

다양한 건조방법에 따른 목이버섯의 품질 특성

최소라[†] · 유영진 · 안민실 · 송은주 · 서상영 · 최민경
한현아 · 송영주 · 김희준 · 소순영 · 이기권 · 김정곤

전라북도농업기술원

Quality Characteristics by Various Drying Methods in Ear Mushroom (*Auricularia auricula-judae* Quel.)

So Ra Choi[†], Young Jin Yu, Min Sil Ahn, Eun Ju Song, Sang Young Seo,
Min Kyung Choi, Hyun Ah Han, Young Ju Song, Hee Jun Kim, Sun Young So,
Gi Kwon Lee and Chung Kon Kim

Jeollabukdo Agricultural Research & Extension Services, Iksan 570-704, Korea.

ABSTRACT : In order to produce the high quality of dried-ear mushroom, various drying methods such as hot-air drying at 40 ~ 80°C, freeze drying and drying in vinyl house were carried out. Drying hours of hot-air drying, freeze drying and drying in vinyl house were 12.5 ~ 21.5, 36.0 and 72.0 hrs, respectively. Vitamin D₂ content of sample was the highest as 6.77 µg/g DW in drying in vinyl house and then followed by freeze drying as 5.90 µg/g DW and hot-air drying as 1.89 ~ 5.01 µg/g DW. After dry, external appearance and color of mushrooms applied hot-air drying and drying in vinyl house were better than freeze-dried one. After rehydration, water uptake of sample in drying in vinyl house and hot-air drying at 50 ~ 60°C were 17.8 and 19.3 ~ 21.0 times, respectively. The methods of drying in vinyl house and hot-air drying at 50 ~ 60°C also led to high hardness, good shape and resilience. As the results of production of dried-ear mushroom with high quality, we suggest that the best method for drying is the drying in vinyl house due to not only high vitamin D₂ content, good external appearance and color after drying but also high hardness and good shape after rehydration.

Key Words : *Auricularia auricula-judae*, Drying Method, Ear Mushroom, Rehydration, Vitamin D₂

서 언

목이버섯류 (*Auricularia auricula*)는 목이과 (Auriculariaceae), 목이속 (*Auricularia*)에 속하며 목이속에는 (혹) 목이버섯 (*Auricularia auricula-judae*), 목이버섯과 같은 학명인면서 야생 종인 갈색목이버섯, 그리고 종이 다른 털목이버섯 (*Auricularia polytricha*) 등이 포함되어 있다 (Park and Lee, 1999). 목이버섯은 갈색목이버섯이나 털목이버섯에 비해 유기산과 아미노산의 전체 함량과 감칠맛을 내는 성분인 citric acid와 glutamic acid, asparagine 함량이 높기 때문에 훌륭한 천연조미료로 가능하며 비타민 D₂ 함량 역시 5.43 µg/g DW으로 높고 식이섬유는 59.13%, β-glucan도 8.29%로 많이 함유되어

있다 (Kim *et al.*, 2012b). 목이버섯은 표고버섯, 느타리, 팽이, 양송이, 석이, 운지, 영지 등의 버섯류 가운데에서도 비타민 D₂ (ergocalciferol)와 D₃ (cholecalciferol)를 합한 비타민 D 함량이 1.68 µg/g로 가장 높으며 표고버섯 (건 동고)에 비해 2.3배 많은 양이 함유되어 있다고 보고되었으나 (Lee *et al.*, 1997) 비타민 D 함량은 문헌마다 상당한 차이가 있다.

최근 다양한 연구에 의해 목이버섯의 기능성이 밝혀지고 있는데 목이버섯은 streptozotocin에 의해 유발된 당뇨병에 걸린 rat의 혈장 내 glucose와 총 cholesterol, triglyceride, GOT, GPT 함량을 감소시켜 항당뇨 효과를 나타내며 (Kim *et al.*, 2007), dichloromethane 추출물은 RAW 264.7 세포주의 inflammatory cytokines (IL-6, TNF-α, IL-1β)을 감소시켜 항

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-290-6042 (E-mail) sora0909@korea.kr

Received 2014 August 27 / 1st Revised 2014 September 22 / 2nd Revised 2014 October 4 / 3rd Revised 2014 November 4 / Accepted 2014 November 5

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

염 효과를 보이고 (Damte *et al.*, 2011), 또한 백혈병과 복수암 세포주에 대한 항암 효과 (Reza *et al.*, 2011), 항산화 활성 (Kho *et al.*, 2009), 혈당 강하 (Yuan *et al.*, 1998) 및 지질 강하 효과 (Jeong *et al.*, 2007) 등도 보고되었다.

건조방법은 품질, 유효성분과 생리활성에 많은 영향을 미치는데 (Chang *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2011; Jeong *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2006) 특히 표고버섯, 양송이버섯, 아가리쿠스, 털목이버섯 버섯 등은 건조와 수화 과정 중 품질 차이가 많이 발생하고 (Ha *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2012a; Lee *et al.*, 1995; Yoo *et al.*, 2003) 버섯류에 많이 함유되어 있는 비타민 D는 자외선 B파 (UVB) 조사에 따라 함량이 증가하는 것으로 보고되어 있으나 (Lee and Yim, 2011) 건조버섯 대량 생산 현장에 직접 적용하기에는 다소 문제점이 있다.

목이버섯은 건목이 형태로 중국에서 주로 대량 수입되고 있으며 2013년 약 615톤이 수입된 바 있다. 그러나 최근 우리나라에서도 목이버섯 봉지재배가 가능해짐에 따라 재배농가가 급증하고 있으며 2013년 약 198.1톤이 수확되었고 2014년에는 약 300톤에 이를 것으로 추정되어진다.

아직까지 목이버섯의 건조에 대한 연구는 매우 미비한 실정이기 때문에 본 연구는 버섯 건조에 일반적으로 사용되는 열풍건조, 동결건조와 비닐하우스 건조방법을 이용해 목이버섯의 건조 후 품질 특성과 유효성분 함량 그리고 수화 후 품질 특성을 검토하여 건목이 생산과 다양한 가공품 개발에 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

시험에 사용된 목이버섯은 전북 익산 농가에서 2012년 7월 27일에 수확되었으며 수확 직후 열풍건조, 동결건조, 비닐하우스 내에서 건조하였다. 열풍건조는 건조기 (WiseVen, Daehan Scientific Co. Ltd., Wonju, Korea)를 사용하여 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C로 온도를 조절하였으며 동결건조를 위해서는 -80°C의 초저온냉동고 (WiseCryo, Daehan Scientific Co. Ltd., Wonju, Korea)로 시료를 동결시킨 후 동결건조기 (TFD Series, IlshinBioBase, Dongduchun, Korea)로 실시하였다. 비닐하우스 건조를 위해 바닥 1 m 위에 선반을 설치하고 맑은 날 목이버섯을 건조시켰다. 건조기간 동안 온·습도계 (TR-72S, T&D Co., Songbon, Japan)와 자외선 측정장치 (HD2102.2, Dekta Ohm srl, Caselle di Selvazzano, Italy)를 사용하여 비닐하우스의 환경을 조사하였다.

2. 건조시간, 건조수율 및 색도 조사

건조방법에 따라 열풍건조는 30분, 동결건조는 24시간부터 3시간 간격으로, 그리고 비닐하우스 내 건조는 12시간 간격으

로 무게를 조사하고 건조시간은 이전 측정 무게의 $\pm 2\%$ 범위 내 수치 변화가 관찰되었을 때로 설정하였다. 또한 건조 전·후 무게를 측정하여 건조수율로 환산하였다. 색도 변화를 알아보고자 건조된 시료를 분쇄하여 450 μm 이하 체로 정선한 후 색차계 (Minolta Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도 (L), 적색도 (a), 황색도 (b)를 측정하였다. 또한 형태의 수축이 심하거나 균사체 가루 발생 여부 등의 특이사항을 육안으로 관찰하였다.

3. 총 폴리페놀과 비타민 D₂ 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법을 변형시켜 실시하였다. 분쇄하여 정선된 시료 2 g을 증류수 100 ml에 넣어 100°C에서 환류추출하여 filter paper로 여과한 후 100 ml로 정량하였다. 2 ml tube에 추출액 50 μl 를 넣고 증류수를 가하여 1 ml로 만든 후 0.1 ml Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 가하여 혼합하고 3분간 실온에 방치하였다. 이 용액에 Na₂CO₃ 포화용액 0.2 ml를 가하여 혼합하고 증류수를 첨가하여 2 ml로 만든 후 실온에서 1시간 방치하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상층액 250 μl 를 micro plate에 옮긴 후 ELISA reader (Spectra Max 190, Molecular Devices, Sunnyvale, USA)로 725 nm의 흡광도를 측정 후 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 3 반복으로 구하였다.

비타민 D₂ 함량 분석은 식품의약품안전처의 식품공전에 따라 수행하였다. 즉, 시료 0.25 g을 물 3 ml로 충분히 녹인 후, 피로갈롤 1 g을 에탄올 10 ml에 녹인 용액 40 ml를 가하여 약하게 진탕 혼합한 후 90% 수산화칼륨 용액 10 ml를 가하고, 환류냉각관을 부착하여 비등수욕 중에서 60분간 가열하여 비누화하였다. 즉시 실온으로 냉각하고 갈색 분액깔대기로 옮긴 후, 핵산 50 ml를 가하여 10분간 강하게 진탕 혼합하였다. 침전이 생기면 이것이 가라앉을 때까지 방치하여 핵산층을 새로운 분액깔대기로 옮긴 후 남은 잔여물에 핵산 50 ml로 2회 더 반복하여 추출하였다. 모은 핵산층 150 ml에 1N 수산화칼륨 용액 100 ml를 가하여 15초간 강하게 진탕한 후 이를 방치하여 분리하고 혼탁한 물층을 버리고 핵산층에 0.5 N 수산화칼륨 용액 40 ml를 가하여 진탕한 후 물층을 다시 제거하였다. 핵산층을 세척하여 세척액이 페놀프타레인 시액으로 알칼리의 반응을 타나내지 않을 때까지 수회 세척하였는데 세척 시 매 회 15초간 격렬하게 진탕하였다. 수세한 핵산층을 무수황산나트륨으로 탈수하여 갈색 플라스크로 옮기고 무수황산나트륨을 핵산 10 ml로 2회 세척한 후 탈수한 핵산용매와 합하고 이를 40°C 이하에서 감압농축 하였다. 잔류물에 메탄올 2 ml를 가하여 녹여 이를 멤브레인 필터 (PTFE 0.45 μm)로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 이 때 사용된 전처리 column은 Luna C₈ (4.6 mm × 150 mm, 5 μm) (Phenomenex, Torrance, CA), 농축

column은 Kinetex C₁₈ (2.1 mm × 50 mm, 5 μm) (Phenomenex), 분석 column은 Synergi Hydro-RP C₁₈ (4.6 mm × 250 mm, 5 μm) (Phenomenex)이었다. 전처리 column 이동상은 메탄올 : 아세트니트릴 = 10 : 90 (v/v), 유속은 0.5 ml/min이었으며 분석 column 이동상은 증류수 : 메탄올 = 2 : 98 (v : v), 유속은 0.5 ml/min이었고 UV 검출기로 264 nm에서 분석하였다. 주입량은 200 μl 이고 column 온도는 40°C로 유지하였다. 표준물질인 비타민 D₂와 D₃ (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 메탄올에 녹여 사용하였으며 처리 당 3반복으로 분석하였다.

4. 수화복원력 조사

먼저 비슷한 크기의 시료 5개를 준비하여 무게를 측정하였다. 수화를 위해 100 ml 증류수가 담긴 beaker에 시료를 넣은 후 25°C 항온기에 넣고 30분, 90분 경과 후 그리고 이후 270분까지 60분 간격으로 시료의 물기를 제거한 후 무게를 측정하였다. 시료 각각의 초기 무게 대비 흡수량을 배수로 표기하였다.

5. 수화 후 색도와 경도 조사

270분 동안 수화시킨 시료 표면의 색도를 색차계로 측정하였으며 경도는 물성측정기 (TA. XT. plus Texture Analyser, Stable Micro Systems, Godalming, UK)와 직경 5 mm needle probe로 측정하였는데 이 때 기기조건은 pre-test speed 2.0 mm/sec, test speed 0.5 mm/sec, post-test speed 10.0 mm/sec, target mode distance, distance 2.0 mm, trigger force 5.0 g으로 설정하였다. 또한 표면의 탄력성, 표면이 갈라지는 현상, 이취 발생 등 특이사항을 관찰하였다.

6. 통계처리

SAS 프로그램 (SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC,

USA)을 이용하여 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)를 실시하였으며 유의차를 5% 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 건조시간, 건조수율 및 색도

목이버섯의 건조방법에 따른 품질 특성을 검토하고자 생목이버섯을 열풍건조와 동결건조, 비닐하우스 건조하여 건조방법에 따른 건조시간, 건조수율, 색도를 조사하였다 (Table 1).

건조시간은 건조방법에 따른 차이가 확연히 나타나 비닐하우스 건조 시 72시간이 소요되어 가장 많은 시간이 필요하였으며, 동결건조는 36시간이 소요되었고 열풍건조의 경우 12.5~21.5 시간으로 나타나 건조시간이 짧았는데 높은 온도인 80°C에서는 40°C에 비해 9시간 단축되었다. 건조시간이 차이가 있었던 반면 건조수율은 모든 처리구에서 7.4~7.8%로 비슷하여 유의성이 없었다. 건조수율은 버섯의 종류와 건조방법에 따라 달라 양송이버섯은 열풍건조에서 6.15~7.64%인 반면, 동결건조에서 3.01~3.99%로 나타났으며 (Ha et al., 2001), 아가리쿠스는 열풍건조에서 12.7~14.0%를 보였다 (Yoo et al., 2003).

또한 색도는 처리에 따라 많은 차이를 보였다. 열풍건조의 경우 온도가 올라갈수록 lightness (L)값은 감소하고 greenness-redness (a)와 blueness-yellowness (b)값이 증가하여 명도는 떨어지고 적색도와 황색도가 증가하였다. 동결건조의 경우 L값은 처리구 가운데 가장 높아 다른 처리구와 큰 차이가 있었으며 a와 b값은 열풍건조의 70~80°C 사이 값을 보였다. 그러나 비닐하우스 건조는 L, a 및 b값 모두 대체로 낮은 편으로 관찰되었다. 건조 목이버섯 판매시 색도는 중요한 구매 요인으로 작용하게 되는데 비닐하우스 건조와 같이 L, a, b값이 낮아 검은색에 가까워지면 오히려 좋은 품질로 평가되지만 동결건조의 경우와 같이 색이 흐리면 상품성이 없는 것으로 취

Table 1. The chromaticity and quality characteristics by drying methods in ear mushroom.

Drying methods	Drying hours	Drying yield (%)	Chromaticity [†]			Distinguishing marks	
			L	a	b		
Hot-air drying	40°C	21.5c	7.6a	52.12b	0.87e	4.24f*	Bad external appearance
	50°C	20.5d	7.7a	52.13b	0.96d	4.29e	Good external appearance and color
	60°C	14.0e	7.8a	52.04c	1.00c	4.49d	Good external appearance and color
	70°C	13.5f	7.7a	51.47e	1.11b	4.53c	Good external appearance
	80°C	12.5g	7.4a	48.43f	1.21a	4.86a	Shape shrinkage
Freeze drying	36.0b	7.6a	55.34a	1.10b	4.65b	Few shape shrinkage, mycelia powder production and pale color	
Drying in vinyl house	72.0a	7.5a	51.86d	0.84f	4.28e	Good external appearance and color	

[†]L; Lightness (0 ~ 100), a; Greenness-Redness (-80 ~ 100), b; Blueness-Yellowness (-70 ~ 70).

*Mean separation within column by DMRT at p = 0.05 (n = 3).

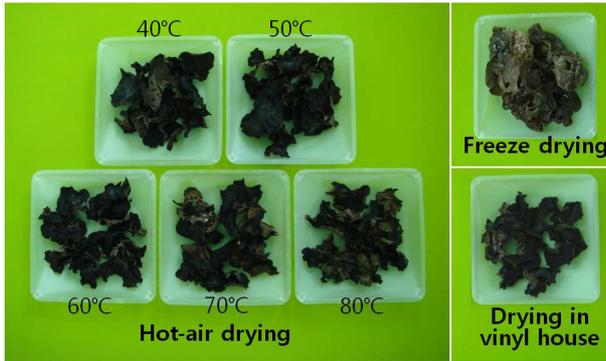


Fig. 1. The shape changes by drying methods in ear mushroom.

급된다. 양송이버섯에서도 열풍건조 온도가 올라갈수록 L값은 감소하고 a와 b값은 증가하지만 동결건조의 경우에는 L값만 비슷한 경향이였으며 (Ha *et al.*, 2001) 표고버섯의 열풍건조에 따른 색도 변화는 본 실험 결과와 유사하였다 (Park *et al.*, 1996).

목이버섯을 건조한 후 외관의 형태를 육안으로 관찰한 결과 비닐하우스 건조와 50°C, 60°C 열풍건조는 형태가 양호하고 색도 좋았던 반면 40°C는 건조가 천천히 진행되어 형태 수축이 약하고 80°C는 고온으로 인한 급격한 건조로 형태 수축이 심하여 상품성이 낮았다 (Table 1, Fig. 1). 동결건조된 목이버섯은 다른 처리구에 비해 형태 수축은 적게 나타났으나 균사체 가루가 날리는 현상이 발생하고 색이 흐리게 건조되어 상품성이 거의 없었는데 이러한 원인은 급격한 동결과 강한 진공으로 인해 조직 내 많은 다공이 형성되었기 때문으로 생각된다.

2. 총 폴리페놀과 비타민 D₂ 함량

목이버섯의 건조방법에 따른 총 폴리페놀과 면역기능물질인 비타민 D₂ 함량을 조사하였다 (Fig. 2). 건조 후의 총 폴리페놀 함량이 높았던 처리구는 60°C와 70°C에서의 열풍건조와 동결건조구로써 1.41~1.51 mg/g DW로 나타났으나, 비닐하우스 건조시에는 1.25 mg/g DW로 다소 감소하였다. 일반적으로 폴리페놀은 기능성 물질로 알려져 있으며 표고버섯의 경우 일광 건조한 표고버섯의 총 페놀 함량은 58.6 mg/100 g으로 오븐 건조 44.0 mg/100 g보다 높았는데 (Kim *et al.*, 2012a) 이러한 결과는 식물에 UV-C light를 처리하면 플라보노이드 생합성의 첫 단계를 촉매하는 효소인 chalcone synthase가 활성화되기 때문이다 (Springob *et al.*, 2003). 본 실험의 목이버섯 역시 표고버섯과 마찬가지로 총 폴리페놀 함량은 다른 작물에 비해 매우 낮은 경향을 보여 효과적인 기능성을 기대하긴 어려웠다.

건조 후의 목이버섯의 비타민 D₂ 함량은 건조방법에 따라 1.89~6.77 µg/g DW로 큰 차이를 보였는데, 동결건조의 경우

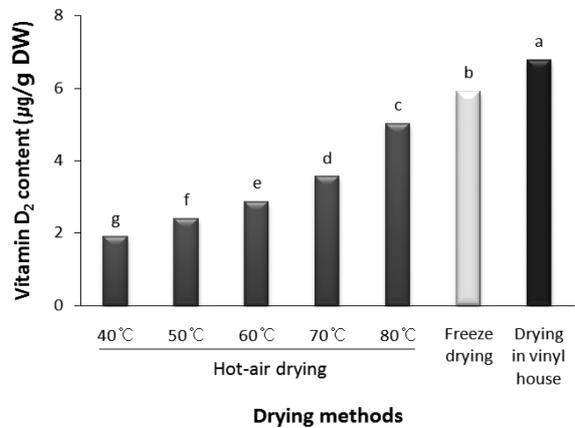
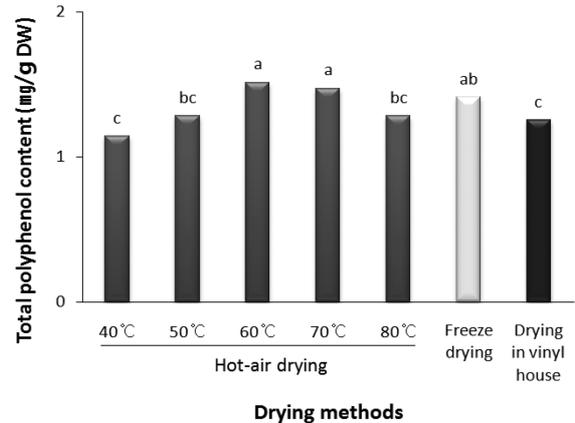


Fig. 2. The total polyphenol and vitamin D₂ content by drying methods in ear mushroom. Mean with difference letter (a-g) between bars are significantly different at $p < 0.05$.

5.90 µg/g DW를 보였고 비닐하우스 건조시 6.77 µg/g DW로 1.15배 높은 수치를 나타냈다 (Fig. 2). 본 실험에서 비닐하우스의 건조환경을 조사한 결과 최고온도는 35°C, 최저온도는 15°C, 평균온도는 23~25°C이었으며 UVB 하루 누적 조사량은 3.5~4.3 kJ/m²으로 외부의 33~37% 수준이었다 (데이터 미제시). 우리나라 7월의 태양광 UVA와 UVB를 합한 평균 자외선량은 1,102 µW/cm²이며 이 가운데 특히 UVB는 198 µW/cm²로 관찰되었으며 (Lee and Ryu, 2013) 하루 누적 UVB량은 노지에서 13.6 kJ/m²/day인데 반해 비닐하우스는 4.9 kJ/m²/day로 노지에 비해 64%가 감소되는 것으로 보고된 바 있다 (Hong *et al.*, 2006). 표고버섯이나 느타리버섯 등과 같은 버섯류에서 비타민 D₂는 UVB에 의해 증가하는 것으로 보고된 바 있어 (Lee and Yim, 2011; Lee *et al.*, 2002) 본 실험에서 하우스 건조시 비타민 D₂ 함량이 증가하는 현상 역시 UVB에 의한 것으로 추정되었다.

척추동물에서 비타민 D는 UVB 조사에 의해 형성되는데 (Rivas *et al.*, 2014) 적당한 비타민 D 공급은 Ca와 함께 뼈

골격을 강화시키는 효과가 있으며 골 형성에 관여하는 물질의 농도를 증가시키고 염증을 유발하는 pro-inflammatory cytokines을 억압하여 골다공증 발생을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Lani *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2014). 또한 비타민 D는 만성적인 피부 질환에 있어 면역 조절 및 강화 체계에서 중요한 역할을 하고 있는 interleukin (IL-1) family 가운데 인간의 케라틴 생성 세포의 TNF- α 에 의해 IL-1 α 를 억제시키는 효능을 지니고 있으며 만성적인 피부 질환을 치유하는 항염 작용이 보고된 바 있다 (Balato *et al.*, 2013). 미국과 캐나다 지역에서 비타민 D 결핍은 모든 연령층과 성별에서 나타나고 있으며 현재 비타민 D 섭취량의 60%는 영양소를 인위적으로 첨가한 강화식품을 통해 섭취되고 있는데 주로 가축의 사료에 비타민 D를 혼합하거나 수확 전 또는 가공 후 비타민 D를 보충하는 ‘Bio-addition’ 방식에 의해 이뤄지고 있다 (Calvo and Whiting, 2013). UVB를 조사하여 비타민 D₂를 강화한 버섯은 rat의 natural killer cell 활성을 증가시키고 LPS에 의한 염증반응을 감소시켜 면역을 증가시키며 염증 유발 gene의 발현을 뚜렷하게 감소시키면서도 (Babu *et al.*, 2014), plasma 25-hydroxyvitamin D와 같은 고농도에서 soft tissue의 석회화가 일어나지 않아 안전하고 효능이 높다고 하였다 (Calvo *et al.*, 2013).

열풍건조의 경우 80°C에서 비타민 D₂ 함량은 5.01 μ g/g DW이었고 40°C에서는 1.89 μ g/g DW로 나타나 건조온도가 낮아질수록 큰 폭으로 감소하여 고도의 유의성을 보였는데 이는 건조시간이 길어짐에 따라 비타민 D₂가 파괴되어 나타난 것으로 생각되었다. 따라서 품질이 양호한 건조방법은 50°C, 60°C 열풍건조와 비닐하우스 건조이었으나 유효성분인 비타민 D₂의 함유량면에서 50°C, 60°C 열풍건조는 비닐하우스 건조의 52.4% 이하로 나타났기 때문에 비닐하우스 건조가 다소 유효성분 증대에 효과적이었다. 비닐하우스 건조와는 약간 다르지만 일광건조에 의해 표고버섯은 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dehydrochloride (AAPH)와 HepG₂ (간암세포주)를 이용해 항산화성을 분석한 결과 peroxy radical 소거능이 향상되는 것으로 보고된 바 있다 (Kim *et al.*, 2012a).

3. 수화복원력

건조 후 수화복원력을 조사한 결과 (Fig. 3), 목이버섯은 수화 후 30분 내 10.6~13.7배로 무게가 증가하였으며 210분까지 꾸준히 증가하였다가 이후 증가세가 주춤하였다. 동결건조는 수화복원력이 가장 높아 30분 수화 후 13.7배, 270분 경과 후에는 23.0배로 무게가 급격히 증가하는 특징을 보였다. 열풍건조는 건조온도가 올라갈수록 수화복원력이 낮아졌는데 270분 경과 후 40°C 처리구에서 22.4배로 동결건조와 비슷하였으나 80°C의 경우 13.8배로 8.5배나 감소하여 건조온도가 수화복원력에 미치는 영향이 매우 컸다. 외관이 우수하였던 열

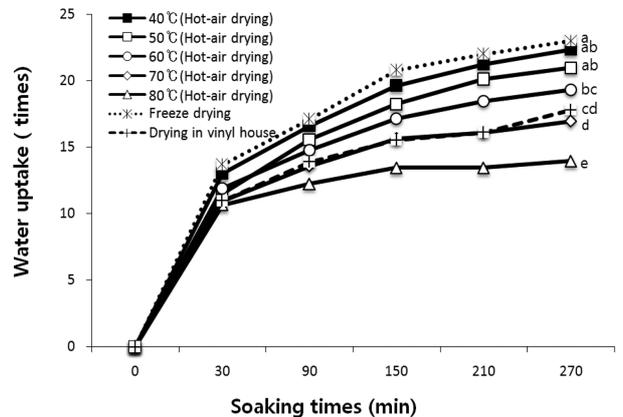


Fig. 3. The water uptake according to water soaking times during rehydration in ear mushroom after different drying. Mean with difference letter (a-e) between bars are significantly different at $p < 0.05$.

풍건조 50°C, 60°C 처리구의 수화복원력은 19.3~21.0배로 나타났다. 역시 외관이 좋았던 비닐하우스 건조의 경우 17.8배의 수화복원력을 보여 동결건조보다는 떨어졌으나 열풍 60°C 건조와 유사한 경향을 보였다. 버섯의 수화율을 측정할 결과 양송이버섯은 증류수 침지 후 180분까지 흡수량이 계속 증가하다가 이후 흡수량의 변화가 적었으며 건조온도가 증가할수록 복원율이 낮고 동결건조시 가장 높은 흡수율을 보이는데 이는 낮은 온도와 높은 진공도에서 수분이 승화되는 속도가 빠르고 다공성이 많이 존재하기 때문이라 하였다 (Ha *et al.*, 2001). 목이버섯 동결건조 역시 비슷한 원인에서 높은 수화율을 보인 것으로 생각된다. 양송이버섯은 수화 후 무게가 건조 전 무게와 비슷했던 반면 (Ha *et al.*, 2001) 목이버섯은 건조 수율이 7.4~7.8%로 수화 후 흡수량이 12.8~13.5배로 예상되어졌으나 실제 흡수량은 13.9~23.0배로써 오히려 건조 전보다도 무게가 더 높아진 것으로 조사되었다. 이러한 원인은 건조 전 조직 내 수분포화도가 낮았기 때문으로 추정되어 지는데, 특히 동결건조의 경우 세포벽의 축소가 적었기 때문에 높은 수화율을 보이며 열풍건조의 경우 낮은 온도에서 높은 온도에 비해 세포벽의 축소가 적어 많은 양의 수분을 흡수한 것으로 생각된다.

표고버섯은 열풍건조시 수화 후 60분까지 급격한 흡수를 보이며 건조온도가 증가할수록 복원율이 낮다고 하여 본 실험과 비슷한 결과를 나타냈으며 수화율은 4.30~7.43배로 조사되었다 (Park *et al.*, 1996). *Auricularia*의 또 다른 종인 털목이버섯의 경우 침지온도와 시간의 증가에 따라 가용성물질의 용출, pH, 갈색도 및 복원력은 증가하였지만 침지 후 핵산관련 물질 함량은 감소하였다고 보고하였는데 (Lee *et al.*, 1995) 동일한 조건에서 건조된 시료를 사용하여 수화조건을 달리하였기 때문에 본 실험과는 다소 차이가 있었으며 목이버섯은

Table 2. The chromaticity and hardness of surface after rehydration in ear mushroom after different drying.

Drying method		Chromaticity [†]			Hardness (g/Ø5 mm)	Distinguishing marks
		L	a	b		
Hot-air drying	40°C	48.24b	0.12d	2.35d	209.0a*	Good shape and resilience
	50°C	48.52b	0.16cd	2.52cd	204.1a	Good shape and resilience
	60°C	48.70b	0.18c	2.53cd	205.8a	Good shape and resilience
	70°C	48.94ab	0.23b	2.70abc	210.1a	Good shape and resilience
	80°C	49.00ab	0.23b	2.71abc	186.4ab	Resilience reduction and low moisture content of tissue
Freeze drying		49.35ab	0.25b	2.73ab	110.0b	Surface crack, bad shape and flavor
Drying in vinyl house		50.19a	0.35a	2.84a	217.5a	Good shape and resilience

[†]L; Lightness (0 ~ 100), a; Greenness-Redness (-80 ~ 100), b; Blueness-Yellowness (-70 ~ 70).

*Mean separation within column by DMRT at $p = 0.05$ ($n = 3$).

수화 전 건조조건에 따라서도 수화 후 품질이 매우 다르게 반응함을 알 수 있었다.

4. 수화 후 색도와 경도

건조방법을 달리한 목이버섯의 수화 후 품질을 알아보하고자 색도와 경도, 외관을 관찰한 결과 (Table 2) 색도의 경우 건조 후 분말의 색도를 측정된 Table 1과는 다르게 목이버섯 표면의 색도 L, a, b값은 비닐하우스 건조에서 높게 나타났다. 동결건조 처리구는 비닐하우스 건조와 비슷하거나 약간 색도가 감소하였고 열풍건조의 온도가 낮아질수록 L, a, b값 모두 낮아지는 경향을 보였다. 경도는 열풍건조와 비닐하우스 건조 처리구에서 186.4~217.5 g/Ø5 mm로 통계적으로 처리간 유의성 차이는 없었지만 열풍건조 처리구에서 온도 증가에 따라 경도가 다소 감소하였다. 그러나 전반적으로 수화복원력의 차이가 많음에도 불구하고 경도 차이는 많지 않았다. 동결건조의 경우에는 110.0 g/Ø5 mm으로 다른 처리구에 비해 상대적으로 낮은 경도를 보여 조직의 탄력이 좋지 않음을 알 수 있었다. 외관의 특징을 관찰한 결과 80°C 열풍건조시에는 탄력이 부족하고 낮은 수분함량을 보였으나 나머지 열풍건조 처리온도와 비닐하우스 건조에서는 외관과 탄력이 양호하였다. 동결건조의 경우에는 Table 1에서 언급한 바와 같이 높은 수화복원력으로 인해 표면이 갈라지고 외관이 좋지 않았으며 좋지 않은 특이한 향도 느낄 수 있었다. 동결건조는 건조 후와 마찬가지로 수화 후에도 품질이 좋지 않아 일반적인 작물에서 동결 건조에서 품질이 우수한 것과는 반대의 결과를 나타냈다. 따라서 수화 후 품질은 경도가 높고 수화복원력이 좋은 비닐하우스 건조와 40~60°C 열풍건조가 양호하였다.

이상을 요약하자면 건조방법에 따른 목이버섯의 품질특성은 열풍건조 50°C와 60°C, 비닐하우스 건조에서 양호하였으며 비타민 D₂ 함량은 비닐하우스 건조에서 6.77 µg/g DW로 가장 높게 나타나 영양학적 측면에서 이용가치가 높았다. 또한 수화 후 품질 역시 50°C, 60°C 열풍건조와 비닐하우스 건조 처

리구는 높은 경도와 건조 전과 비슷한 형태로 복원되었다. 목이버섯의 동결건조는 건조 후와 수화 후 모두 품질이 좋지 않아 상품성이 거의 없었다.

따라서 본 실험 결과 품질이 우수한 건조 목이버섯 생산을 위해서는 비타민 D₂ 함량이 높을 뿐만 아니라 건조 후 색도와 외관, 수화 후 경도와 외관 등이 양호한 비닐하우스 건조 방법이 좋을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 목이버섯 표준재배법 개발 및 가공제품 개발 연구(과제번호: PJ008780) 연구비 지원으로 수행된 결과로 이에 깊은 감사드립니다.

REFERENCES

- Babu US, Balan KV, Garthoff LH and Calvo MS. (2014). Vitamin D₂ from UVB light exposed mushrooms modulates immune response to LPS in rats. *Molecular Nutrition & Food Research*. 58:318-328.
- Balato A, Schiattarella M, Lembo S, Mattii M, Prevece N, Balato N and Ayala F. (2013). Interleukin-1 family members are enhanced in psoriasis and suppressed by vitamin D and retinoic acid. *Archives of Dermatological Research*. 305:255-262.
- Calvo MS and Whiting SJ. (2013). Survey of current vitamin D food fortification practices in the United States and Canada. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 136:211-213.
- Calvo MS, Babu US, Garthoff LH, Woods TO, Dreher M, Hill G and Nagaraja S. (2013). Vitamin D₂ from light-exposed edible mushrooms is safe, bioavailable and effectively supports bone growth in rats. *Osteoporosis International*. 24:197-207.
- Chang JP, Kil GJ, Lee GH, Ji YS, Kim BR and Ki HK. (2011). Change of inorganic component, reducing sugar, catalpol and benzo[*a*]pyrene contents of *Rehmannia glutinosa*

- Libosch. var. *purpurea* Makino by drying methods. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:501-507.
- Choi SR, Jang I, Kim CS, You DH, Kim JY, Kim YG, Ahn YS, Kim JM, Kim YS and Seo KW.** (2011). Changes of components and quality in Gastrodia Rhizoma by different dry methods. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:354-361.
- Damte A, Reza MA, Lee SJ, Jo WS and Park SC.** (2011). Anti-inflammatory activity of dichloromethane extract of *Auricularia auricula-judae* in RAW 264.7 cells. Official Journal of Korean Society of Toxicology. 27:11-14.
- Ha YS, Park JW and Lee JH.** (2001). Physical characteristics of mushroom(*Agaricus bisporus*) as influenced by different drying methods. Korean Journal of Food Science and Technology. 33:245-251.
- Hong SC, Hwang SW, Chang AC, Shin PG, Jang BC and Lee CW.** (2006). Effect of elevated ultraviolet-B radiation on yield and differential expression of proteome in perilla(*Perilla frutescens* L.) Korean Journal of Environmental Agriculture. 25:7-13.
- Jeong H, Yang BK, Jeong YT, Kim GN, Jeong YS, Kim SM, Mehta P and Song CH.** (2007). Hypolipidemic effects of biopolymers extracted from culture broth, mycelia, and fruiting bodies of *Auricularia auricula-judae* in dietary-induced hyperlipidemic rats. Mycobiology. 35:16-20.
- Jeong HN, Lim SH, Kim HY, Kim KD, Park YH, Ham HJ, Lee KJ, Kim KH and Ahn YS.** (2010). Quality changes in *Eleutherococcus senticosus* Cortex processed by different pretreatment and drying method. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:98-104.
- Kho YS, Vikineswary S, Abdullah N, Kuppusamy UR and Oh HI.** (2009). Antioxidant capacity of fresh and processed fruit bodies and mycelium of *Auricularia auricula-judae*(Fr.) Quél. Journal of Medicinal Food. 12:167-174.
- Kim MJ, Chu WN and Park EJ.** (2012a). Antioxidant and antigenotoxic effects of shiitake mushrooms affected by different drying methods. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 41:1041-1048.
- Kim MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH, Yun T and Song BH.** (2006). Effects of drying methods on content of active components, antioxidant activity, and color values of *Saururus chinensis* Bail. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 14:8-13.
- Kim SK, Hong UP, Kim JS, Kim CH, Lee KW, Choi SE, Park KH and Lee MW.** (2007). Antidiabetic effect of *Auricularia auricula* Mycelia in streptozotocin-induced diabetic rats. Natural Product Sciences. 13:390-393.
- Kim TH, Jo SH, Kim MJ, Yu YB, Jang MH and Park KM.** (2012b). Comparative study on nutritional contents of *Auricularia* spp. Journal of Mushroom Science and Production. 10:29-36.
- Lani A, Kourkoumelis N, Baliouskas G and Tzaphlidou M.** (2014). The effect of calcium and vitamin D supplementation on osteoporotic rabbit bones studied by vibrational spectroscopy. Journal of Biological Physics. 40:401-412.
- Lee CS and Ryu NH.** (2013). The comparison of the ultra-violet radiation of summer outdoor screened by the landscaping shade facilities and tree. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture. 41:20-28.
- Lee JS and Yim JM.** (2011). Effects of UV-B irradiation on the physicochemical characteristics of oyster mushrooms(*Pleurotus ostreatus*). Korean Journal of Food and Cookery Science. 27:55-62.
- Lee JS, Ahn RM and Choi HS.** (1997). Determinations of ergocalciferol and cholecalciferol in mushrooms. Korean Journal of Food and Cookery Science. 13:173-178.
- Lee JS, Kim SJ, Ahn RM, Choi HS, Choi HR, Yoon SK, Hong WS, Whang HS, Kwon DJ and Kim YJ.** (2002). The effect of UV-B irradiation and hot-air drying on the vitamin D₂ content of shiitake mushroom(*Lentinus edodes*). Korean Journal of Food and Cookery Science. 18:173-178.
- Lee JW, Lee SK and Do JH.** (1995). Nutritional components of Korean *Auricularia polytricha*(Mont.) sacc. mushroom and changes in characteristics during rehydration. Korean Journal of Food Science and Technology. 27:724-728.
- Park CY, Lee WH, Fleet JC, Allen MR, McCabe GP, Walsh DM and Weaver CM.** (2014). Calcium and vitamin D intake maintained from preovariectomy independently affect calcium metabolism and bone properties in sprague dawley rats. Osteoporosis International. 25:1905-1915.
- Park JD, Kang HA and Chang KS.** (1996). Hot air drying characteristics of oak mushroom(*Lentinus edodes*) by microcomputer control system. Korean Journal of Food Science and Technology. 28:72-76.
- Park WH and Lee HD.** (1999). Illustrated book of Korean medicinal mushrooms. Kyohak Publishing Co. Ltd. Seoul, Korea. p.622-635.
- Reza A, Choi MJ, Camte D, Jo WS, Lee SJ, Lee JS and Park SC.** (2011). Comparative antitumor activity of different solvent fractions from an *Auricularia auricula-judae* ethanol extract in P388D1 and Sarcoma 180 cells. Official Journal of Korean Society of Toxicology. 27:77-83.
- Rivas AE, Mitchell MA, Flower J, Welle KR and Whittinlon JK.** (2014). Effects of ultraviolet radiation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in captive chinchillas (*Chinchilla laniger*). Journal of Exotic Pet Medicine. 23:270-276.
- Springob K, Nakajima JI, Yamazaki M and Saito K.** (2003). Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins. Natural Product Reports. 20:288-303.
- Yoo BY, Jang SM and Eun JB.** (2003). Physicochemical characteristics and optimal drying temperature condition of *Agarius*(*Agaricus blazei*) mushroom. Korean Journal of Food Preservation. 10:476-481.
- Yuan Z, He P, Cui J and Takeuchi H.** (1998). Hypoglycemic effect of water-soluble polysaccharide from *Auricularia auricula-judae* Quél. on genetically diabetic KK-A^y mice. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 62:1898-1903.