

컨베이어 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯의 건조특성 - 하향 송풍방식 -

Drying Characteristics of Oak Mushroom Using Conveyer Far Infrared Dryer - Down Draft Air Flow Type -

연광석 김민호 한충수 조성찬 강태환 이해철 김창복 김진국
정희원 정희원 정희원 정희원

K. S. Yon M. H. Kim C. S. Han S. C. Cho T. H. Kang H. C. Lee C. B. Kim J. K. Kim

ABSTRACT

This study was conducted to develop a new drying method for reducing the drying cost and time and to investigate the drying characteristics of oak mushroom. A far infrared dryer of down draft air flow type used for this experiment can control the drying parameters, such as far infrared heater temperature and aeration velocity. The far infrared drying tests were performed at aeration velocities of 0.3 and 0.6m/s under the temperature of 90 and 100°C in far infrared heater, respectively. The results were compared and analyzed with those of an heated air drying method used as a control in terms of properties representing the drying characteristics, such as shrinkage rate, color, energy consumption, amino acid components, drying rate and moisture ratio.

The results obtained from this research can be summarized as follows.

1. The drying rate of far infrared drying was faster than that of heated air drying. With high temperature of far infrared heater and slow aeration velocity, the far infrared drying of down draft air flow type was superior to the heated air drying.
2. Most of far infrared drying conditions required less energy consumption than heated air drying.
3. The shrinkage rates of heated air drying and far infrared drying were decreased by 17.0% and 18.2~19.8%, respectively.
4. The difference of color on oak mushroom surface before and after drying can be represented as ΔE . ΔE values of far infrared drying and heated air drying were 2.39~4.55 and 6.77, respectively.
5. The amounts of free amino acids were higher in the far infrared than in the heated air drying. In addition, the amounts of Gln and Glu generally were increased and those of Ala, Leu, and Val were decreased in order.

Keywords : Far infrared drying, Heated air drying, Oak mushroom, Far infrared dryer, Down draft air flow, Free amino acid.

1. 서 론

전부터 식용으로 이용해 온 임산물이다. 표고버섯은 원래 한국, 중국, 일본에서만 자생하던 극동지역의 특산물로서 현재는 전 세계에서 광범위하게 식용으로 이용되고 있다. 표고버섯은 특이한 향과 육질, 약효성분 때문에 오래

This study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry and partially supported by Chungbuk National University Research Foundation. This article was submitted for publication in October 2003; reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in February 2004. The authors are K. S. Yon, C. S. Han, S. C. Cho, Professor, M. H. Kim, T. H. Kang, H. C. Lee and C. B. Kim, Research Assistant, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungbuk National Univ., Cheongju, Korea. and J. K. Kim, President of Magicyura Co. Ltd., Seoul, Korea. The corresponding author is C. S. Han, Professor, Chungbuk National Univ., Cheongju City, 361-763, Korea. E-mail : <hansu@chungbuk.ac.kr >

컨베이어 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯의 건조특성

되고 있다.

그러나 버섯은 함수율이 높고 조직이 연약하여 저장하기 어렵고 부패하기 쉽기 때문에 수확 후 단시일 내에 생버섯으로 판매하거나 통조림 또는 건조 가공 제품으로 유통하고 있다(Ha 등, 2001).

Choi(1995) 등은 표고버섯에 포함되어 있는 수용성 다당류인 렌티난(lentinan)은 종양세포인 Sarcoma-180의 생장을 저해하는 항암효과가 있는 것으로 보고하고 있다. 또한 여러 종류의 유리 아미노산이 들어 있고 열량이 낮은 반면 비타민과 식이섬유 등이 풍부한 영양식품이다(Hwang, 1983).

표고버섯의 건조는 열풍건조와 천일건조 방식이 이용되고 있으나, 천일건조는 건조시간이 길고 품질이 불균일하여 주로 열풍건조를 이용하고 있다.

Han(2003) 등은 원적외선 건조와 열풍건조로 표고버섯을 건조할 경우 전자의 건조속도가 빠르다고 보고하였다.

상용 열풍건조기의 건조방법은 3단계로 열풍 온도를 조절하여 사용하고 있지만, 버섯이 고온의 열풍에 장시간 노출되어 품질열화가 심화되기 때문에 버섯의 고품질화 및 건조효율 향상을 위한 건조방법과 건조시스템 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 원적외선의 가열 메카니즘을

도입하여 표고버섯의 건조특성을 구명하고, 컨베이어 원적외선 건조기 개발의 설계 및 기초자료를 제시하기 위해 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

공시재료는 2002년 12월 충청북도 청원군에서 구입한 일본 모리산업 종균 290호를 사용하였다. 표고버섯의 초기 함수율은 약 72.8 ~ 76.0%,w.b.(이하 %로 표시)로, 1개의 중량이 25 ~ 30g, 갓의 장경이 6 ~ 7cm, 단경이 5 ~ 6cm인 것을 사용하였다. 그리고 저장 중 품질변화를 최소화하기 위해 저온창고(0 ~ 5℃)에 보관하였고, 실험 시작 24시간 전에 시료를 꺼내어 상온으로 조제한 후 실험에 사용하였다.

나. 실험장치

Fig. 1과 Table 1은 본 실험에 사용된 컨베이어 원적외선 건조기의 개략도와 규격을 나타낸 것이다.

이 실험장치의 주요 구성요소는 원적외선방사체, 건조부(520 × 9,840 × 50mm), 컨베이어(560 × 11,420 × 120mm), 송풍팬(DB-85, 동건, 한국), 배풍팬(DB-85, 동건, 한국), 인버터(FR-E520-3. 7K, Mitsubishi, 일본) 및

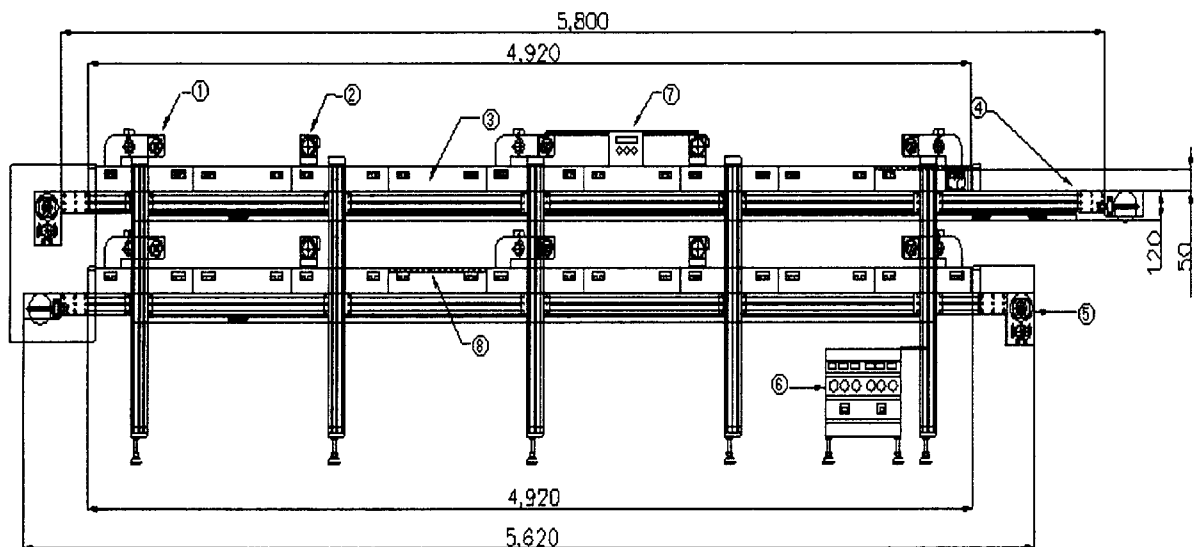


Fig. 1 Schematic diagram of conveyor far infrared dryer.

Table 1 Specification of the experimental apparatus

Description	Specification	Description	Specification
① Blast fan	35W, 2.7m ³ /min × 6	⑤ Moter	9SDG2-120F1G, 120W, 90/1700rpm × 2
② Exhaust fan	35W, 2.7m ³ /min × 4	⑥ Control box	
③ Drying chamber	610 × 542mm × 18	⑦ Inverter	3.7kW × 2
④ Belt converer	560 × 5800 × 120mm 560 × 5620 × 120mm	⑧ Far infrared heater	1.1kW × 18

제어반으로 구성되어 있고, 2단 컨베이어식으로 설계·제작하였다.

피건조물의 건조는 상·하 2단의 건조부를 연속적으로 통과하면서 건조가 이루어진다. 원적외선 방사체는 건조부 내측 상단에 설치하여 위쪽에서 원적외선이 조사되도록 하였다. 송풍기(DB-85, 동건, 한국)와 배풍기(DB-85, 동건, 한국)는 각 단마다 각각 3개, 2개씩 설치하였다. 송풍은 원적외선 방사체와 피건조물 사이에서 이루어지도록 하였고, 배풍은 건조실 내부의 습공기를 흡인배출하도록 하였다. 원적외선 방사체 온도와 컨베이어 이송 속도는 제어부에서 조절할 수 있고, 송풍량과 배풍량은 인버터의 주파수를 변화시켜 조절하였다.

다. 실험방법 및 측정항목

1) 실험방법

컨베이어 원적외선 건조에 사용된 1회 시료량은 4kg으로 건조 후 최종 함수율이 10 ± 0.5%가 되도록 3회 반복 실험하였다. 예비 실험 결과 원적외선 방사체의 온도와 건조실 내부 풍속은 각각 90, 100℃와 0.3, 0.6m/s의 조건으로 하였다.(Han et al., 2003) 이때 건조부 분위기 온도는 53 ~ 63℃이다.

대조구인 열풍건조는 상용화된 열풍건조기(BOPP-1.5, 신흥, 한국)를 이용하였고, 풍량은 17m³/min 이었다. 열풍건조에 사용된 시료량은 32kg으로 건조 후 최종 함수율이 10 ± 0.5%가 되도록 3회 반복 실험하였다. 열풍건조는 상용 프로그램화된 표고버섯 건조방법에 따라 초기에는 40℃에서 3.5시간 건조하고, 이어

45℃로 1.5시간 건조한 후 65℃에 도달하기까지 7시간 건조하였다. 건조시 시료배치는 버섯 갓이 위를 향하도록 하였다.

건조 시료는 함수율, 건조속도, 에너지소비량, 수축율, 색도, 유리아미노산 함량을 비교하였다.

2) 측정항목

가) 함수율

건조 전·후 시료의 함수율은 시료 20개를 무작위로 채취하여 세절한 후 전자저울(HF-200GD, AND, 일본)로 10 ± 0.5g을 계량한 후, 실험용 건조기(WFD 600ND, EYELA, 일본)에서 105℃로 24시간 건조한 후 중량비로 계산하여 습량기준 함수율로 나타내었다(Choi et al., 1999).

나) 건조속도

건조속도는 건조 과정 중, 동일 시료를 1시간 간격으로 채취하여 건감율과 함수율비로 나타내었다.

시료의 중량변화는 전자저울(HF-200GD, AND, 일본)로 측정하였고, 초기 함수율과 건조 후 최종 함수율을 기준으로 건조 시간별 중량변화를 함수율로 환산하여 건감율로 나타내었다. 또한 건조 조건별로 건조시간에 따른 함수율비로 나타내었다.(Keum et al., 2003)

다) 에너지소비량

원적외선 건조의 에너지 소비량은 적산전력계(Energy Monitor 2720, SOAR, 이탈리아)를 이용하여 측정하였고, 시료 32kg에 대한 수분 1kg을 건조시키는데 필요

한 에너지 소비량으로 환산하여 나타내었다. 열풍 건조의 에너지 소비량은 사용된 등유의 무게를 측정하였고, 등유 발열량을 $4.19 \times 10^2 \text{ MJ/kg}$ 로 하여 수분 1kg을 건조시키는데 필요한 에너지 소비량으로 나타내었다.

라) 수축율

수축율은 건조 전·후 갓의 장경과 단경을 측정하고, 식 (1)을 이용하여 장경과 단경의 수축율을 각각 구하여 평균값으로 나타내었다.

$$\Delta S = \frac{(S_1 + S_2) - (S_3 + S_4)}{(S_1 + S_2)} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

- 여기서, ΔS : 수축율(%)
- S_1 : 건조 전의 갓의 장경(cm)
- S_2 : 건조 전의 갓의 단경(cm)
- S_3 : 건조 후의 갓의 장경(cm)
- S_4 : 건조 후의 갓의 단경(cm)

마) 색 도

색도는 색도색차계(JX-777, C.T.S., 일본)를 이용하여 건조 전·후 갓의 5부위(중앙, 사방)에 대한 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하여 평균값으로 나타내었다. 색차를 나타내는 ΔE 의 값은 이 값들을 이용하여 식 (2)로 구하여 비교하였다.

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

- 여기서, ΔE : 색차
- ΔL : 건조 전·후 L값의 차
- Δa : 건조 전·후 a값의 차
- Δb : 건조 전·후 b값의 차

바) 유리아미노산 분석

유리아미노산 분석은 건조 전·후에 각 조건별로 시료 10개를 채취하여 분쇄기로 분쇄한 후 9.0mg을 취하고, PICO-tag 방법으로 PITC labeling한 시료 400 μl 중에서 10 μl 를 취하여 HPLC(Alliance, Waters, 미국)에 loading하여 건조 전·후의 유리아미노산 함량을 비교 분석하였다.

사) 자료처리 방법

수축률, 색도 측정값들은 windows용 SAS 통계 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 방법을 이용하여, 유의수준 0.05로 각 건조 조건간의 유의성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조속도

Fig. 2는 표고버섯에 대한 원적외선 건조와 열풍 건조의 건조속도를 나타낸 것이다.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 원적외선 건조와 열풍 건조 모두 건조 초기에는 높은 건감율을 나타내었으나, 원적외선 건조가 열풍 건조보다는 건조속도가 빠른 것으로 나타났다.

원적외선 건조에서 건조 시작 후 3시간 동안의 평균 건감율은 원적외선 방사체의 가열온도가 100 $^{\circ}\text{C}$ 인 경우, 풍속이 0.3m/s, 0.6m/s에서 각각 0.218, 0.213 %/min이었고, 방사체 온도 90 $^{\circ}\text{C}$ 에 풍속이 0.3, 0.6m/s인 경우는 각각 0.189, 0.178 %/min로 나타났다. 열풍 건조에서의 건감율은 0.164%/min로 원적외선 건조에 비해 낮은 것으로 나타났다.

원적외선 초기 건조구간인 120분 내외에서 풍속이 느린 조건이 건조속도가 약간 빠르게 나타났다. 이것은 송풍방향이 원적외선 복사 방향과 같아 피건조물에 필요한 잠열 및 현열로 사용되는 복사에너지 손실이 적기 때문이라 판단된다.

Fig. 3에 건조 시간에 따른 표고버섯의 원적외선 건조와 열풍 건조의 조건별 함수율비의 변화를 나타내었다.

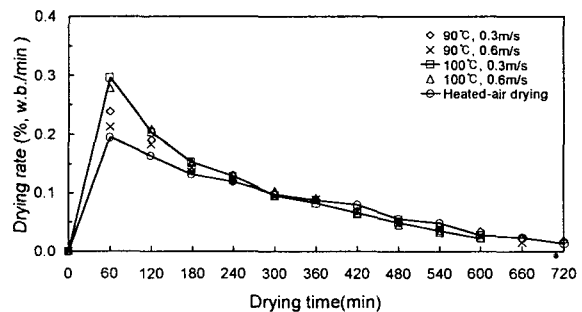


Fig. 2 Comparison of drying rate of oak mushroom during drying.

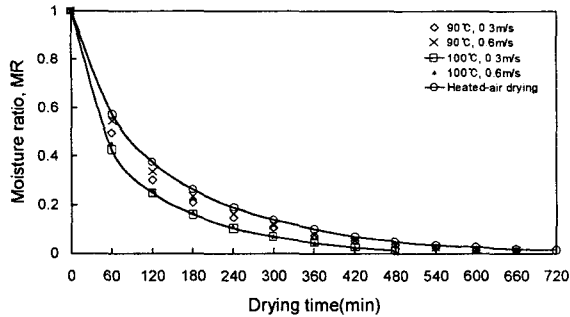


Fig. 3 Moisture ratio of oak mushroom during drying.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 건조시간 480분에서 방사체 온도 100°C, 풍속 0.3m/s의 조건은 함수율이 0.011이었으며, 방사체 온도 100°C, 풍속 0.6m/s는 0.012, 방사체 온도 90°C 풍속 0.3, 0.6m/s에서 0.037, 열풍 건조는 0.051로 나타났다.

원적외선 건조의 경우 방사체의 온도가 높을수록 건조시간은 단축되지만 풍속별로는 큰 차이가 없을 것일 수 있다. 이것은 건조실 전구간에 송풍이 이루어지는 것이 아니고 건조실 각 단의 3군데에서 부분적으로 하향 송풍되어 앞에서 설명한 바와 같이 복사에너지 손실이 적기 때문이다.

한편 열풍 건조의 경우 피건조물을 습량기준 함수율 10%까지 건조하는데 약 720분이 소요되어, 원적외선 건조가 열풍 건조에 비해 건조 시간이 60~240분 단축되는 것으로 나타났다.

나. 에너지 소비량

Fig. 4는 표고버섯의 건조조건별 에너지 소비량을 비교하여 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 원적외선 건조가 열풍 건조 보다 대부분 에너지 소비량이 낮게 나타났다.

수분 1kg을 건조하는데 소요되는 에너지 소비량은 열풍 건조가 7.42kWh/kg이었고, 원적외선 건조 조건 90°C - 0.6m/s는 3.98kWh/kg, 100°C - 0.3m/s 경우는 2.32kWh/kg으로, 열풍 건조의 31 ~ 54% 소요되는 것으로 나타났다.

원적외선 건조의 경우 에너지 소비량은 풍속이 빠른 조건이 높게 나타났고, 동일 풍속에서는 방사체 온도 90°C에 비해 100°C 경우가 에너지 소비량이 낮은 것으로 나타났다.

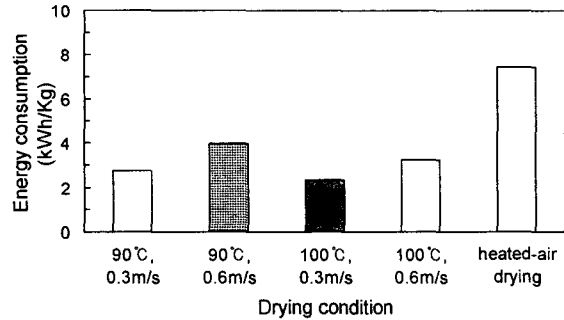


Fig. 4 Comparison of energy consumption for drying conditions.

이것은 90°C에 비해 100°C의 경우가 건조시간이 3시간 정도 단축되었기 때문이다.

다. 수축율

Fig. 5는 원적외선 건조 조건과 열풍 건조의 건조 전 후에 따른 수축율을 나타낸 것이다.

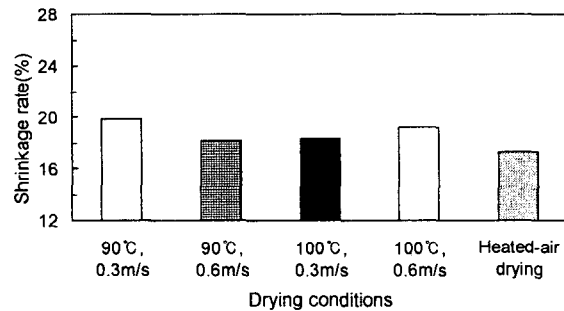


Fig. 5 Shrinkage rate of oak mushroom after drying.

Fig. 5에서 보듯이 표고버섯의 수축율은 열풍 건조가 원적외선 건조에 비해 약간 낮은 경향을 나타내었다.

열풍 건조의 수축율은 17.3%, 원적외선 건조의 경우 18.2~19.8%를 나타내어 원적외선 건조 조건 수축율이 약간 큰 것으로 나타났다. 건조 조건별 수축율 차이는 0.9~2.5%로 품질에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단되며 통계분석 결과 유의성도 인정되지 않았다.

라. 색 도

Fig. 6은 원적외선 건조와 열풍 건조에 의한 건조 전 후의 L, a, b 값 변화와 ΔE 값을 나타낸 것이다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 L, a, b 값의 변화는 건조

조건에 관계없이 건조 후 감소하는 경향을 나타내었다.

Fig. 6 (a)의 건조 조건별 초기 L 값은 53.04, 52.86, 52.93, 54.47, 56.50에서 건조 후에는 49.69, 49.02, 51.15, 50.66, 50.36으로 나타났다. 원적외선 건조 시료 중 L 값의 감소가 가장 작은 조건은 100℃ - 0.3m/s로 1.78이었고, 다음이 90℃ - 0.3m/s, 100℃ - 0.6m/s, 90℃ - 0.6m/s, 열풍 건조 순으로 각각 3.35, 3.81, 3.84, 6.14로 감소하여 원적외선 건조가 열풍 건조보다 건조 시료의 밝기가 양호한 것으로 나타났다.

L 값에 대한 통계 분석결과 P-값이 0.0001보다 낮아 유의성이 인정되었다.

Fig. 6 (b)와 (c)에서 건조 전·후의 a, b 변화값은 원적외선 건조가 각각 0.80 ~ 1.06, 1.80 ~ 2.69로 나타났고, 열풍 건조의 경우는 각각 0.93, 2.74로 나타났다. 유의성을 검정한 결과 a 값은 건조 조건에 따라 유의성이 없는 것으로 나타났고, b 값에 대한 검정통계량 P-값은 0.0025으로 유의수준 0.05보다 작기 때문에 유의성이 있는 것으로 나타났다.

건조 전후의 전체적인 색도 차이를 나타내는 ΔE 값은 원적외선 건조가 2.39 ~ 4.55, 열풍 건조는 6.77로 나

타나, 원적외선 건조가 열풍 건조보다는 색도 변화가 작은 것으로 나타났다. ΔE 의 유의성 분석 결과 P-값은 유의수준 0.001보다 작기 때문에 유의성이 인정되었다.

따라서 건조 전·후 시료의 색도 변화가 가장 작은 조건은 L, a, b, ΔE 값이 각각 1.78, 0.92, 1.80, 2.40 감소한 원적외선 건조 100℃ - 0.3m/s 조건이었다.

마. 유리아미노산 함량

Table 2는 초기원료의 유리아미노산 함량과 열풍·원적외선 건조한 시료의 유리아미노산 종류와 함량을 나타낸 것이다.

Table 2에 나타난 바와 같이 표고버섯에서 21종의 유리아미노산이 정량 되었으며, 이 중에 필수 아미노산인 Leu(leucine), Lys(lysine), Thr(threonine), Val(valine), Phy(phenlalanine), Iso(Isoleucine), Tyr(tyrosine), Met(methionine) 등이 함유되어 있는 것으로 나타났다.

Table 2에서와 같이 건조 후 유리아미노산 함량은 Glu (Glutamic acid), Gln(Glutamine)만이 조건에 따라 증가하고, 나머지 아미노산 함량은 초기 시료에 비해 대부분 감소하는 것으로 나타났다. 건조 후 유리아미노산

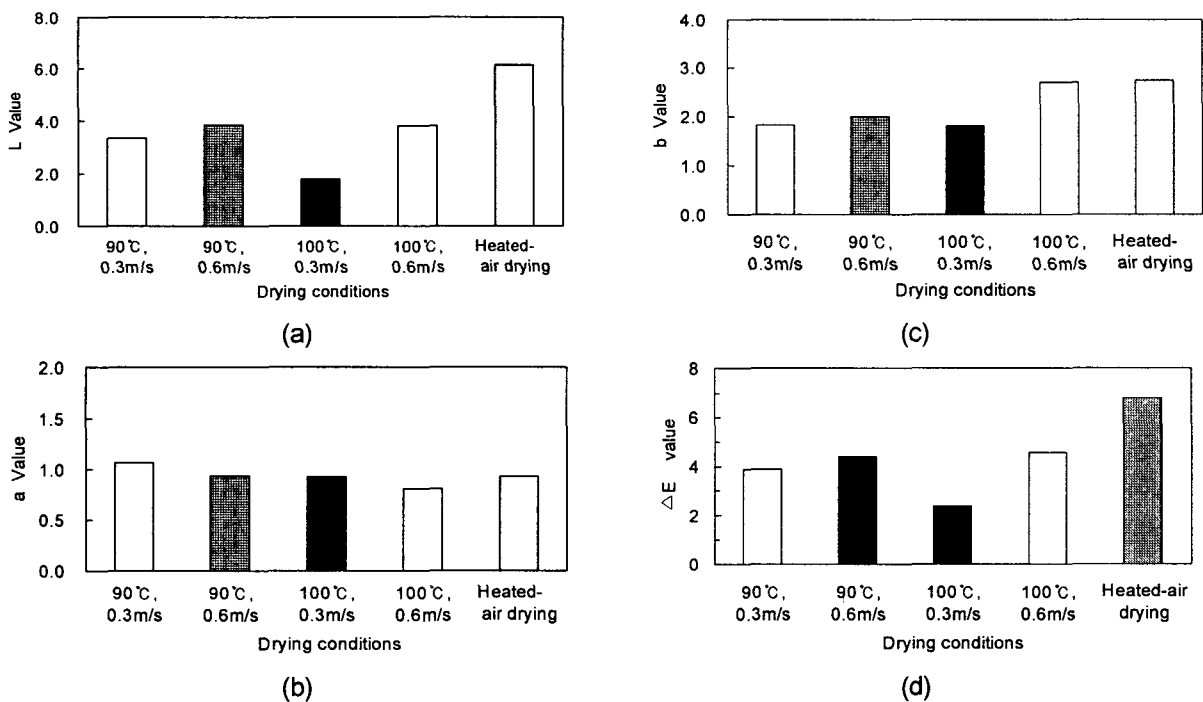


Fig. 6 Comparison of L, a, b, ΔE values of oak mushroom before and after drying.

Table 2 Change of free amino acid in oak mushroom before and after drying

(unit : pmol)

Free amino acid	Raw	Heated-air drying	Far-infrared drying			
			90℃, 0.3m/s	90℃, 0.6m/s	100℃, 0.3m/s	100℃, 0.6m/s
Cys	299.268	66.448	32.221	165.267	275.438	118.182
Asp	1,226.353	1,370.196	390.314	756.839	406.656	772.655
Glu	4,130.105	3,493.963	4,511.400	5,205.761	6,058.202	3,920.807
Asn	2,691.499	1,172.948	813.660	1,397.970	1,196.138	1,252.299
Ser	2,223.205	575.026	710.900	995.950	895.432	942.463
Gln	11,568.790	12,979.662	8,366.491	14,622.539	8,152.365	11,086.300
Gly	4,076.899	1,127.956	1,953.263	2,031.280	1,947.900	2,300.916
His	1,121.797	538.754	954.636	943.369	614.210	943.462
Arg	2,489.036	597.712	552.025	1,424.297	700.943	728.827
Thr	2,857.978	700.100	903.726	1,140.954	783.466	1,070.554
Ala	13,338.827	1,970.298	4,869.435	4,544.594	6,528.515	3,995.384
Pro	3,004.104	310.527	649.346	602.779	621.469	584.067
Tyr	920.924	190.943	256.537	251.930	261.750	209.736
Val	4,306.075	629.404	1,019.406	982.117	850.409	989.942
Met	457.163	164.724	139.798	174.152	129.118	156.532
Cys2	46.434	0.152	0.036	0.033	0.141	0.168
Ile	2,776.497	214.755	494.195	416.221	405.605	400.845
Leu	4,894.875	327.143	716.118	592.148	637.925	607.257
Phe	2,198.192	463.637	576.606	607.767	504.841	591.018
Trp	456.573	81.602	86.164	94.151	114.356	134.083
Lys	1,984.513	561.083	771.812	868.820	537.592	548.127

함량이 가장 크게 감소한 성분은 Ala(Alanine)이었고, 다음이 Leu, Val 순이었다.

원적외선 건조 조건 중 건조시간이 짧은 것이 열풍 건조보다 건조 후 유리아미노산 잔류량이 많은 것으로 나타났다.

이와 같이 원적외선 건조가 열풍 건조보다 건조 후 시료의 유리아미노산 잔류량이 많은 것은 원적외선 건조가 공기를 열 매체로 사용하는 열풍 건조와는 달리 원적외선 복사 에너지를 이용하기 때문에 건조시간 단축으로 인해 열에 노출시간이 짧아 유리아미노산 손상이 적었기 때문이라 판단된다.

4. 요약 및 결론

표고버섯은 여러 종류의 유리 아미노산 및 식이섬유

등이 풍부한 영양식품이다. 그러나 함수율이 높고 조직이 연약하여 저장에 어렵고 부패되기 쉽기 때문에 수확한 후 단시일 내에 판매하거나, 건조 또는 가공해야 한다.

본 연구에서는 버섯의 고품질화 및 건조효율 향상을 위한 건조방법과 시스템 개발을 위해 복사에너지인 원적외선의 가열 메커니즘을 도입하여 표고버섯의 건조 특성을 비교 분석하고, 원적외선 건조기 개발의 기초 자료를 제시하고자 하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 건조 속도는 원적외선 건조가 열풍 건조보다 빠른 것으로 나타났다. 하향송풍식 원적외선 건조의 경우 건감율은 방사체 온도가 높고 풍속이 느린 조건이 빠르게 나타났다.

2) 에너지 소비량은 원적외선 건조 조건이 열풍 건조 보다 낮게 나타났으며, 원적외선 건조 조건의 에너지 소비량은 열풍 건조의 31 ~ 54% 수준으로 나타났다. 한편 원적외선 건조의 에너지 소비량은 풍속이 빠른 조건이 높게 나타났고, 동일 풍속의 경우 방사체 온도 90℃보다 100℃의 경우가 에너지 소비량이 낮게 나타났다.

3) 수축율은 열풍 건조가 17.0%, 원적외선 건조가 18.2 ~ 19.8%로 거의 차이없는 것으로 나타났다.

4) L, a, b 값은 건조 후 모든 조건이 감소하는 것으로 나타났고, 원적외선 건조가 열풍 건조 보다는 색도 변화가 작은 것으로 나타났다. 특히 원적외선 건조 100℃ - 0.3m/s 조건은 ΔE 값이 2.39로 가장 낮아 양호한 조건으로 나타났다.

5) 건조 후 유리아미노산 함량은 초기 시료에 비해 대부분 감소하였고, 원적외선 건조가 열풍 건조보다는 대체적으로 잔류량이 높은 것으로 나타났다. Gln, Glu 은 조건에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 가장 크게 감소한 성분은 Ala, Leu, Val 순이었다.

참 고 문 헌

1. Choi, B. M., J. S. Seo and J. H. Choi. 1997. Drying characteristics and content change of major components of shiitake mushroom(Lentinus edodes) 1. Drying characteristics and drying model. J. Postharvest Sci. Technol. 4(3):271-278.
2. Choi, M. Y., T. Y. Jung and K. J. Ham. 1995. Cytotoxic effects of hot water soluble polysaccharides from mushroom, Lentinus edodes and Vitamin A and E Supplement against P₃₈₈ Cells. J. Nutr. 28(11):1091-1099.
3. Ha, Y. S., J. W. Park and J. H. Lee. 2001. Physical characteristics of mushroom(Agaricus bisporus) as influenced by different drying methods. J. Food Sci. Technol. 33(2):245-251.
4. Han, C. S., K. S. Yon, S. C. Cho, M. H. Kim, T. H. Kang, H. C. Lee and C. B. Kim. 2003. Proceedings of the KSAM 2003 Winter Conference. 8(1):309-314.
5. Hwang, B. H. 1983. Analysis of amino acid and vitamin in oak mushroom. Mokchae Konghak. 11(1): 18-24.
6. Keum, D. H. and N. U. Hong. 2000. Drying and quality change models of oak mushroom(Lentinus edodes). Proceedings of the KSAM 2000 Winter Conference. 5(1):376-381.
7. 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.