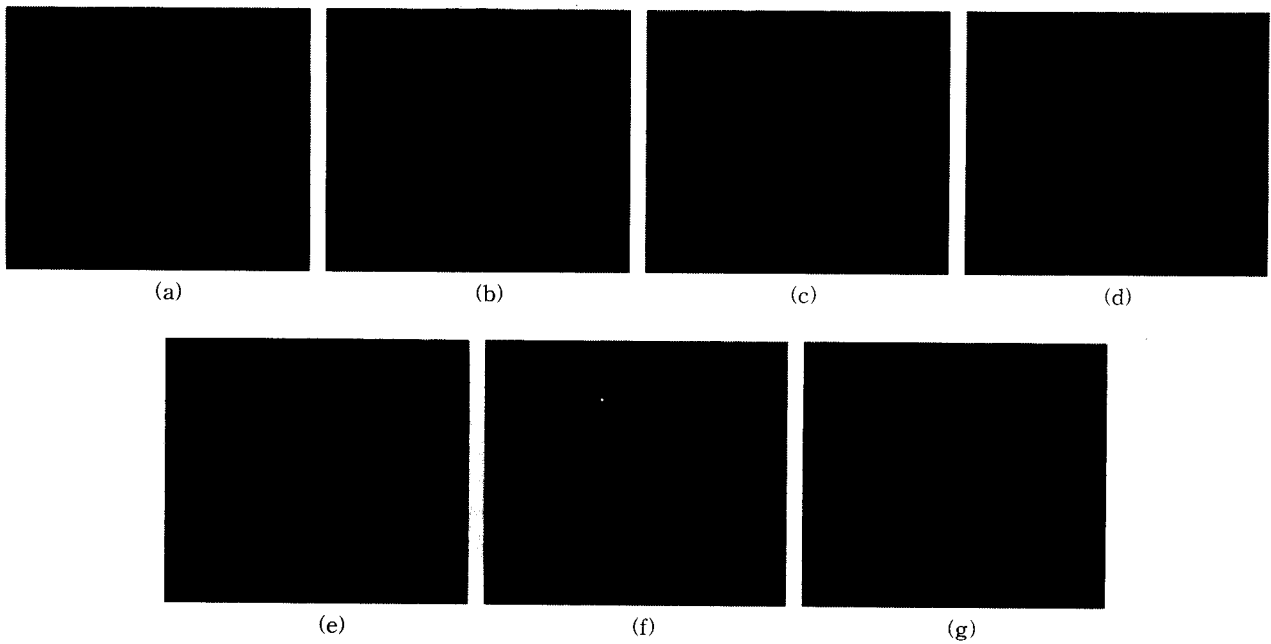


Fig. 4. The vertical section of Neungee (*Sarcodon aspratus*) by automatic photomicrographic system. (a) control without drying, (b) 1 hour drying¹⁾, (c) 2 hours drying, (d) 3 hours drying, (e) 4 hours drying, (f) 5 hours drying, (g) after rehydration during 5 hours.
¹⁾Drying condition: 50°C, 1.5 m/s, relative humidity = 15%.

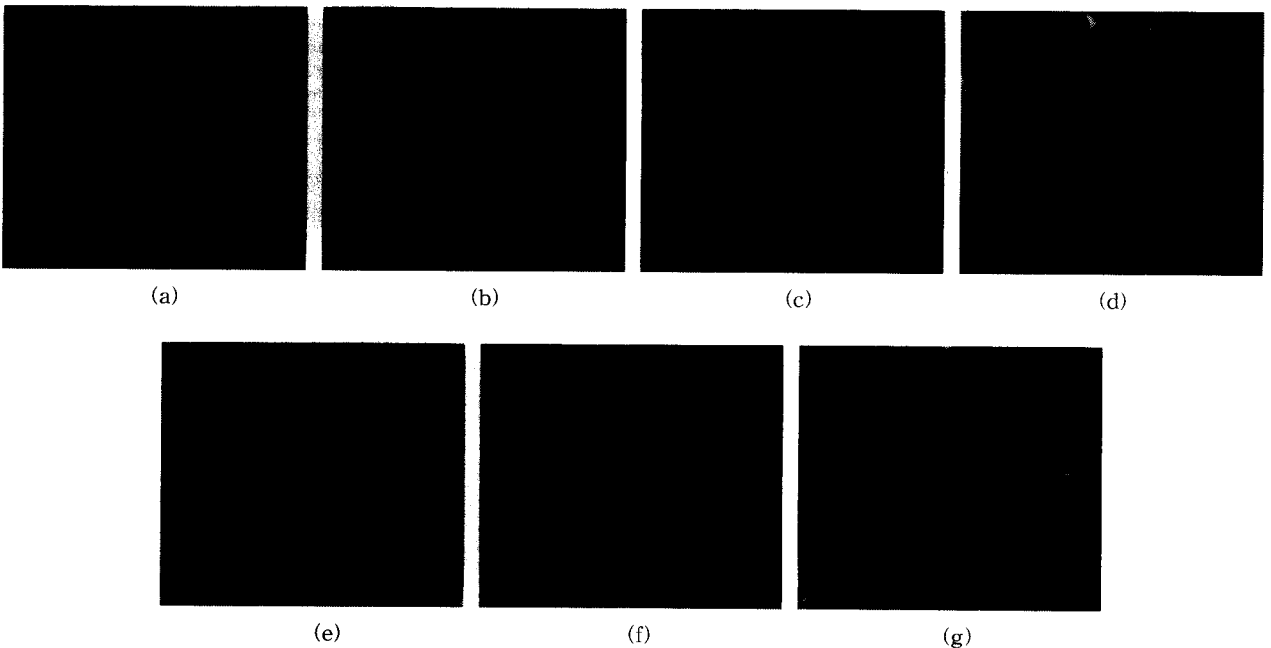


Fig. 5. The traverse section of Neungee (*Sarcodon aspratus*) by automatic photomicrographic system. (a) control without drying, (b) 1 hour drying¹⁾, (c) 2 hours drying, (d) 3 hours drying, (e) 4 hours drying, (f) 5 hours drying, (g) after rehydration during 5 hours.
¹⁾Drying condition: 50°C, 1.5 m/s, relative humidity = 15%.

down)와 변형율(deformation rate) 또한 감소하였다. 경도(hardness)는 건조시간이 늘어남에 따라 증가하였고, 항복치(surrender)는 거의 일정한 수치를 나타내었으며, 일그러짐(distortion)은 감소하였고, 응력완화시간(relaxation time)은 증가하였으며 응력완화율(relaxation rate)과 연도(softness)

는 감소하였다.

건조 전 능이버섯의 갓의 두께에 대한 압축거리는 7.23 mm이었으나, 건조가 진행됨에 따라 짧아져, 5시간 건조 후의 압축거리는 2.97 mm로 약 40.08%정도만 남고 수축되었다. 또한 건조 1시간 이후 압축거리의 값이 급격히 작아지는

Table 1. Changes of chromaticity during drying periods

Drying time (hr)	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	ΔEab ⁴⁾
Fresh	15.93	1.26	1.04	16.01
1	15.45	1.08	0.89	15.51
2	15.61	1.16	1.07	15.69
3	15.34	1.10	1.04	15.41
4	15.50	1.06	1.08	15.57
5	13.78	0.51	0.57	13.80
After rehydration at 5 hours	15.60	1.60	1.27	15.73

¹⁾L=lightness, ²⁾a=redness, ³⁾b=yellowness.

⁴⁾ $\Delta Eab = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$, average of 3 times the result which it measures.

것을 볼 수 있는데, 이는 Fig. 5에서의 건조 1시간 후 수축이 급격히 증가하는 모습과 일치하는 것이다. 능이버섯은 건조가 진행되면서 앞선 구조변화의 결과에서 보여주었듯이, 건조에 의한 수축으로 조직이 치밀해지면서 경도는 증가하였으며, 연도는 상당히 감소하는 경향을 보였다.

재수화특성

풍속을 1.5 m/s로 고정시키고 온도를 달리하여 건조한 후 물에 담가 재수화 정도와 특성을 관찰한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 열풍 건조를 시행한 능이버섯의 재수화율을 측정 한 결과 침지 후 처음 30~60분은 급격히 증가하였으며, 60분 이후에는 거의 일정한 수치를 보였다. 조건별로 비교해보면 70°C에서 건조한 시료가 50°C에서 건조한 것보다 초기의 수분 흡수량이 많았다. 그러나 각 온도별 재수화율이 30°C 건조 능이버섯은 30.07%이고, 50°C로 건조한 것은 29.73%, 70°C로 건조한 것은 30.47%로 서로 비슷한 수치를 나타낸 것으로 보아 재수화율은 건조온도와는 무관하다고 생각된다. 구조

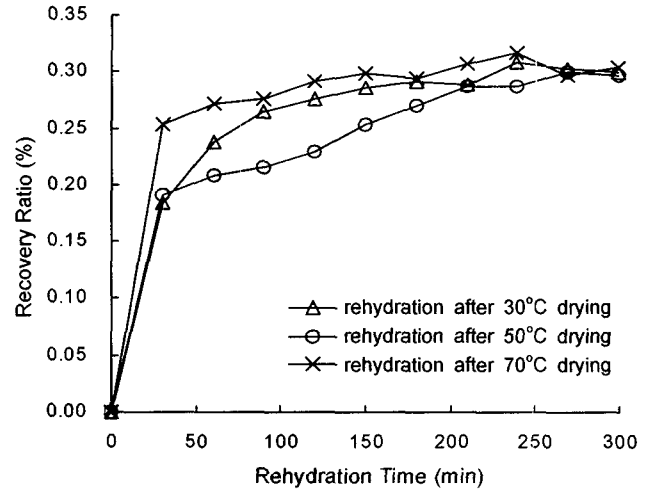


Fig. 6. Rehydration curves of dehydrated Neungee (*Sarcodon aspratus*) depending on rehydration time with various drying temperature.

relative humidity = 15%, wind velocity: 1.5 m/s.

변화는 Fig. 4와 5의 (g)에서 보는 바와 같이 완전히 건조했을 때와 비교해서 많은 공극이 다시 생긴 것을 알 수 있다. 또한 공극의 크기가 커진 것을 관찰할 수 있었다.

재수화 후 물성

능이버섯의 재수화 과정 중 물성의 변화를 측정 한 결과는 Table 3에 나타내었다. 물성의 회복은 재수화 횟수가 증가함에 따라 어느 정도 회복이 되었고 5시간 후에는 물성 측정치 각 항목에 대해 44%정도 복원되는 것을 알 수 있었다. 압축 거리는 5번의 재수화 과정을 거친 후 6.34 mm로 복원율이 큰 것으로 나타났으며, 경도는 3번의 재수화 과정까지는 감

Table 2. Changes of physical properties during drying periods¹⁾

Drying time (hr)	Compression distance (mm)	Break down (g)	Deformation rate (g/sec)	Hardness (dyn/cm ²)	Surrender (dyn/cm ²)	Distortion	Relaxation time (sec)	Relaxation rate	Softness (cm/kg)
0	7.23	-	-	90445	81626	0.55	15.52	0.91	0.18
1	6.60	3267.82	4217.88	128209	81331	0.48	17.79	0.86	0.14
2	4.29	2680.66	118.66	166287	81626	0.35	23.80	0.71	0.10
3	3.37	2625.49	111.59	267053	81403	0.21	25.47	0.41	0.06
4	3.21	1330.89	112.82	326192	81454	0.17	26.02	0.42	0.05
5	2.97	1147.46	90.73	454829	81267	0.09	23.78	0.27	0.04

¹⁾Measurement condition: Table speed = 50 mm/min, load range = 5 kgf, average of five time measurements.

Table 3. Changes of physical properties during rehydration periods¹⁾

Rehydration time (hr)	Compression distance (mm)	Hardness (dyn/cm ²)	Surrender (dyn/cm ²)	Distortion	Relaxation time (sec)	Relaxation rate	Softness (cm/kg)
Lifestyle	7.23	90445	81626	0.55	15.52	0.91	0.18
After drying	2.97	454829	81267	0.09	23.78	0.27	0.04
1	4.68	187332	81626	0.17	16.02	0.65	0.09
2	5.75	192507	82650	0.34	16.74	0.61	0.10
3	6.07	152187	82650	0.36	16.38	0.66	0.11
4	6.30	149098	82650	0.37	20.60	0.54	0.11
5	6.34	144685	81626	0.40	21.32	0.55	0.11

¹⁾Measurement condition: Table speed = 50 mm/min, load range = 5 kgf, average of five time measurements.

소하다가 그 이후에는 거의 일정하게 유지되었다. 항복치 값은 거의 변화가 없었고, 일그러짐 값은 2번의 재수화 과정까지는 증가하다 그 이후에는 거의 일정한 수치를 보였다. 재수화 횟수에 따른 응력완화시간과 응력완화율의 변화는 크게 나타나지 않았으며, 5번의 재수화 과정을 거친 후 연도 값은 0.11 cm/kg으로 건조 전 능이버섯(0.18 cm/kg)과는 많은 차이를 나타냈다. 그러나 건조 전에 나타난 파손정도와 변형율은 재수화 과정을 거친 후에는 측정되지 않았다.

요 약

능이버섯의 건조과정에 따른 물성 변화를 조사하기 위하여 수분함량 86.68%인 능이버섯을 50°C, 1.5 m/s, 상대습도 15%의 조건에서 건조하면서 Rheometer로 물성을 측정하였다. 능이버섯은 건조가 진행됨에 따라 압축거리는 약 60%가 감소하였다. 능이버섯을 파괴시키는데 필요한 힘은 감소하였으며, 부드러운 정도를 나타내는 수치 또한 감소하였으나 경도는 증가하였다. 이는 건조가 진행되면서 조직이 단단해지고 수축되면서 나타나는 현상이라고 사료된다. 능이버섯의 색도는 건조과정 중 L값, a값, b값이 감소하여 대체로 검게 변하였으며, 구조는 두께의 수축율이 72.8%인데 반해 면의 수축율은 38.05%로 두께의 수축이 면의 수축보다 2배정도 큰 것을 보였다. 즉, 건조 중 능이버섯은 갖의 크기가 작아지면서 두께가 상당히 얇아지는 것으로 나타났다. 능이버섯을 건조한 후 재수화시 재수화율은 약 30%정도로 나타났고, 응력이 최고로 도달하는데 걸리는 시간 또한 6.41초로 44.2%정도 회복되었다.

감사의 글

본 연구는 2000년도 농림기술개발 연구비의 지원을 받아 수행된 연구결과의 일부로서 연구비를 지원하여 주신 농림기술개발센터에 감사드립니다. 또한 본 논문을 낼 수 있도록 지도하여 주신故민용규교수님께도 감사드립니다.

문 헌

1. Shong SK, Koh HK, Lee JH. 1994. Drying characteristics of mushroom. *Korean Agric Biosystems Engin* 19: 112-123.
2. Min YK, Jeong OJ, Park JE, Jeong HS. 2002. Changes in aroma characteristics of Neungee (*Sarcodon aspratus*) during drying period. *Korean J Food Sci Technol* 34: 780-786.
3. Mau JL, Ziegler GR. 1993. Factors affecting 1-octen-3-ol in mushroom at harvest and drying postharvest storage. *J Food Sci* 58: 331-334.
4. Hong JS, Kim YH, Kim MK, Kim YS, Sohn HS. 1989. Contents of free amino acids and total amino acids in *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*. *Korean J Food Sci Technol* 21: 58-62.
5. Ha YS, Park JW, Lee JH. 2001. Physical characteristics of

- mushroom (*Agaricus bisporus*) as influenced by different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 33: 245-251.
6. Kim YM, Cho KH, Kim YH, Lee SH, Oh SS. 2001. A study of depress drying technical for mushroom (I): Drying characteristics of mushroom and agricus blazei. *Korean Agric Biosystems Engin* 6: 257-263.
7. Na HS, Kim K, Oh GS, Kim SK. 2002. Properties of acorn mook with various soaking conditions. *Korean J Food Sci Technol* 34: 207-212.
8. Youn KS, Bae DH, Choi YH. 1997. Effect of pretreatments on the drying characteristics of dried vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 29: 292-301.
9. Lee TK, 1993. Studies on the primary structure of the alkaline protease in Neungee [*Sarcodon aspratus* (Berk.)]. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 811-814.
10. Nussinovitch A, Kampf N. 1993. Shelf-life extension and conserved texture of alginate-coated mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Lebensmittel-Wissenschaft Technol* 25: 469-475.
11. Roy S, Anantheswaran RC, Beelman RB. 1995. Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. *J Food Sci* 60: 334-340.
12. Ahn BK, Park NH. 1995. Mushroom (*Agaricus bisporus*) prepackaging by the rice straw pulp tray. *Korean J Food Sci Technol* 27: 353-357.
13. Kwon JH, Byun MW, Cho HO. 1990. Browning and color characteristics in mushroom (*Agaricus bisporus*) as influenced by ionizing energy. *Korean J Food Sci Technol* 22: 509-513.
14. Kim BS, Nahm GB, Kim OW, Kim DC. 1995. Freshness keeping of shiitake mushroom by vacuum cooling. *Korean J Food Sci Technol* 27: 852-859.
15. Ha TM, Chi JH, Ju YC, Jeoung HG, Kim YH. 1996. Effects of quality change according to drying method of *Garnoderma lucidum*. *Agric R R Kyonggi Provin Rural Develop Admin* 8: 153-157.
16. Baek HH, Kim DM, Kim KH. 1989. Changes in quality of Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) by different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 21: 145-148.
17. Park JW, Ha YS, Lee JH. 2002. Moisture absorption characteristics of mushroom (*Agaricus bisporus*) as influenced by different drying methods. *Food Engin Pro* 6: 17-23.
18. Keum DH, Hong NU. 2000. Drying and quality change models of oak mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean Agric Biosystems Engin* 5: 376-381.
19. Jeong OJ, Yoon HS, Min YK. 2001. Aroma characteristics of Neungee (*Sarcodon aspratus*). *Korean J Food Sci Technol* 33: 307-312.
20. Lee SA, Song YS, Cho JW, Lee JH, Cho JS. 2001. Effect of the *Sarcoden aspratus* on the physicochemical and sensory properties of cooked beef. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 266-272.
21. Cho NS, Choi TH, Ohga S, Leonowicz A. 2001. Glycoprotein of *Sarcodon aspratus*. *Korean Soc Wood Sci Technol Annual Meeting*. p 447-451.
22. Kang HC, Yun BS, Yoo ID, Yoo SH. 2000. Chemical structures of the compounds isolated from the edible mushroom *Sarcodon aspratus*. *J Korean Agric Chem Biotechnol* 43: 298-302.
23. Shong SK, Koh HK, Lee JH. 1994. Drying characteristics of mushroom. *J Korean Soc Agric Mach* 25: 33-38.
24. Jeong MC, Jeong SW, Lee YC. 1999. Quality of ginger powder as affected by concentration and dehydration methods of ginger extracts. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1589-1595.
25. Lee JH, Koh HK. 1996. Drying characteristics of garlic.

- Korean Agric Biosystems Engin* 21: 72-83.
26. Kim YM, Cho KH, Kim YH, Cho YK. 2000. Study on the survey on drying method and the drying characteristics for major medicinal crops in Korea. *Korean Agric Biosystems Engin* 5: 369-375.
27. Jee JH, Lee HD, Chung SK, Choi JU. 1999. Changes in color value and chemical components of hoelen by various drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 31: 575-580.

(2004년 4월 20일 접수; 2004년 8월 5일 채택)