

# 정치식 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯의 건조특성

## Drying Characteristics of Oak Mushroom Using Stationary Far Infrared Dryer

한충수*	조성찬*	강태환*	김창복*	김민호*	이해철*
정회원	정회원	정회원			
C. S. Han	S. C. Cho	T. H. Kang	C. B. Kim	M. H. Kim	H. C. Lee

### 1. 서론

농산물을 건조하는 이유는 생산 후 유통과정과 저장 중에 품질의 변화와 손상을 방지하고 가공성을 향상시키기 위한 것으로서 현재 농가 및 일반 농산물 가공 공장에서는 화석연료나 전기를 이용한 열풍건조기가 많이 사용되고 있다.

표고버섯은 농가의 고소득 특용작물로 단백질, 당, 무기질 및 각종 아미노산과 비타민 등을 고루 갖춘 식품으로서 최근에는 항산화, 항균 및 항암 효과에 대해서도 알려져 있고, 매년 생산량과 소비량이 증가하고 있다(고 등 1999).

박 등(1996)은 마이크로컴퓨터 제어장치를 이용한 열풍건조 특성 등에 대한 연구를 하였고, 최 등(1999)은 20~50℃ 온도와 11~88% 상대습도에서 표고버섯의 방습 평형함수율을 측정하였다. 금 등(2000)은 표고버섯의 평형함수율을 측정하여 평형함수율 모델을 개발하고, 열풍건조 특성 및 품질변화 특성을 구명하여 건조모델과 품질모델을 개발하였다. 그러나 원적외선을 이용한 표고버섯 건조연구는 미진한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 정치식 원적외선 건조기를 설계 제작하여 적정 건조조건을 규명하고, 표고버섯의 건조특성을 알아보기 위해 함수율, 건조속도, 색도, 수축율, 소비전력량 등을 비교 분석하여 정치식 원적외선 건조기 개발의 기초 자료를 제시하고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 실험재료

공시재료인 표고버섯은 2002년 충북 청원군에서 수확한 일본 모리산업 종균 290호를 사용하였다. 표고버섯은 5℃ 저온창고에 보관하였고, 실험시작 24시간 전에 저온창고에서 꺼내어 상온으로 조제한 후 사용하였다. 초기함수율은 평균 78%,w.b.(이후 %로만 표시)이었다.

#### 나. 실험장치

그림 1은 정치식 원적외선 건조장치의 개략도를 나타낸 것이다.

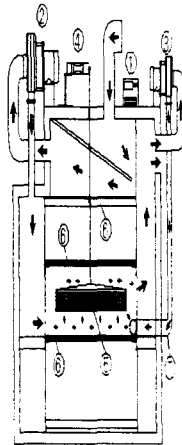
이 장치의 주요 요소는 인버터(SVO G-2U, LG, 한국), 송풍팬(DB-200, 동명, 한국), 순환

\* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

팬((DB-150, 동명, 한국), 로드셀(BCA-10L, CAS, 한국), 원적외선 방사체(CEP450-0806, 매직유라, 한국), 채반, 공기순환관 등으로 구성되어 있다.

건조 중 시료의 중량변화는 시료가 담긴 채반을 원적외선 상·하부 방사판으로부터 각각 45mm 이격시켜 로드셀과 연결시키고 컴퓨터에 기록되게 하였다.

건조기에 유입되는 공기는 제일 상부 원적외선 방사체 윗면을 통과하면서 1차로 가열이 된 후 건조실로 송풍되고, 송풍 속도는 인버터로 송풍팬의 회전수를 조절하여 조정하였다. 배출 공기는 순환 팬과 공기재순환관에 의해 건조실 내부로 재순환되도록 제작 하였다.



① Inverter    ② Bla

⑤ Sample tray    ⑥

Fig. 1 Schematic dia

#### 다. 실험방법 및 측정항목

##### 1) 실험방법

원적외선 건조기 1회 시료량은 2kg으로 하였고, 건조실 내부온도는 각각 50, 60, 70℃, 송풍속도 0.2, 0.4m/s의 조건에서 건조하였다. 상용 열풍건조(BOPP-1.5, 신흥기업사, 한국)는 1회 건조 시료량을 82kg으로 하였고, 초기 건조기 40℃-3.5시간, 45℃-1.5시간 동안을 건조하고, 이후 65℃에 도달하기까지 7시간 건조한 후 함수율, 색도, 건조속도, 피건조물온도, 수축율, 소비전력량을 비교 분석하였다.

##### 2) 측정항목

###### (1) 함수율

함수율은 전체 시료로부터 20±0.5g의 시료를 균일하게 채취하여 105℃의 실험용 건조기(WFD600ND, EYELA, 일본)에서 24시간 건조한 후 칭량하여 습량기준 함수율로 나타내었다.

###### (2) 건조속도

건조속도는 건조경과시간에 따라 로드셀에 의해 측정된 중량차를 함수율로 환산하여 나타

내었다.

(3) 색도

색도는 색도색차계(JX-777, Color Tecno System, 일본)를 사용하여 표고버섯의 경우 갖의 상부 5점을 측정하여 5회 측정 평균값으로 나타내었다.

(4) 수축율

수축율은 건조 전·후 갖의 장폭과 단폭을 측정하여 감소율로 나타내었다.

(5) 소비전력량

소비전력량은 가정용 소비전력계(WL, LG, 한국)를 이용하여 측정하였고, 수분 1g을 건조시키는데 필요한 소비전력량으로 환산하여 나타내었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 건조속도

그림 2는 원적외선 건조와 열풍건조에 의한 표고버섯의 건조속도를 나타낸 것이다.

그림 2에서 알 수 있듯이 건조속도는 원적외선 건조가 열풍건조보다 빠른 것으로 나타났고, 원적외선 건조의 경우 건조온도가 높고 송풍속도가 빠른 조건이 건조속도가 빠른 것으로 나타났다. 또한 원적외선 건조의 경우 40~60분에서 건조속도가 가장 빠른 경향을 보였고, 열풍건조에서는 60분에서 건조속도가 최대인 것으로 나타났다.

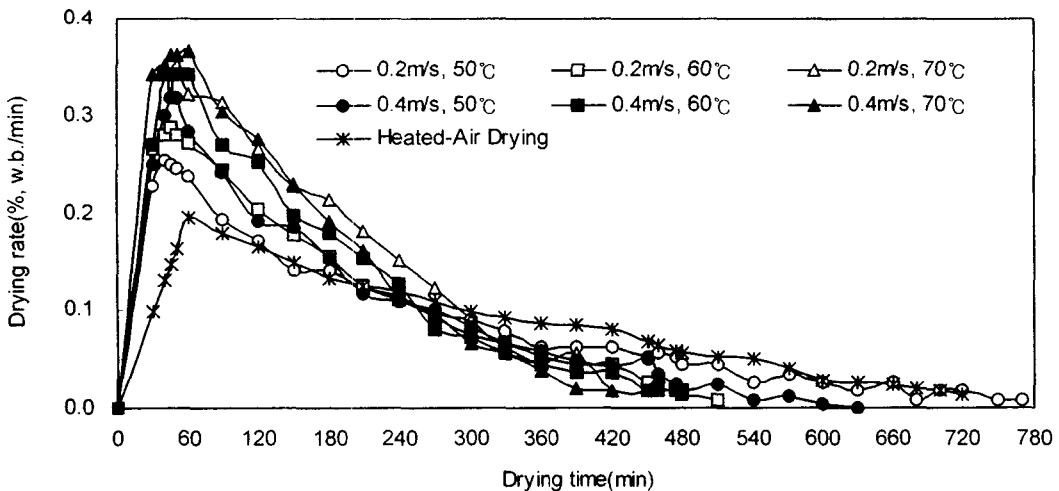


Fig. 2 Comparison of drying rate of oak mushroom by drying time.

표고버섯 최종함수율을 10% 내외까지 건조시키는데 소요된 시간은 송풍속도 0.2m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C인 경우 각각 770, 510, 460분이었고, 송풍속도 0.4m/s에서는 건조온도 50, 60, 70°C에 따라 각각 630, 480, 420분이 소요되는 것으로 나타났다. 열풍건조의 경우에

는 약 720분 정도가 소요되었고, 원적외선 건조 중 송풍속도 0.2m/s-건조온도 50℃를 제외하고 원적외선 건조가 열풍건조보다 약 90~300분 정도 더 빠른 것으로 나타났다.

건조온도와 송풍속도에 따른 최대 건조속도는 원적외선 건조의 경우 송풍속도 0.2m/s, 건조온도 50, 60, 70℃에서 각각 0.254, 0.287, 0.351%/min이었고, 송풍속도 0.4m/s에서는 건조온도에 따라 각각 0.317, 0.342, 0.366%/min로서 송풍속도 0.2m/s보다 건조온도별로 각각 0.063, 0.055, 0.015%/min 빠른 것으로 나타났다. 열풍건조의 경우 최대 건조속도는 0.195%/min로서 원적외선 건조보다 0.059~0.171%/min 정도 느리게 나타났다.

이와 같이 원적외선 건조가 열풍건조보다 건조속도와 건조시간이 빠른 것은 원적외선 복사 에너지로 인해 열매체 없이 피건조물에 에너지가 직접 공급되어 수분증발에 필요한 잠열 효율이 높기 때문이다.

#### 나. 색 도

그림 3은 원적외선 건조와 열풍건조에 대한 표고버섯의 건조 전·후 색도 감소 값을 나타낸 것이다.

그림 3에서 보듯이  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ 의 감소 값은 원적외선 건조보다 열풍건조가 더 높게 나타났다, 원적외선 건조의 경우 건조온도가 높고, 송풍속도 0.2m/s 조건이 약간 더 감소하는 것으로 나타났다.

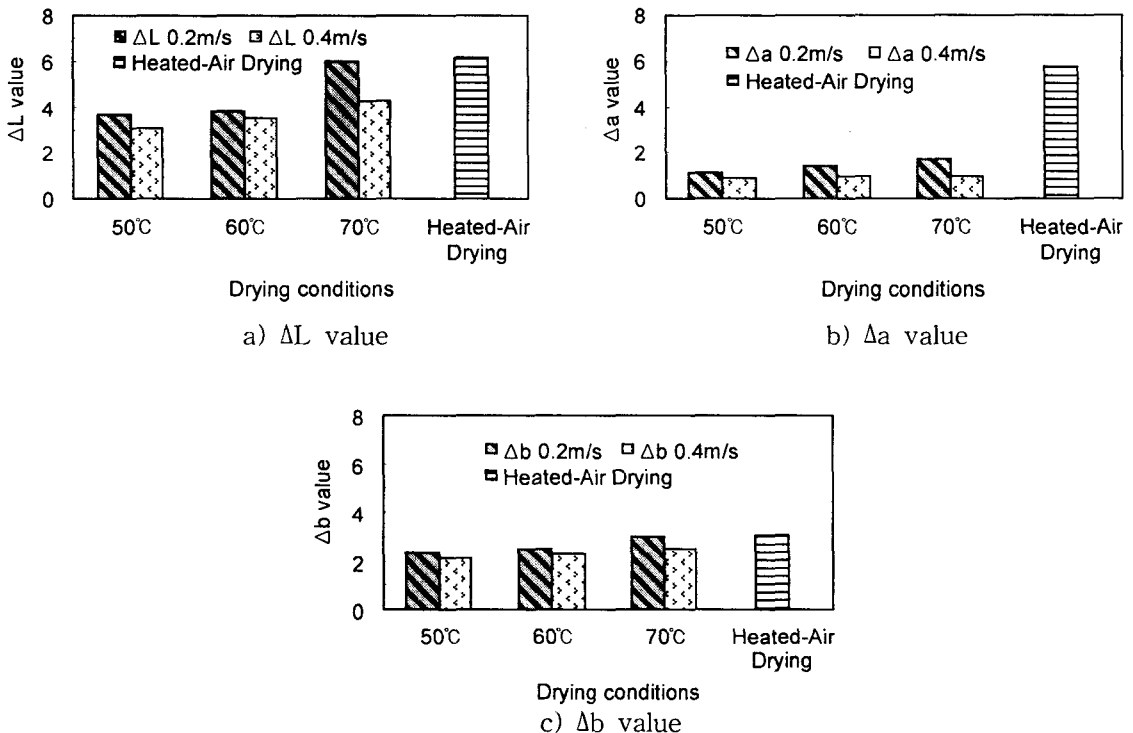


Fig. 3. Comparison of  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  values of oak mushroom before and after drying.

표고버섯의 건조 전과 건조 후 색도 감소 값은 원적외선 건조의 경우  $\Delta L$  값이 송풍속도 0.2m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C인 경우 각각 3.67, 3.85, 5.95 감소하였고, 0.4m/s는 0.2m/s보다 건조온도별로 각각 0.58, 0.35, 1.69 낮은 감소 값을 나타내었다. 또한 70°C가 50°C보다 송풍속도 0.2, 0.4m/s에서 각각 2.28, 1.17 감소하였다. 열풍건조 후  $\Delta L$  감소 값은 6.14로서 원적외선 건조와 비교해서 0.09~3.05 정도 더 감소하는 것으로 나타났다.

$\Delta a$  값은 원적외선 건조에서 건조온도에 따라 송풍속도 0.2, 0.4m/s에서 각각 1.16~1.75, 0.89~1.00 정도 감소하였고, 건조온도 변화에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 열풍건조는 원적외선 건조보다  $\Delta a$  값이 4.03~4.89 정도 더 감소하여 검붉은 색이 약간 짙어지는 경향을 보였다.

원적외선 건조 전·후 표고버섯의  $\Delta b$  값 변화는 송풍속도 0.2m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C에 따라 각각 2.35, 2.46, 2.99 감소하였고, 0.4m/s가 0.2m/s보다 건조온도별로 각각 0.27, 0.17, 0.40 정도 낮았으며, 건조온도 70°C가 50°C보다 0.2, 0.4m/s에서 각각 0.64, 0.41 정도 더 높게 감소하였으나, 건조조건별로 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

이와 같이 건조 후 색도  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  감소 값이 초기보다 감소하는 이유는 온도가 높을수록, 건조시간이 길어질수록 갈변현상과 수축에 의해 조직이 치밀해 지면서 어둡게 타나났기 때문으로 판단된다.

#### 다. 수축율

그림 4에 원적외선 건조와 열풍건조에 의한 표고버섯의 수축율을 비교하여 나타내었다.

그림 4에 나타낸 바와 같이 수축율은 원적외선 건조의 경우 건조온도가 높고, 송풍속도가 낮을수록 수축율이 높은 경향을 보였다. 열풍건조의 경우에는 원적외선 건조와 비교해서 각각의 건조온도별로 송풍속도 0.2m/s보다는 낮게 나타났고, 0.4m/s보다는 높게 나타났다.

원적외선 건조 전·후 표고버섯의 수축율은 송풍속도 0.2m/s에서 건조온도 50, 60, 70°C에 따라 각각 17.4, 18.9, 22.0%이었고, 송풍속도 0.4m/s에서는 13.1, 14.7, 16.5%로서 송풍속도 0.2m/s보다 건조온도별로 각각 4.3, 4.2, 5.5% 낮은 것으로 나타났다. 열풍건조의 경우 수축율은 17.3%이었고, 원적외선 건조의 건조온도별 송풍속도 0.2m/s 보다 낮았고, 0.4m/s보다는 높은 경향을 나타내었다.

따라서 표고버섯의 원적외선 건조시 내부 풍속은 0.4m/s 정도가 양호한 것으로 사료된다.

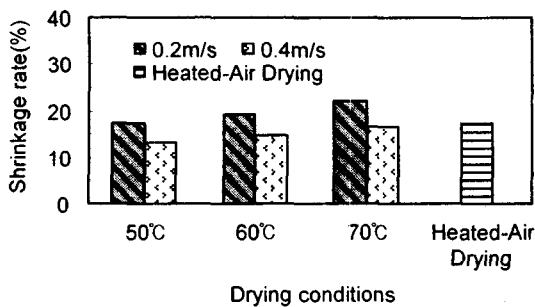


Fig. 4 Comparison of shrinkage rate of oak mushroom after drying.

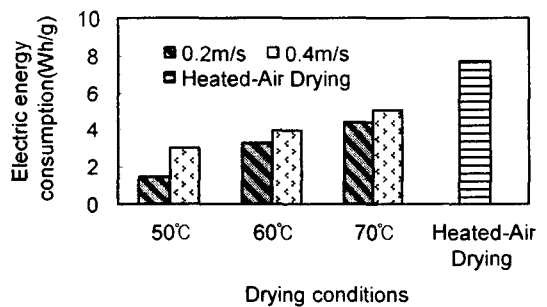


Fig. 5 Comparison of electric energy consumption of oak mushroom during drying.

### 라. 소비전력량

원적외선 건조와 열풍건조를 이용한 표고버섯 건조시 소비전력량을 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서 보는 바와 같이 소비전력량은 원적외선 건조가 열풍건조 보다 낮게 나타났고, 원적외선 건조에서는 건조온도가 높고 송풍속도가 빠른 조건이 소비전력량이 증가하는 경향을 보였다.

원적외선 건조의 소비전력량은 송풍속도 0.2%에서 건조온도 50, 60, 70℃인 경우 각각 1.491, 3.299, 4.380Wh/g이었고, 송풍속도 0.4%에서는 각각 3.016, 3.981, 5.048Wh/g으로서 송풍속도 0.2%가 0.4%보다 건조온도별로 각각 1.525, 0.682, 0.668Wh/g 낮은 것으로 나타났다. 열풍건조의 경우 소비전력량은 7.700Wh/g으로 원적외선 건조가 열풍건조보다 2.653~6.209Wh/g 정도 낮은 것으로 나타났다.

이와 같이 원적외선 건조의 경우 송풍속도가 빠를수록 소비전력량이 큰 이유는 원적외선 복사에너지 일부가 빠른 풍속에 의해 손실되기 때문으로 판단된다.

## 4. 요약 및 결론

표고버섯은 농가의 고소득 특용작물 중 하나로서 단백질, 당, 무기질, 및 각종 아미노산과 비타민 등을 고루 갖춘 식품으로서 최근에는 항산화, 항균 및 항암 효과가 알려지면서 매년 생산량과 소비량이 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 정치식 원적외선 건조기를 이용하여 고품질의 건조표고버섯 건조조건을 알아보기 위해 함수율, 건조속도, 색도, 수축율, 소비전력량을 측정하고, 원적외선 건조기 개발의 기초 자료를 제시하고자 하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 색도  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  값은 건조 후 모두 감소하였고, 원적외선 건조보다 열풍건조의 색도  $a$ 가 더 감소하는 것으로 나타났다. 원적외선 건조조건인 경우 건조온도가 높은 조건이 감소하는 것으로 나타났다.

(2) 건조속도는 원적외선 건조가 열풍건조보다 빠른 것으로 나타났고, 건조속도는 40~60분 사이에서 최대인 것으로 나타났다.

(3) 수축율은 건조온도가 높을수록 큰 것으로 나타났다.

(4) 원적외선 건조의 소비전력량은 송풍속도가 빠른 조건이 높은 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. Ko, J.W., W. Y. Lee, J. H. Lee, Y. S. Ha and Y. H. Choi. 1999. Absorption Characteristics of Dried Shiitake Mushroom Powder Using Different Drying Method. J. FOOD SCI. TECHNOL 31(1):128~137.
2. Park, J. D., H. A. Kang. and K. S. Chang. 1996. Hot-Air Drying Characteristics of Oak Mushroom(Lentinus edodes) by Microcomputer Control System. J. FOOD SCI. TECHNOL 28(1):72~76.
3. Choi, B. M., E. J. Han, J. H. Choi, J. H. Hong and J. S. Seo. 1999. Equilibrium Moisture Content of Shiitake Mushroom(Lentinus edodes). J. POSTHARVEST SCI. TECHNOL. 6(1):37~42.
4. 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.