

컨베이어 원적외선 건조기를 이용한 표고버섯의 건조특성

Drying Characteristics of Oak Mushroom Using Conveyer Far Infrared Dryer

한충수*
정희원

연광석*
정희원

조성찬*
정희원

김민호*
정희원

강태환*
정희원

이해철*
정희원

김창복*
정희원

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

1. 서 론

표고버섯은 특이한 향과 육질, 약효성분 때문에 오래 전부터 식용으로 애용된 임산물이다. 표고버섯은 원래 한국, 중국, 일본에서만 자생하던 극동지역 특산물로서 미국, 유럽 등지에서는 발견되지 않았으나, 현재는 전 세계에서 광범위하게 인공재배 되고 있다.

표고버섯에 포함되어있는 수용성 다당류인 렌티난(lentinan)은 종양세포인 Sarcoma-180의 생장을 저해하는 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다(최 등 1995). 또한 여러 종류의 유리 아미노산이 들어 있고 열량이 낮은 반면, 비타민과 식이섬유 등이 풍부한 영양식품이다(황 1983). 그러나 버섯은 함수율이 높고 조직이 연약하여 저장하기 어렵고, 부패되기 쉽기 때문에 수확 후 단시일 내에 생버섯으로 판매하거나, 통조림 또는 건조가공하고 있지만, 후자가 일반적이다(하 등 2001). 건조방법은 열풍건조와 천일 건조 방법이 이용되고 있으나, 천일 건조는 건조시간이 길고, 품질 불균일로 주로 열풍건조를 하고 있다. 열풍건조는 3단계 정도의 온도조절 방법이 사용되고 있지만, 버섯의 고품질화 및 건조효율 향상을 위한 건조방법과 시스템 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 건조효율이 높고 경제적이며, 고품질 생산이 가능한 새로운 건조 기술이 필요함에 따라 복사에너지인 원적외선의 가열 메카니즘을 도입하여 표고버섯의 건조특성을 규명하고 컨베이어 원적외선 건조기 개발의 설계 및 기초 자료를 제시하기 위해 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

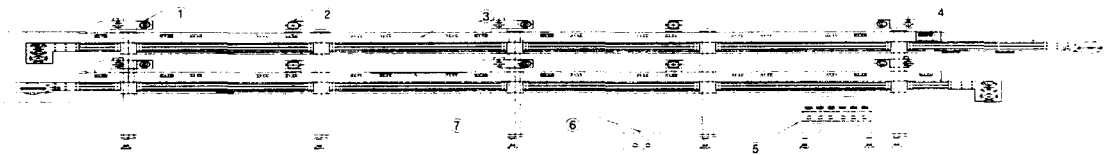
본 실험에 사용된 공시재료는 2002년 12월 충청북도 청원군에서 구입한 일본 모리산업 종균 290호이다. 시료 버섯의 초기 함수율은 약 75%(72.75~76.00%)w.b.(이하 %로 표시)로, 1개의 평균 중량이 25~30g, 갓의 장경이 6~7cm, 단경이 5~6cm인 것을 사용하였다. 그리고 저장중 품질변화를 최소화하기 위해 저온창고(0~5℃)에 보관하였고, 실험 시작 24시간 전에 시료를 꺼내어 상온으로 조제한 후 실험에 사용하였다.

* 충북대학교 농과대학 농업기계공학과

나. 실험장치

그림 1은 본 실험에 사용된 컨베이어 원적외선 건조기의 개략도를 나타낸 것이다.

이 건조기는 원적외선 방사체, 건조부, 컨베이어, 송풍팬(DB-85, 동건, 한국), 배풍팬(DB-85, 동건, 한국), 인버터(FR-E520-3. 7K, MITSUBISHI ELECTRIC, 일본) 및 제어반으로 구성되어 있고, 2단 컨베이어식으로 설계·제작하였다. 피건조물은 상·하 2단의 건조부를 연속적으로 통과하면서 건조가 이루어진다. 원적외선 방사체는 건조부 커버 내측 상단에 설치하여 위쪽에서 원적외선이 조사되도록 하였다. 송풍기와 배풍기는 각 단에 각각 3개, 2개를 설치하였다. 방사체 온도와 컨베이어 이송 속도는 제어반에서 조절되며, 송풍량 및 배풍량은 별도로 설치한 인버터의 주파수를 변화시켜 조절하였다.



- ① Blast fan ② Exhaust fan ③ Drying chamber ④ Belt conveyer
⑤ Control box ⑥ Inverter ⑦ Far infrared heater

Fig. 1 Schematic diagram of conveyer far Infrared dryer.

다. 실험방법 및 측정항목

1) 실험방법

컨베이어 원적외선 건조에 사용된 1회 시료량은 4kg으로 하였다. 예비 실험 결과 원적외선 방사체의 온도는 2수준(90℃, 100℃)으로 하였고, 건조실 내부 풍속도 2수준(0.3m/s, 0.6m/s)으로 하였다. 대조구로는 열풍건조(BOPP-1.5, 신홍기업사, 한국)를 하였다. 열풍 건조에 사용된 1회 시료 투입량은 32kg으로 하였고, 초기에 40℃-3.5시간, 45℃-1.5시간 동안을 유지하고, 이후 65℃에 도달하기까지 7시간 건조하여 함수율, 건조속도, 소비전력량, 수축율, 색도를 비교 분석하였다.

2) 측정항목

(1) 함수율

건조 전·후 시료의 함수율은 시료 20개를 무작위로 채취하여 세절한 후 전자저울(HF-200GD, AND, 일본)로 10±0.5g 칭량하고, 실험용 건조기(WFD600ND, EYELA, 일본)에서 105℃로 24시간 건조한 후, 중량비로 계산하여 습량기준 함수율로 나타내었다(최 등 1999).

(2) 건조속도

건조속도는 건조 과정 중 1시간 간격으로 샘플을 채취하여, 시료의 중량변화를 전자저울

(HF-200GD, AND, 일본)로 측정하고, 초기함수율을 기준으로 건조 시간별 함수율 변화를 구하여 나타내었다.

(3) 소비전력량

컨베이어 원적외선 건조기의 소비 전력량은 적산전력계(Energy Monitor 2720, SOAR, 이탈리아)를 이용하여 측정하였고, 수분 1g을 건조시키는데 필요한 소비전력량으로 환산하여 나타내었다.

(4) 수축율

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

$$\Delta S = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100(\%) \quad (1)$$

여기서, ΔS : 수축율(%)

S_1 : 건조 전의 갖의 장경과 단경(cm)

S_2 : 건조 후의 갖의 장경과 단경(cm)

(5) 색도

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

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

여기서, ΔE : 색차

ΔL : 건조 전·후 L값의 차

Δa : 건조 전·후 a값의 차

Δb : 건조 전·후 b값의 차

3. 결과 및 고찰

가. 건조속도

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

그림 2에 나타난 바와 같이 원적외선 건조와 열풍 건조는 건조 초기에 높은 건감율을 나타내었으나, 원적외선 건조가 열풍건조보다는 높은 건감율을 나타내었다.

건조 시작 후 3시간 동안의 원적외선 건조의 평균 건감율은 100℃-0.3m/s 조건이

0.218%/min이었고, 100℃-0.6m/s에서는 0.213%/min, 90℃-0.3m/s에서는 0.189%/min, 90℃-0.6m/s의 경우는 0.178%/min의 순으로 나타났고, 열풍 건조의 건감율은 0.164%/min로 건감율이 가장 낮은 것으로 나타났다.

원적외선 건조는 방사체 온도가 높고, 풍속이 느린 조건이 건조속도가 빠른 것을 알 수 있다. 이와 같이 풍속이 느린 경우 건조속도가 빠른 이유는 피건조물에 필요한 잠열 및 현열로 사용되는 복사에너지 손실이 적기 때문이라 판단된다.

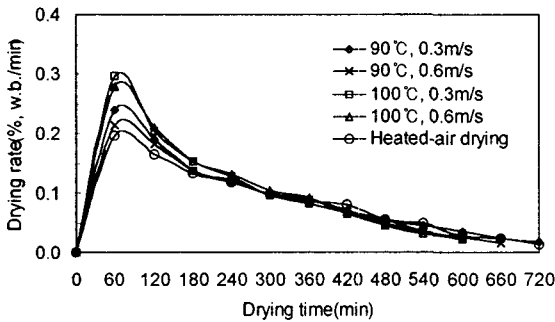


Fig. 2 Comparison of drying rate of oak mushroom during drying.

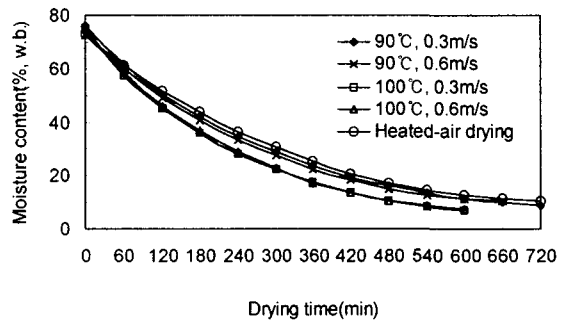


Fig. 3 Changes in moisture content of oak mushroom during drying.

그림 3에 건조 시간에 대한 원적외선 건조와 열풍 건조의 표고버섯 건조특성곡선을 나타내었다.

그림 3에서 나타난 바와 같이 원적외선 건조는 피건조물을 습량기준 함수율 10%까지 건조하는데 90℃-0.3m/s(건조실 분위기 온도 : 55~62℃)와 90℃-0.6m/s(건조실 분위기 온도 : 50~56℃) 조건의 경우는 약 11시간, 100℃-0.3m/s(건조실 분위기 온도 : 59~67℃)와 100℃-0.6m/s(건조실 분위기 온도 : 54~60℃)의 경우는 약 8시간이 소요되었고, 방사체 온도 변화가 풍속 변화보다 건조 특성에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한 원적외선 건조가 열풍 건조에 비해 건조 시간이 1~4시간 단축되는 것을 알 수 있다.

나. 소비전력량

그림 4는 표고버섯에 대한 원적외선 건조의 소비전력량을 나타낸 것이다.

그림 4에서 보는 바와 같이 원적외선 건조의 소비전력량은 풍속이 빠른 조건이 높게 나타났고, 동일 풍속에서 90℃에 비해 100℃의 경우가 소비전력량이 낮은 것으로 나타났다. 그 이유는 90℃에 비해 100℃의 경우가 건조시간이 3시간 정도 단축되었기 때문이라 판단된다.

다. 수축율

원적외선 건조와 열풍 건조의 건조 조건에 따른 수축율을 그림 5에 나타내었다.

그림 5에서 알 수 있듯이 표고버섯의 수축율은 열풍 건조가 원적외선 건조에 비해 약간 낮게 나타났으며, 열풍건조의 수축율은 17.3%, 원적외선 건조의 경우 18.2~19.8%를 나타내었다. 그러나 수축율에는 큰 차이가 없어 품질에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

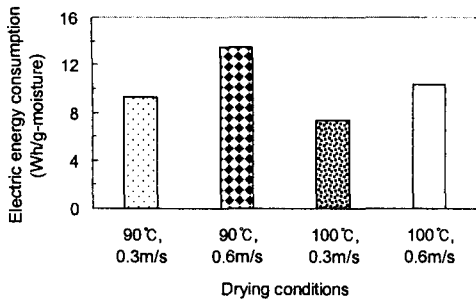


Fig. 4. Comparison of electric energy consumption of oak mushroom during drying.

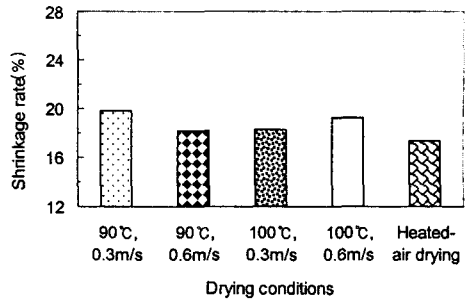


Fig. 5. Comparison of shrinkage rate of oak mushroom after drying.

라. 색도

그림 6은 원적외선 건조와 열풍건조에 의한 건조 전·후의 L, a, b 값 변화와 ΔE 값을 나타낸 것이다.

그림 6에서 보듯이 L, a, b 값의 변화는 건조 방법에 관계없이 감소하는 경향을 나타내고 있다. 원적외선 건조 후 L값은 건조 전보다 평균 3.195 낮게 나타났고, 열풍 건조는 6.140 낮게 나타났다. a값의 변화는 원적외선 건조가 초기값 보다 평균 0.928, 열풍건조가 0.930 감소되었고, b값은 2.078, 2.740 감소되어 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 전체적인 색도 차이를 나타내는 ΔE 값은 원적외선 건조가 평균 3.803, 열풍건조가 6.774로 원적외선 건조가 열풍건조에 비해 양호한 것으로 판단된다.

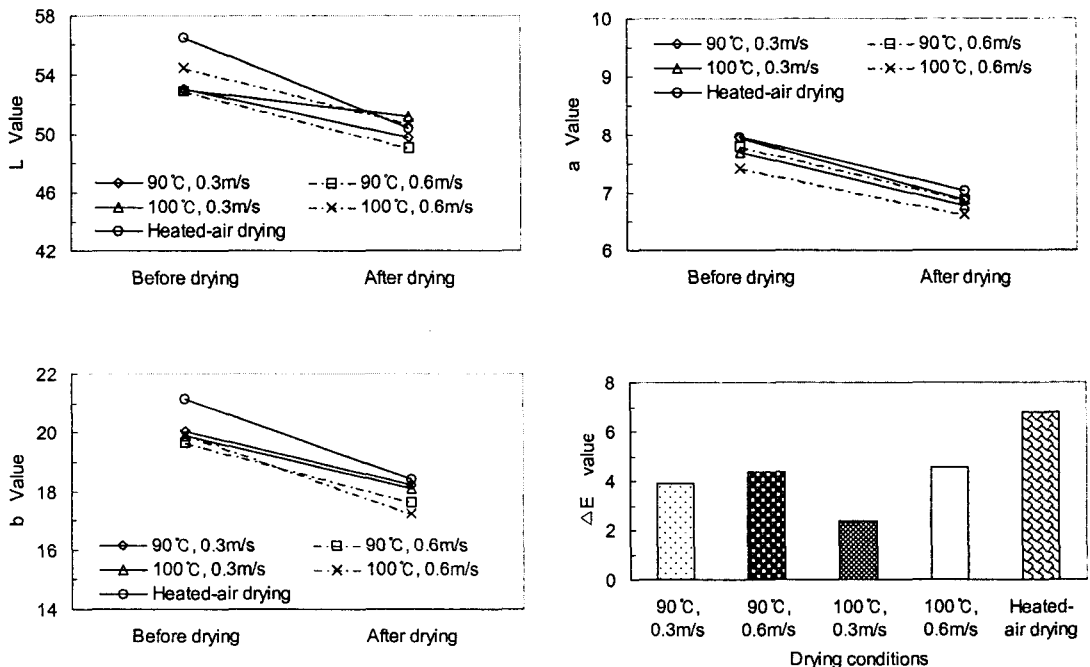


Fig. 6. Comparison of L, a, b, ΔE values of oak mushroom before and after drying.

4. 요약 및 결론

표고버섯은 다량의 비타민과 여러 종류의 유리 아미노산 및 식이섬유 등이 풍부한 영양식품이다. 그러나 함유율이 높고 조직이 연약하여 저장하기 어렵고, 부패하기 쉽기 때문에 수확한 후 단시일 내에 생버섯으로 판매하거나, 건조 또는 가공해야 한다. 본 연구에서는 버섯의 고품질화 및 건조효율 향상을 위한 건조방법과 시스템 개발을 위해 복사에너지인 원적외선의 가열 메커니즘을 도입하여 표고버섯의 건조특성을 비교 분석하고 원적외선 건조기 개발의 기초 자료를 제시하고자 하였다.

(1) 건조속도는 원적외선 건조가 열풍건조보다 빠른 것으로 나타났다. 원적외선 건조의 경우 건조속도는 방사체 온도가 높고, 풍속이 느린 조건이 빠르게 나타났고, 방사체 온도가 풍속보다 버섯의 건조 속도에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

(2) 원적외선 건조의 소비전력량은 풍속이 빠른 조건이 높게 나타났고, 동일 풍속의 경우 방사체 온도 90℃보다 100℃의 경우가 소비전력량이 낮게 나타났다.

(3) 수축율은 열풍 건조가 17.0%, 원적외선 건조가 18.2~19.8%로 나타났다.

(4) L, a, b 값은 건조 방법에 관계없이 초기값보다 감소하였고, 원적외선 건조 후 L, a, b 값의 감소폭은 각각 3.195, 0.9275, 2.078이었고, 열풍 건조는 각각 6.140, 0.930, 2.740로 나타났다. 색차 ΔE 값은 원적외선 건조가 3.803, 열풍건조가 6.774로 열풍 건조 후의 색차가 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Choi. M. Y., Jung. T. Y., Hahm. K. J. 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.
2. Hwang. B. H., 1983. Analysis of Amino Acid and Vitamin in Oak Mushroom. *Mokchae Konghak.* 11(1):18~24.
3. Ha. Y. S. , Park. J. W. and Lee. J. H. 2001. Physical Characteristics of Mushroom(*Agaricus bisporus*) as Influenced by Different Drying Methods. *J. FOOD SCI. TECHNOL.* 33(2):245~251.
4. Choi. B. M., Han. E. J., Choi. J. H., Hong. J. H. and Seo. J. S. 1999. Equilibrium Moisture Content of Shiitake Mushroom. *J. Postharvest Sci. Technol.* 6(1): 37~42.
5. Shong. S. K., 1994. Characteristics and Modeling for Drying Process of Mushroom. M. S. thesis, Seoul National University.