

# 정치식 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯의 건조특성

김창복 리 혁 한충수 박종수 이해철 조성찬

## Drying Characteristics of Oak Mushroom Using Stationary Far-infrared Dryer

C. F. Kim H. Li C. S. Han J. S. Park H. C. Lee S. C. Cho

### Abstract

This study was conducted to investigate the drying characteristics of oak mushroom using stationary far-infrared dryer. Drying characteristics was measured at drying air velocity 0.4 to 0.6 m/s and drying temperature 50, 60, and 70°C, respectively. With high temperature of far-infrared heater and fast air velocity, the far-infrared drying rate of double air flow system was better than conventional heated-air drying as much as 39%. The value of color difference (E) of oak mushroom before and after drying was 8.95 by using heated air drying and was in the range of 3.76~6.98 by the far-infrared drying. The shrinkage rate of oak mushroom after heated air drying was higher than that of air velocity, 0.6 m/s of far-infrared drying conditions, and was lower than that of air velocity, 0.4 m/s of far-infrared drying conditions. The content of free amino acid was higher in far-infrared drying than heated air drying.

**Keywords :** Cultivator handle, Operational deflection shapes (ODS), Optimization of the handle vibration

### 1. 서론

표고버섯은 한국, 일본, 중국 등에서 생산되고 있는 임산물로서 오래전부터 식용으로 이용되었으며 국내에서는 100년의 재배역사를 가지고 있다. 수확직후의 표고버섯은 함수율이 70~90%로 매우 높아 부패하기 쉽고, 조직이 연약하여 저장하기 어렵기 때문에 일부만 생버섯으로 판매되고 대부분 통조림 또는 건조된 상태로 유통된다(Ha 등, 2001). 또한 표고버섯은 건조과정 중에서 비타민이 활성화되기 때문에 생표고 보다는 건조된 표고가 향과 영양이 좋다(Cho 등, 1981).

표고버섯의 건조는 천일건조와 열풍건조를 이용하고 있다. 그러나 천일건조는 건조과정 중에 포자의 비산, 세포조직의 교질화가 발생하며, 버섯이 자연조건에 노출되어 있어 곤충

의 피해, 미생물의 오염 등으로 변질되기 쉽고, 품질이 균일한 상품을 얻기 어렵다. 한편 열풍건조는 천일건조 보다 건조시간이 짧지만 버섯이 장시간 고온의 열풍에 노출되어 아미노산이 분해되며, 표면색도 변화가 심하여 품질이 저하된다.

Lee 등(1996)은 원적외선 및 열풍건조에 의한 치커리 뿌리의 건조특성에 관한 연구를 수행하였고, 원적외선 건조가 열풍건조에 비해 건조효과가 좋았으며, 건조온도가 높을수록 규정된 수분함량에 도달하기까지 건조시간이 짧았다고 보고하였다.

Park 등(1999)은 열풍과 원적외선 겸용 연속식 백삼 건조기의 개발을 수행하였고, 원적외선을 이용한 백삼건조는 열풍건조 보다 건조속도가 빨랐으며 열풍성능 평가지수가 원적외선 건조의 성능평가지수의 1/3, 즉 원적외선 건조의 에너지

This study was conducted by the research grant of the Chungbuk National University in 2005. The article was submitted for publication in November 2006, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in February 2007. The author are ChangFu Jin, Graduate Student, KSAM member, He Li, Graduate Student, Chung Su Han, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Jong Soo Park, Appraiser, Kibo Technology Fund, Gwangju Technology Appraisal Center, Hae Cheol Lee, MAGICYURA Co., and Sung Chan Cho, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University. Corresponding author: S. C. Cho, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea; Phone: 043-261-2584; Fax: 043-271-2580; E-mail: <sccho@chungbuk.ac.kr>

효율이 열풍건조의 3배가 된다고 보고하였다.

Yon 등(2004)은 하향송풍방식 컨베이어 원적외선 건조와 열풍건조로 표고버섯을 건조할 경우 전자의 건조속도가 빠르고, 품질이 우수하다고 보고하였다.

본 연구에서는 고품질 건표고버섯을 생산하기 위하여 열효율이 높은 원적외선 가열 메커니즘을 도입하여 송풍속도, 송풍방식 및 건조온도가 표고버섯 건조에 미치는 영향을 규명하고, 정치식 원적외선 건조기 개발의 설계 및 기초자료를 제시하기 위해 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

공시재료인 표고버섯은 2002년 충청북도 청원군 가덕면에서 수확한 일본 모리산업 중군 290호를 사용하였다. 표고버섯의 초기 함수율은 355%, d.b.(이후 %로 표시)이었고, 초기 색도인 L(명도)값은 49.07~59.46, a(적색도)값은 7.70~9.48, b(황색도)값은 18.01~20.56이었다. 실험에 사용한 표고버섯은 동고로 장경이 6~7 cm, 단경이 5~6 cm, 중량이 25~30 g이었다.

공시재료인 표고버섯은 저장 중 품질변화를 최소화하기 위하여 5°C 저온창고에 보관하였고, 실험 시작 전 상온에서 24시간 보관한 후 실험에 사용하였다.

### 나. 실험장지

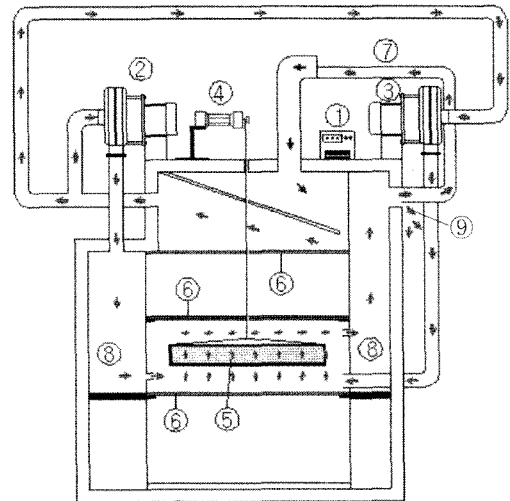
그림 1은 표고버섯 건조에 사용된 양방향 송풍방식인 실험용 정치식 원적외선 건조기 개략도를 나타낸 것이다.

실험용 원적외선 건조기는 인버터(SVO22iG-2U, LG, Korea), 송풍기(DB270, DongMyung, Korea), 로드셀(BCA-10L, CAS, Korea), 원적외선 방사체(CEP450-0806, MAGICYU-RA, Korea), 채반(700×500×70 mm), 공기순환관 등으로 구성되어 있다.

시료가 담긴 채반은 그림 1과 같이 원적외선 상·하 방사체 로터 각각 45 mm 이격시켜 로드셀과 연결시켰고, 건조 중 표고버섯의 중량변화는 5분 간격으로 컴퓨터에 자동 기록되게 하였다.

풍속측정은 채반의 가로와 세로 방향으로 각각 100 mm로 등분하여 24지점의 풍속측정 위치를 정하고, 디지털풍속계(8360-M-GB, TSI, USA)로 측정하여 평균값으로 나타내었다.

건조실내 송풍은 한쪽 방향으로만 송풍을 할 경우 배출구 쪽의 피건조물이 불균일 건조 현상이 나타나기 때문에 송풍방식을 그림 1과 같이 양방향으로 하였다. 송풍은 좌·우 송풍기 ②·③을 이용하고 공기충만실 ⑧을 통해 채반 밑으로 송



① Inverter ②③ Fan ④ Load cell ⑤ Sample tray ⑥ far-infrared heater ⑦ Blast pipe ⑧ Plenum chamber ⑨ Exhaust port

Fig. 1 Schematic diagram of far-infrared dryer using double air flow system.

풍되며, 피건조물을 거쳐 배출된다. 풍속은 인버터로 송풍기의 회전수를 조절하여 조정하였다. 표고버섯을 담은 채반을 통과한 건조공기 중 일부 습공기는 ⑨를 통해 건조실 외부로 배출되게 하였으며, 일부는 공기 재순환관을 통해 건조실 내부로 재순환되게 하여 배출공기의 열을 일부 재이용하였다. 건조공기 온도는 제어부에서 자동 조절하게 하였다.

### 다. 실험방법

원적외선 건조의 1회 시료량은 2 kg으로 하였고, 표고버섯의 안전 저장 함수율인 15%까지 건조하였으며, 3회 반복 실험하였다. 예비실험 결과 건조실내 풍속은 0.4, 0.6 m/s 2수준으로 하였고, 온도는 50, 60, 70°C 3수준으로 하였다.

대조구인 열풍건조는 실험용 열풍 건조기(BOPP-1.5, Shin-Heung, Korea)를 사용하였고, 열풍 건조기의 풍량은 17 m<sup>3</sup>/s이었다. 실험용 열풍 건조기의 1회 시료량은 32 kg으로 하였고, 건조자동프로그램에 의해 1단계는 45°C에서 3시간, 2단계는 건조공기 온도를 65°C로 점차적으로 상승시키면서 7시간, 3단계는 70°C에서 안전 저장 함수율 15%까지 건조하였다.

건조 후 원적외선 건조와 열풍건조 시료의 함수율, 건조특성, 색도, 수축율, 아미노산 함량 등을 비교 분석하였다.

### 라. 측정항목

#### 1) 함수율

건조 전후 시료의 함수율은 시료 10개를 무작위로 선택하여 세절한 후, 전자저울(HF-200GD, AND, Japan)로 20±0.5

g 칭량하고, 실험용건조기(WFD600ND, EYELA, Japan)에서 105℃에서 24시간 건조한 후 중량비로 계산하여 건량기준 함유율로 나타내었다.

2) 건조속도

건조속도는 함유율비로 표시하였다. 함유율비는 로드셀에 의해 측정된 중량을 함유율로 환산하고 식 (1)과 (2)를 이용하여 함유율비로 나타내었다(Henderson and Pery, 1976; Keum 등, 2003).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \tag{1}$$

$$M_e = \frac{M_0 \cdot M_f - M_m^2}{M_0 + M_f - 2 \cdot M_m} \tag{2}$$

여기서, MR: 함유율비

M<sub>t</sub>: 순간함수율(dec, d.b.)

M<sub>e</sub>: 평형함수율(dec, d.b.)

M<sub>0</sub>: 초기함수율(dec, d.b.)

M<sub>m</sub>: 중간함수율(dec, d.b.)

M<sub>f</sub>: 최종함수율(dec, d.b.)

3) 색도

표고버섯의 색도는 색도색차계(JX-777, C.T.S., Japan)를 이용하여 건조 전·후 갓의 5부위(중앙, 사방)에 대한 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하여 평균값으로 나타내었다. L, a, b의 값을 종합적으로 반영하는 색차 E는 식 (3)을 이용하여 구하였다.

$$E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2} \tag{3}$$

4) 에너지 소비량

원적외선 건조의 소비전력량은 소비전력량계(WL, LG, Korea)를 이용하여 측정하였고, 수분 1 kg을 건조시키는데 필요한 에너지 소비량으로 환산하여 나타내었다.

5) 수축율

표고버섯의 수축율은 시료중 6개를 선택하여 건조 전·후의 갓의 장경과 단경을 측정하였고, 식 (4)를 이용하여 평균값으로 나타내었다(Han 등, 2003).

$$\Delta S = \frac{(S_1 + S_2) - (S_3 + S_4)}{(S_1 + S_2)} \times 100 \tag{4}$$

여기서, ΔS: 수축율(%)

S<sub>1</sub>: 건조전의 갓의 장경(cm)

S<sub>2</sub>: 건조전의 갓의 단경(cm)

S<sub>3</sub>: 건조후의 갓의 장경(cm)

S<sub>4</sub>: 건조후의 갓의 단경(cm)

7) 유리아미노산 함량분석

유리아미노산 함량분석은 건조 전·후의 시료 중 각 건조조건 별로 무작위로 10개의 샘플을 채취하여 분쇄기로 분쇄한 후 9.0 mg을 채취하고, PICO-tag 방법으로 PITC labeling한 시료 400 μL중에서 10 μL를 취하여 HPLC(Allience, Waters, USA)에 loading하여 건조 전·후의 유리아미노산 함량을 비교 분석하였다.

8) 통계처리 방법

색도, 수축율 측정값들은 Windows용 SAS 통계 프로그램 일원배치 분산분석(One-Way ANOVA)방법으로 유의수준 0.05에서 각 건조조건 간의 유의성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조특성

그림 2는 건조 조건별 표고버섯의 건조특성을 함유율비로 나타낸 것이다. 그림 2에 나타난 바와 같이 원적외선 건조시 풍속이 동일한 조건하에서 건조실내 온도가 높을수록 건조속도가 빨라지는 경향을 나타내었고, 온도가 동일한 조건하에서 풍속이 빠를수록 건조속도가 빠른 것으로 나타났다. 원적외선 건조의 경우 풍속 0.4 m/s, 건조실 온도 50℃의 조건을 제외한 건조조건은 열풍건조 보다 건조속도가 빠른 것으로

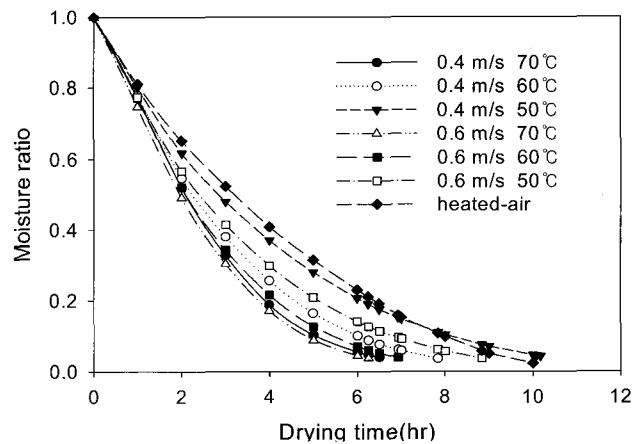


Fig. 2 Changes in moisture ratio of oak mushroom during drying.

나타났다. 최종 건량기준 함수율 15%까지 건조하는데 원적외선 건조의 경우 0.6 m/s-70°C 조건에서 375분, 0.4 m/s-70°C에서 390분, 0.6 m/s-60°C에서 415분, 0.4 m/s-60°C에서 470분, 0.6 m/s-50°C에서 530분, 0.4 m/s-50°C에서 630분 소요되었고, 열풍건조는 600분 소요되었다.

원적외선 건조시 동일한 풍속에서 건조온도가 높을수록 건조속도가 빠른 것은 건조온도가 높을수록 방사판의 표면온도가 높아 복사에너지가 증가하여 원적외선 건조효과가 크기 때문이고, 건조온도가 동일한 조건하에서 풍속이 빠른 조건이 건조속도가 빠른 것은 풍속이 빠를수록 송풍량이 많아 대류열전달에 의한 건조효과가 크기 때문이라고 판단된다.

한편 원적외선 건조가 열풍건조보다 건조속도가 빠른 것은 원적외선은 복사에너지로서 열효율이 높아 피건조물 품온 상승이 빠르고 잠열이 크기 때문이라고 판단된다. 이것은 원적외선 열원이 열풍보다 에너지절감과 열효율이 높다는 연구결과와 일치하였다(Han 등, 1990).

#### 나. 색도

원적외선 건조와 열풍건조에 의한 표고버섯의 건조 전·후 L(명도), a(적색도), b(황색도), E(색차)의 감소값  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$ 를 그림 3, 4, 5, 6에 나타내었다.

그림 3, 4, 5, 6에서 보는 바와 같이 원적외선 건조와 열풍건조 후 표고버섯의 L, a, b, E 값은 모두 감소하였고, 원적외선 건조의 경우 건조온도가 높고, 송풍속도가 느린 것이 더 많이 감소하였다.

건조 전·후 표고버섯의 L값의 차이는 송풍속도 0.4 m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C인 경우, 각각 3.36, 3.85, 5.95 감소하였고, 0.6 m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C인 경우 각각 3.09, 3.50, 4.26 감소하였다.

열풍건조 후 L 값의 감소값  $\Delta L$ 은 6.14로서 원적외선 건조

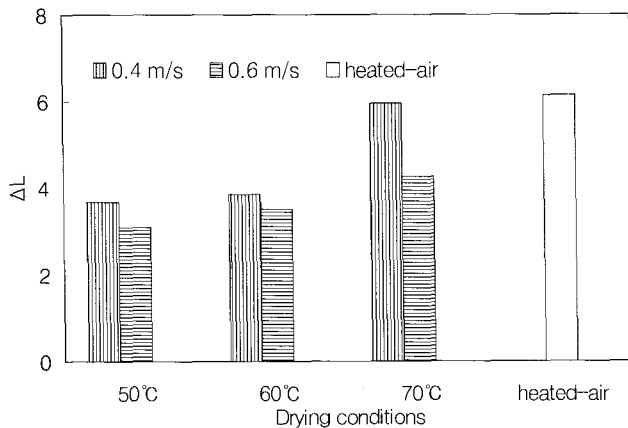


Fig. 3 Comparison of  $\Delta L$  of oak mushroom before and after drying.

와 비교하면 0.09~3.05 감소하여 명도가 어두운 것으로 나타났다.

원적외선 건조 전·후 표고버섯의 a 값은 그림 4에서와 같이 건조온도 50, 60, 70°C의 경우 송풍속도 0.4 m/s에서 각각 1.16, 1.45, 1.75 감소하였고, 송풍속도 0.6 m/s에서는 각각 0.89, 0.92, 1.00 정도 감소하였다.

열풍건조 후 a 값이 5.78 감소하였으며 원적외선 건조 보다 4.03~4.89 더 감소하여 검붉은 색이 약간 더 얇게 나타났다. 원적외선 건조의 경우 건조온도가 증가하면 a 값의 감소가 증가하는 경향이 뚜렷하였다.

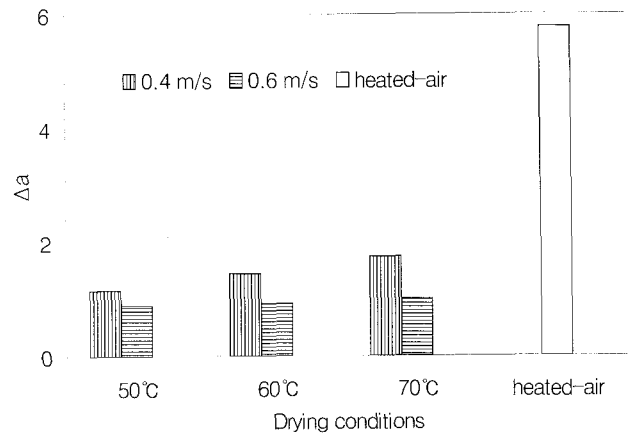


Fig. 4 Comparison of  $\Delta a$  of oak mushroom before and after drying.

그림 5에서와 같이 b 값은 원적외선 건조의 경우 송풍속도 0.4 m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C에 따라 각각 2.35, 2.46, 2.99 감소하였고, 0.6 m/s의 경우 0.4 m/s 보다 건조온도별로 각각 0.27, 0.17, 0.40 정도 작게 나타났다. 한편 열풍건조 후 b의 감소값은 2.74로 원적외선 건조와 비교하면 0.4 m/s- 50°C 조건을 제외한 기타 건조조건 보다 0.15~0.66 감소한 것으로 나타났다.

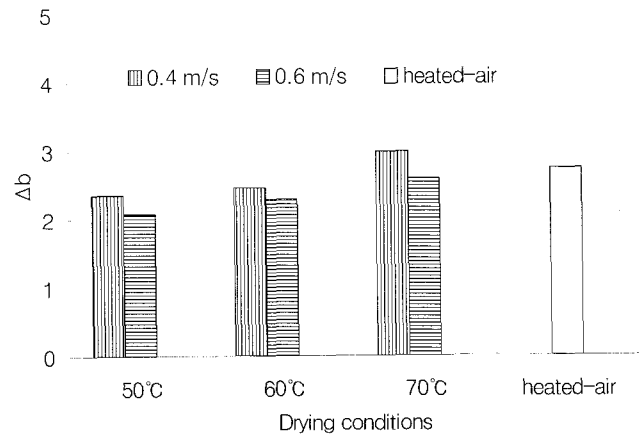


Fig. 5 Comparison of  $\Delta b$  of oak mushroom before and after drying.

색차를 나타내는  $\Delta E$  값은 그림 6에서 나타난 바와 같이 송풍속도 0.4 m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C인 경우 각각 4.40, 4.72, 6.89 감소하였고, 0.6 m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C인 경우 각각 3.76, 4.14 5.00 감소하였다. 열풍건조 후 E 값은 8.95 감소하여 원적외선 건조 보다 색도 변화가 큰 것으로 나타났다.

건조조건이 L, a, b, E 값의 감소에 미치는 영향을 분산 분석한 결과 P-값은 전부 0.0001로 나타났고, 유의수준 0.05 보다 작아 유의성이 인정되었다.

한편 L, a, b, E의 감소값에 대한 분산분석결과 유의성은 인정되었지만, 실제 육안으로 색도 차이를 구별하기는 어려운 것으로 판단되었다.

건조 후 표고버섯의 L, a, b, E 값이 초기보다 감소하는 원인은 건조온도가 높고, 건조시간이 길수록 열에 노출시간이 길어져 갈변과 수축에 의해 조직이 치밀해지면서 색이 어둡게 나타나기 때문이다.

한편 원적외선 건조가 열풍 건조보다  $\Delta L$ 과  $\Delta b$ 의 값이 작은 것은 원적외선 건조가 건조속도가 빠름으로 건조시간이 단축 되어 시료가 고온에 노출되는 시간이 짧았기 때문에 표고버섯의 외부 갈변이 덜된 것으로 판단된다. 이것은 Kim(2004)이 하향 송풍방식 컨베이어식 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯 건조의 연구에서 원적외선 건조가 열풍건조보다 색도 변화가 작게 나타난다는 결과와 거의 일치한 경향을 나타내었다.

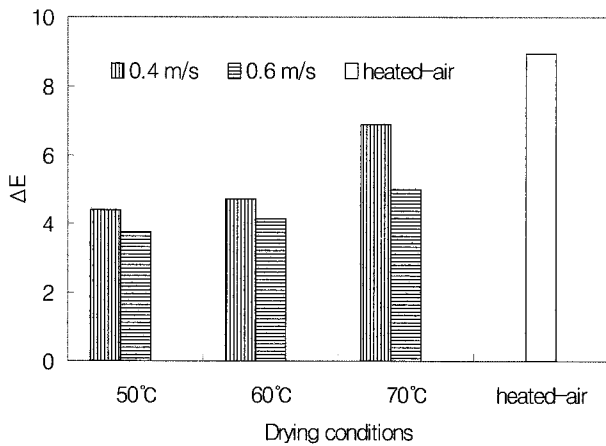


Fig. 6 Comparison of  $\Delta E$  of oak mushroom before and after drying.

#### 다. 에너지 소비량

그림 7은 표고버섯의 원적외선 건조와 열풍건조시 에너지 소비량을 비교하여 나타난 것이다. 그림 7에서 알 수 있듯이 에너지 소비량은 원적외선 건조가 열풍건조 보다 적게 나타

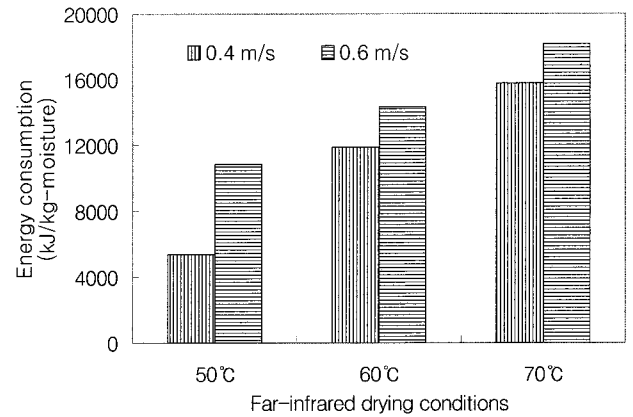


Fig. 7 Comparison of energy consumption for oak mushroom using far-infrared drying.

났고, 원적외선 건조에서는 건조온도가 높고 송풍속도가 빠를수록 에너지 소비량이 증가하는 것으로 나타났다. 원적외선 건조의 에너지 소비량은 송풍속도 0.4 m/s, 건조온도 50, 60, 70°C인 경우 각각 5367.6, 11876.4, 15768 kJ/kg(수분)이었고, 송풍속도 0.6 m/s, 건조온도 50, 60, 70°C에서는 각각 10857.6, 14331.6, 18172.8 kJ/kg(수분)으로 나타났다.

원적외선 건조의 경우 송풍속도가 빠르고, 건조온도가 높을수록 에너지 소비량이 증가하는 것은 송풍속도가 빠르고, 건조온도가 높을수록 배기에 의한 열손실이 많기 때문인 것으로 판단된다. 한편 본 실험의 건조 조건이 통상적인 건조 에너지 소비량보다 높은 이유는 초기 개발된 실험용 건조기로 시료량이 매우 적고 건조실 공간이 너무 커서 에너지 소비량이 높았던 것으로 판단된다.

#### 라. 수축율

원적외선 건조와 열풍건조 후 표고버섯의 수축율을 그림 8에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 원적외선 건조의 경우 건조온도가 낮고 송풍속도가 빠를수록 수축율이 작게 나타났다.

원적외선 건조의 경우 수축율은 송풍속도 0.4 m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C일 경우 각각 17.40, 18.70, 22.00%이었고, 0.6 m/s에서는 각각 13.10, 14.70, 16.50%로 나타났다. 열풍건조의 수축율은 17.30%로 원적외선 건조온도에 관계없이 0.4 m/s 보다 작게 나타났고, 0.6 m/s 보다는 큰 것으로 나타났다. 따라서 표고버섯을 원적외선으로 건조할 경우 수축율은 송풍속도 0.6 m/s가 0.4 m/s 보다 표고버섯의 원형유지에 유리한 것으로 판단된다.

건조조건에 따른 표고버섯의 수축율 차이를 통계분석한 결과 P-값은 0.0001로 유의수준 0.05 보다 낮아 유의성이 인정되었다.

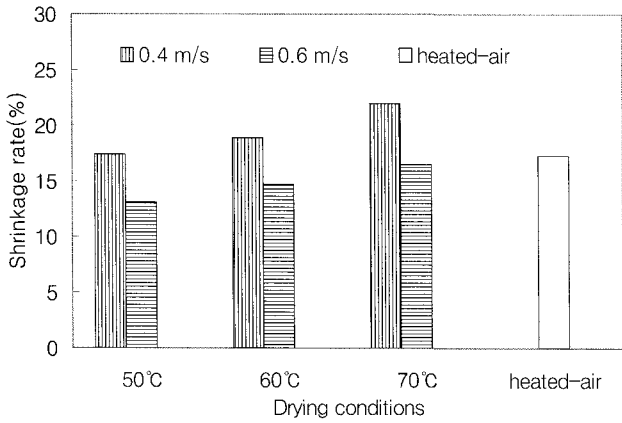


Fig. 8 Comparison of shrinkage rate of oak mushroom after drying.

마. 유리아미노산 함량

그림 9에 초기시료의 유리아미노산 함량을 기준으로 열풍 및 원적외선 건조 후 표고버섯의 유리아미노산 함량 증감을 나타내었다.

그림 9에서와 같이 원적외선 건조 후 유리아미노산 함량은 Glu(Glutamic acid), Gln(Glutarmine), Asp(Asparagine)만이 일부 건조조건에 따라 초기시료에 비해 증가하였고, 기타 건조조건하에서는 초기시료에 비해 감소되는 것으로 나타났다. 원적외선 건조의 경우 건조시간이 길고 건조온도가 높을수록 유리아미노산 함량이 많이 감소하였으며, 건조 후 유리아미

노산 함량이 가장 많이 감소한 것은 Ala(Alanine)이었고, 다음은 Leu(Leucine), Val(Valine)의 순인 것으로 나타났다.

열풍건조 후 아미노산 함량도 초기시료에 비해 감소하였고, 감소량이 원적외선 건조 보다 많은 것으로 나타났다.

한편 표고버섯 건조시 원적외선 건조가 열풍건조 보다 아미노산 함량 감소가 적은 것은 원적외선 건조의 경우 복사에너지 이용으로 건조효율이 높았고, 열풍건조 보다 건조시간이 짧아 열에 대한 노출시간이 짧았기 때문이다.

4. 요약 및 결론

정치식 건조기에 원적외선가열 메커니즘을 도입하여 건조 온도, 풍속, 송풍방식이 표고버섯의 건조특성과 품질에 미치는 영향을 비교분석하여 정치식 원적외선 건조기 개발에 필요한 기초자료를 제시하고자 하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 건조속도는 원적외선 건조가 열풍건조 보다 빠르고, 원적외선 건조의 경우 건조온도가 높고 풍속이 빠른 조건이 건조속도가 빠른 경향을 나타내었다.
2. 표고버섯 건조 전·후의 색차는 열풍건조가 원적외선 건조 보다 큰 것으로 나타났고, 원적외선 건조의 경우 건조온도가 낮고 풍속이 빠른 것이 색도차가 작은 것으로 나타났다.

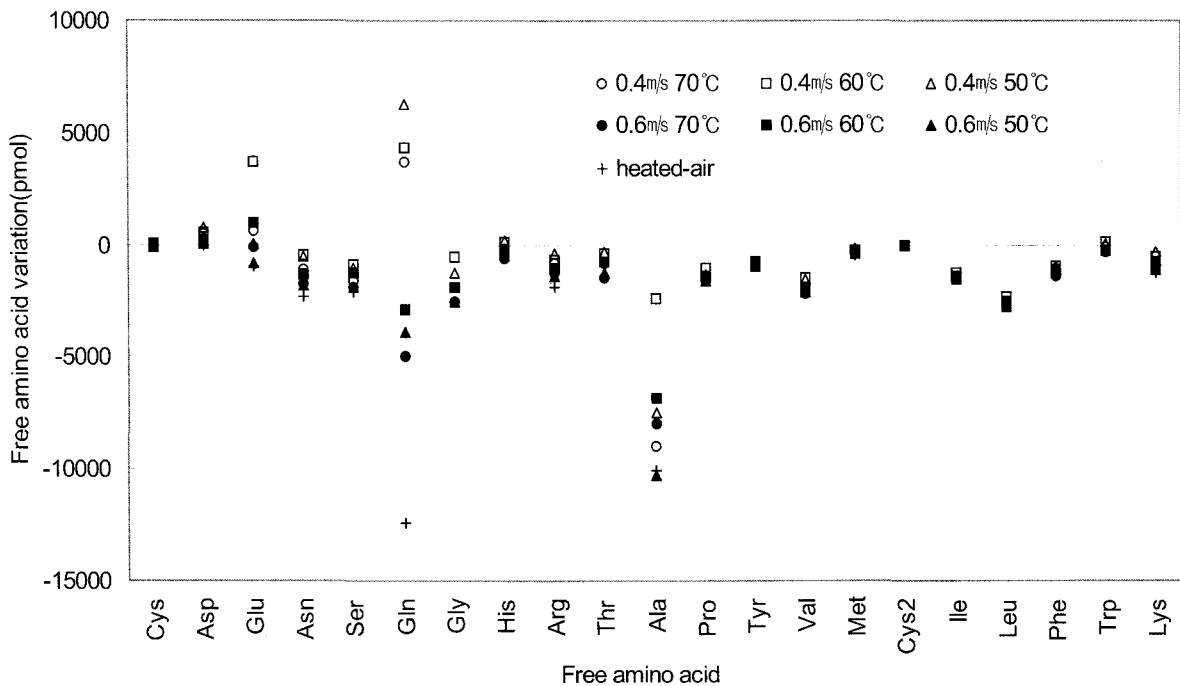


Fig. 9 Comparison of free amino acid variation of oak mushroom before and after drying.

3. 표고버섯 건조시 원적외선 건조 에너지 소비량은 5367.6 ~ 18172.8 kJ/kg(수분)으로 풍속이 빠르고 건조온도가 높을수록 에너지 소비량이 증가하는 것으로 나타났다.
4. 표고버섯 수축율은 원적외선 건조의 경우 건조온도가 낮고 풍속이 빠를수록 작게 나타났다. 원적외선 건조의 경우 0.6 m/s-70℃의 건조조건이 건조속도도 빠르고 건조 후 표고버섯의 원형유지에 유리한 것으로 나타났다. 열풍건조의 경우 수축율은 17.30%로 원적외선 건조의 풍속 0.4 m/s인 조건 보다 낮게 나타났고, 풍속 0.6 m/s인 조건 보다 높게 나타났다.
5. 건조 후 표고버섯의 유리아미노산 함량은 초기시료에 비해 대부분 감소하였고, 원적외선 건조가 열풍건조 보다 잔류함량이 많은 것으로 나타났다. 유리아미노산 함량이 가장 많이 감소한 것은 Ala(Alanine)이었고, 다음은 Leu (Leucine), Val(Valine)의 순인 것으로 나타났다. 건조 후 잔류함량이 가장 많은 것은 Gln(Glutamine)이고 다음은 Ala(Alanine), Glu(Glutamic acid), Gly(Glycine) 등 순이었다.

### 참고 문헌

1. Cho, D. B., D. P. Kim and C. S. Choi. 1981. Kinetics of drying shiitake mushroom, *lentinus edodes sanryun*. J. Korean Soc. Food & Nutrition 10(1):53-60. (In Korean)
2. Ha, Y. S., J. W. Park and J. H. Lee. 2001. Physical Characteristics of mushroom(*Agaricus bisporus*) as influenced by different drying methods. J. of the Korean Society of Food Science and Technology 33(2):245-245. (In Korean)
3. Han, C. S., Motoyasu NatsuGA and Kazuhiko ITOH. 1990. Studies on the heating characteristics of far-infrared Rays (Part 3), - Analysis of heat transfer -. Reprinted from Memoirs of the Faculty of Agriculture Hokkaido University 17:137-150. (In Japanese)
4. Han, C. S., S. C. Cho, T. K. Kang, C. B. Kim, M. H. Kim and H. C. Lee. 2003. Drying characteristics of oak mushroom using stationary far-Infrared dryer. Proceedings of the KSAM 2003 Winter Conference 8(1):106-111. (In Korean)
5. Henderson, S. M. and R. L. Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. AVI Publishing Company. Inc.
6. Keum, D. H., J. G. Ro, T. Y. Jung, S. R. Hong, K. M. Park, H. Kim and J. W. Han. 2003. Drying equation of *sarcodon aspratus*. Proceedings of the KSAM 2003 Winter Conference 8(1):354-359. (In Korean)
7. Kim, M. H.. 2004. Drying characteristics of oak mushroom using conveyer far-infrared dryer -Down draft air flow type-. Thesis. Chungbuk National University. (In Korean)
8. Lee, G., W. S. Kang and W. Kang. 1996. Drying characteristics of chicory root under far infrared and hot air drying. Proceeding of the KSAM 1996 Conference pp.90-95. (In Korean)
9. Park, S. J., S. M. Kim, M. H. Kim, C. S. Kim and C. H. Lee. 1999. Development of a prototype continuous flow dryer using far-infrared ray and heated-air for white ginseng. Proceedings of the KSAM 1999 Summer Conference 4(2):199-204. (In Korean)
10. Yon, K. S., M. H. Kim, C. S. Cho, T. H. Kang, H. C. Lee, C. B. Kim and J. K. Kim. 2004. Drying characteristics of oak mushroom using conveyer far infrared dryer -down draft air flow type-. Journal of Biosystems Engineering 29(1):37-44. (In Korean)