

버섯의 乾燥特性에 관한 연구⁺

Drying Characteristics of Mushroom

宋成圭* 高學均* 李政鎬*
S. K. Shong H. K. Koh J. H. Lee

Summary

At present, no appropriate drying conditions can be found for the heated-air drying of mushroom in Korea. Usually, mushroom is being dried at the temperature range of 40 to 50°C until the moisture content reaches 10~13% (wb). However, drying characteristics of the mushroom should be investigated for quality improvement and efficient drying operation of the mushroom.

The results of this study may be summarized as follows ;

1. The effect of air temperature on the rate of drying was greater than that of relative humidity for drying of mushroom, and the rate of drying was increased with increase in the air temperature.
2. Drying rate for Shiitake mushroom showed falling-rate period of drying without constant-rate period of drying. Drying rate for Oyster mushroom showed a short constant-rate period at the initial stage of drying process, and followed by falling-rate period of drying.
3. Exponential and App.-Diffusion models were found to describe well the drying process of Shiitake mushroom. Exponential and Thompson models for Oyster mushroom in which Thompson model was the most suitable for Oyster mushroom.
4. The equilibrium moisture content of the mushroom decreased with decrease in the air temperature and increase in the relative humidity. In room condition (20°C, 54% RH), the calculated values of the equilibrium moisture content showed 11.17% for Shiitake mushroom and 13.19% for Oyster mushroom, respectively.

I. 서론

농산물의 건조는 소비하기전에 발생하기 쉬운 품질의 변화와 손상을 방지하고 저장성과 가공성의 향상을 목적으로 함수율을 감소시키는 과정을 말한다.

수확된 버섯은 수확기에 관계없이 자실체를 형성하기 위해 집합된 균사체 덩어리가 잣과 줄기로 분화된 것으로서, 다른 농산물과 같이 호흡, 성장 그리고 노화하게 된다.

현재 시중에서 유통되고 있는 버섯은 주로 생버섯의 상태이다. 버섯은 고등식물처럼 외피에

+ 이 연구는 서울대학교 발전기금 선정연구비의 지원에 의해 수행되었음.

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

납질층이 없기 때문에 수분증발을 억제할 생리 구조를 가지고 있지 않아 버섯내부 조직에서 공기중으로 수분증발이 자유롭게 진행된다. 따라서 수확 후 수분증발 속도는 버섯의 상태, 주위 환경과 습도, 공기유동과 대기압에 따라 달라지며 버섯으로부터의 수분증발로 인하여 갓과 줄기가 수축되고 단단해지며 형태가 변한다. 이와 같은 현상을 건조증상이라 하며, 버섯의 상품적 가치에 심각한 영향을 주기 때문에 이러한 증상을 막을 뿐만 아니라, 장기저장과 유통의 편리를 위하여 건조가 수행되고 있다.

우리나라에서 표고버섯은 홍콩, 일본, 미국 등지로 연간 약 2,300만\$ 정도의 수출실적을 보이고 있다. 따라서 수출을 위한 가공으로서 버섯의 건조는 반드시 필요하다.

버섯의 건조에는 천일 건조와 열풍건조가 이용되고 있으나 천일 건조의 경우 포자의 비산, 버섯조직 세포의 교질화를 막을 수 없어 주로 열풍건조가 이용되고 있다. 일본에서는 열풍건조를 해야 표고버섯의 상품성을 인정하고 있다.

열풍건조방법은 제품이 깨끗하고 주름이 곧고, 광택이 있어 색택이 선명하여 좋은 상품을 얻을 수 있으므로 널리 이용되고 있다. 버섯은 경험적으로 40~50°C의 온도에서 건조하고 있다. 건조시 온도의 관리는 예비건조, 본건조, 후기건조, 마지막 건조의 4단계로 나누어져 수행하고 있으며 함수율이 10~13%(wb)가 될 때까지 건조하고 있다.

그러나 이것은 일본에서의 경험적 방법을 그대로 사용하고 있는 것으로 버섯에 대한 건조특성이 명확히 구명되지 않은 상태에서 행하여지고 있기 때문에 제품의 품질향상과 효율적 건조를 위해서는 좀더 과학적인 건조방법이 요구되고 있으며, 버섯건조기 개발을 위한 기초자료를 얻기 위하여 버섯의 건조특성이 구명되어야 함은 당연하다. 따라서 본연구는 표고버섯과 느타리 버섯의 건조특성 및 건조모델 개발을 위하여 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법

2.1 공시재료

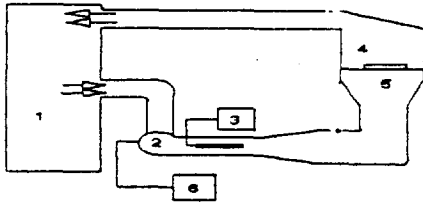
버섯의 건조실험은 시중에서 유통되고 있는 표고버섯과 느타리 버섯을 대상으로 하였다. 표고 버섯의 경우 전체성숙과정을 7단계로 나누었을 경우 5단계에 해당하는 버섯을 사용하였고 느타리 버섯은 그 길이가 8~10cm 정도의 것을 사용하였다. 버섯은 경기도 용인군 일대에서 11월에 수확된 것을 수원 지역의 영동시장에서 구입하여 사용하였으며 시료는 장기간 안전한 보관이 어려워 매실험시 구입하여 사용하였다.

2.2 실험장치

그림 1과 표 1은 건조실험에 사용된 장치의 개략도와 제원을 나타낸 것이다. 그림 1의 실험 장치는 항온항습발생장치, 송풍장치 및 송풍관, 건조실, 배기관 등으로 구성되었다. 항온항습발생장치를 이용해 실험조건상의 상대습도와 열풍의 온도를 일정한 상태로 조절해 주었으며, 송풍장치로는 일정한 풍속을 유지해 주었고, 송풍관 내부에는 송풍과정에서 열손실로 인한 온도 감소를 보상해주기 위하여 보조 히터와 제어반이 설치되었으며, 송풍관 및 건조실은 건조실 내부에서의 공기가 균일하게 유통할 수 있도록 설계되었다. 열풍의 온도와 상대습도는 항온항습장치를 이용해 조절하였다.

2.3 실험 설계 및 방법

시료를 시료상자에 한층으로 겹치지 않게 깔아서 항온항습기의 건조실 내에 넣고 주어진 건조조건에서 무게 측정을 시작했다. 무게측정은 전자저울을 사용하여 실시하였으며 시료를 건조실에 넣은 후 처음 8시간동안은 30분 간격으로 측정하였고 그 이후 4시간까지는 1시간 간격으로 측정하였고 1시간동안 무게 변화가 없는 경우 건조가 끝난 것으로 간주하여 그때의 함수율을 평형함수율로서 사용하였다.



1. Air conditioner
2. Motor and fan
3. Heater and controller
4. Drying chamber
5. Sieve tray
6. DC voltage controller

Figure 1. Schematic diagram of experimental apparatus for the drying test.

함수율 측정은 공기오븐법으로 실시하였는데 건조가 끝난 시료는 오븐속에 103℃, 24시간 동안 가열시킨 후 그 무게를 측정하여 함수율을 결정하였다.

건조실험은 건조공기의 온도 3수준(45℃, 53℃, 60℃), 상대습도 4수준(12%, 26%, 40%, 54%)을 택해 2반복 실시하였으며 풍속은 2m/s로 일정하게 유지되도록 하였다.

사확산 모델, Page 모델(1949), Thompson 모델(1968), Wang 모델(1978)을 선택하였다. 이 모델들은 주로 농산물의 건조과정을 예측하는데 많이 이용되었다. 표 2는 이들 모델을 나타낸 것이다.

2.4.2 매개변수에 대한 모델

표 2와 같은 각 건조모델의 매개변수 들은 건조공기의 온도, 상대습도에 따라 변한다. 이 매개변수들의 모델선정은 온도, 상대습도와 이들 요인에 각각 로그 함수, 자승과 같은 비선형 함수들을 취하여 6개의 독립변수를 갖는 모델을 가정하였다.

$$\text{매개변수} = c_1T + c_2T^2 + c_3\ln(T) + c_4RH + c_5RH^2 + c_6\ln(RH)$$

T : 건조온도(℃)

RH : 상대습도(%)

c₁, c₂, c₃, c₄, c₅, c₆ : 상수

모델에서는 2°개의 모델조합이 나타날 수 있다. 모델의 선정은 SAS의 RSQUARE PROC를 이용하였다.

Table 1. Specification of experimental equipments.

Item	Specification
Air conditioner	Vo.16-Refe Mitamura Riken (Japan)
Experimental dryer	Self-made, Drying chamber 40cm×40cm×60cm
Subsidiary heater	Heater : 600W
& controller	Controller : DDF-120R/E (Jung Kyung inst.)
Motor & fan	Motor : DC 100W, Fan : Centrifugal type
Temperature sensor	Sensor : Thermocouple (T type)
Anemometer	Hot wire type
Electronic balance	Accuracy : 0.01 g

2.4 건조모델

2.4.1 건조모델 선정

버섯의 건조 속도를 예측하기 위하여 기존의 건조모델 가운데서 Exponential 모델(1921), 유

2.4.3 모델의 적합성 검정

표 2와 같은 기존의 모델은 모두 선형화가 가능하며 선형화된 건조모델의 각 시험구에서의

Table 2. Drying models.

Model name	Equation
Exponential	$MR = \exp(-k \cdot t)$
Approximate - Diffusion	$MR = A \exp(-k \cdot t)$
Page	$MR = \exp(-k \cdot t^N)$
Thompson	$t = A \cdot \ln(MR) + B[\ln(MR)]^2$
Wang	$MR = 1 + w_1 \cdot t + w_2 \cdot t^2$

note) MR : 함수율 비

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$$

M : 함수율(% , db) M₀ : 초기 함수율(% , db) M_e : 평형함수율 (% , db)

t : Drying time(min) A, B, k, N, w₁, w₂ : 매개변수

매개변수들은 QPRO의 회귀분석 프로그램을 이용하여 구하였으며, 모델의 적합성 검정은 개발된 매개변수 모델을 각각의 건조모델에 대입하여 시험구 전체에 대한 결정계수와 F값을 참고로 하고 잔차의 평균평방과 평균상대 오차율을 계산하여 각각의 모델의 예측성능을 비교하였다. 평균상대오차율은 함수율 15%(wb)까지 건조하는 동안 측정된 함수율과 선정된 모델에 의하여 예측한 함수율과의 잔차를 측정치로 나누어 표준화시킨 후 전체 건조시간 동안의 평균치를 계산하여 백분율로 나타낸 것이다. 평균 상대 오차율(P)은 다음식에 의하여 구한다.

$$P = \frac{100}{N} \sum \frac{|Y - Y'|}{Y}$$

P : 평균 상대오차율(%)

Y : 실측 함수율 (% , db)

Y' : 예측함수율 (% , db)

N : 측정값의 수(number of data points)

III. 결과 및 고찰

3.1. 버섯의 건조특성

버섯은 초기 함수율이 느타리 버섯의 경우 90

% (wb) 이상, 표고버섯의 경우 85~90% (wb)의 고함수율을 가진 농산물이다.

그림 2는 표고버섯과 느타리버섯의 건조곡선을 나타내고 있다. 표고버섯의 건조는 느타리버섯보다 상당히 느리게 나타나고 있으며 특히 느타리버섯의 경우 초기에 급속히 건조되는 경향을 보이고 있다. 이것은 느타리버섯이 좁고 긴 원통형의 형상을 하고 있어서 그 부피가 상대적으로 큰 표고버섯보다 빠른 건조경향을 보인 것으로 판단된다.

그림 3에서 그림 6까지는 상대습도가 일정할 때 표고버섯과 느타리버섯의 건조에 대한 온도의 영향을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 표고버섯의 경우 모든 상대습도에서 건조온도의 영향이 매우 크게 나타나고 있으며 이것은 거의 온도 증가에 따라 비례적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 느타리 버섯의 경우 상대습도 54%에서 온도의 영향이 크게 나타나지 않았다. 상대습도 12%에서 함수율비 0.1까지 건조되는 데 소요되는 시간을 살펴보면 표고버섯의 경우 45°C, 53°C, 60°C 일 때 11시간, 8시간, 6시간이 소요되었고, 느타리 버섯의 경우 11.5시간, 8시간, 5.5시간이 소요되었다.

상대습도 54%에서 함수율비 0.2까지 건조되는 데는 45°C, 53°C, 60°C에서 표고버섯의 경우 11.5

시간, 5.5시간, 4.45시간이 소요되었으며, 느타리 버섯의 경우 5.5시간, 4.2시간, 4시간으로 표고버섯은 건조속도에 대한 온도의 영향이 크게 나타나고 있으나, 느타리버섯은 높은 상대습도에서 건조속도에 대한 온도의 영향이 아주 작게 나타났다. 이는 조(1991)가 고추 건조실험에서 동일한 상대습도일때 건조온도 50°C에서 80°C의 사이에서 온도가 증가함에 따라 건조에 미치는 온도의 영향이 배가적으로 증가한다고 한 것과는 상이한 경향을 나타내고 있으며 이것은 버섯과 고추간의 시료의 차이에서 기인한 것으로 사료된다.

그림 7에서 그림 10까지는 45°C와 60°C의 건조 온도에서 각 상대습도별 건조곡선을 나타낸 그림이다. 표고버섯의 경우 상대습도에 따른 건조 속도에 대한 영향은 60°C에서 보다는 45°C의 낮은 온도에서 더 크게 나타나고 있으며, 이것은 온도의 효과가 높은 온도에서는 수증기 분압때문에 생기는 건조저항을 압도하게 되나 낮은 건조공기온도에서는 상대습도에 의해 시료의 수분 증발력이 좌우되기 때문인 것으로 판단된다. 느타리버섯의 경우는 그 경향이 표고버섯의 경우와는 반대의 현상을 보이고 있어서 오히려 낮은 온도에서 상대습도의 영향이 적고 높은 온도에서 그 영향이 크게 나타났다.

3.2 건조율과 건조기간

대부분의 농산물에서 항률건조기간은 나타나지 않고 감률건조기간만 나타나는 것으로 보고되고 있다(Henderson과 Perry, 1976; 고 등, 1990). 버섯의 경우 다른 농산물 특히 곡물에 비해 초기 함수율이 상당히 높다. 그러나 표고버섯의 경우 항률건조기간이 존재하지 않거나 아주 짧은 시간일 것으로 생각되며 느타리 버섯의 경우는 초기에 항률건조기간이 존재하며 나머지의 상당기간은 감률건조기간으로 나타나고 있다.

그림 11은 표고버섯과 느타리 버섯에 대하여 온도 53°C, 상대습도 40%의 조건과 온도 45°C,

상대습도 12%에서 건조율의 변화를 나타낸 그림이다. 건조율의 변화를 보면 표고버섯은 시료의 무게측정을 30분간격으로 하였기 때문에 초기에 항률건조기간이 아주 짧게 존재할 수도 있었을 것으로 추측되며 건조율의 변화는 아주 완만한 감소경향을 보이고 있다. 느타리버섯은 건조초기에 건조율이 약간 증가하는 경향을 보이는데 이것은 예열기간 때문인 것으로 생각되며 초기에 항률건조기간을 보이고 있다. 그리고 건조율은 초기의 급속한 감소와 일정 함수율에 도달한 이후 완만히 감소하는 것을 볼 수 있는데 이것은 1차와 2차의 감률건조기간으로 나누어 생각할 수 있을 것이다.

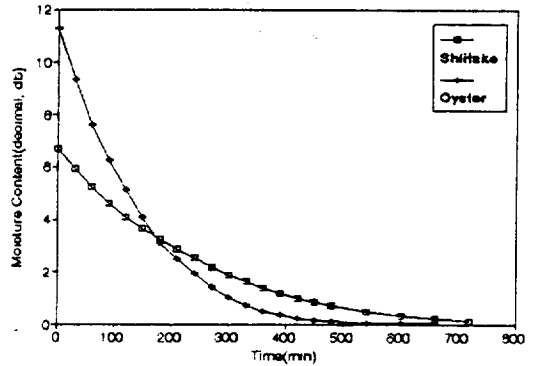


Fig. 2. Drying curve for Shiitake and Oyster mushroom at 53°C and 12% RH.

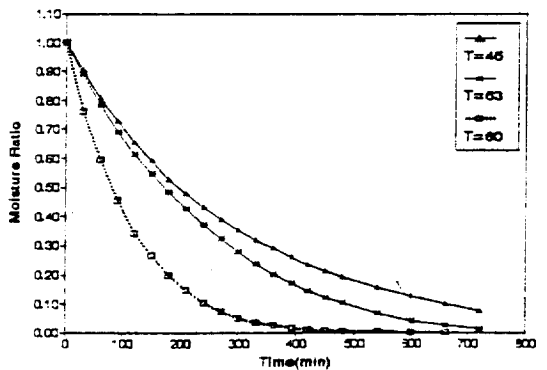


Fig. 3. Effects of drying temperature on drying rate for Shiitake mushroom at 12% RH.

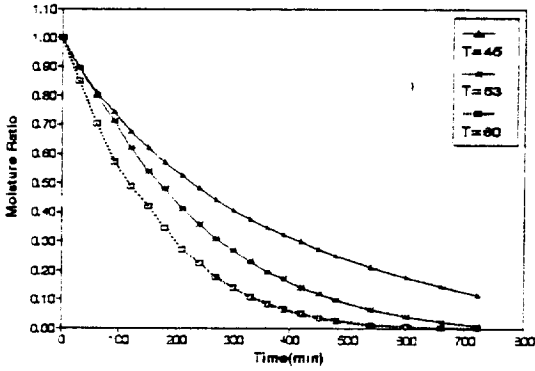


Fig. 4. Effects of drying temperature on drying rate for Shiitake mushroom at 40% RH.

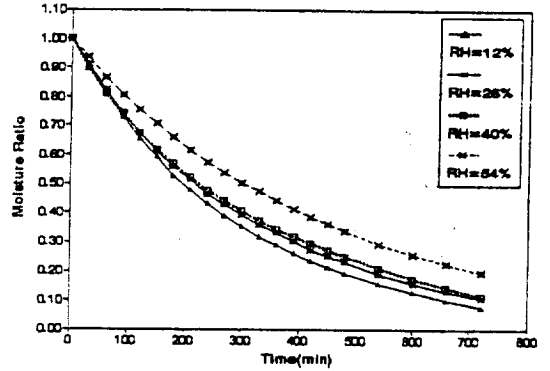


Fig. 7. Effects of relative humidity on drying rate for Shiitake mushroom at 45°C.

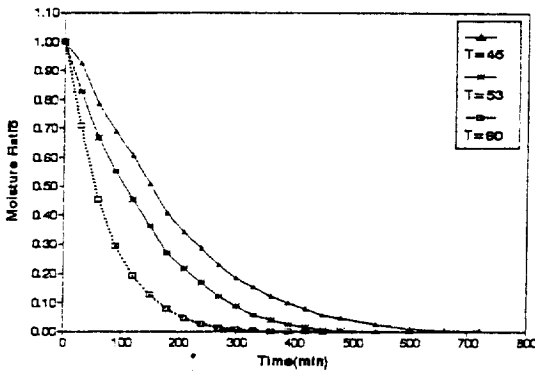


Fig. 5. Effects of drying temperature on drying rate for Oyster mushroom at 12% RH.

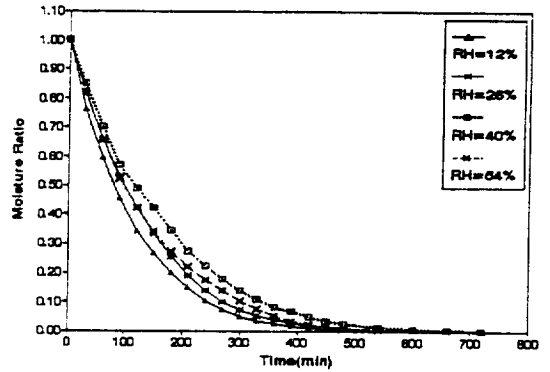


Fig. 8. Effects of relative humidity on drying rate for Shiitake mushroom at 60°C.

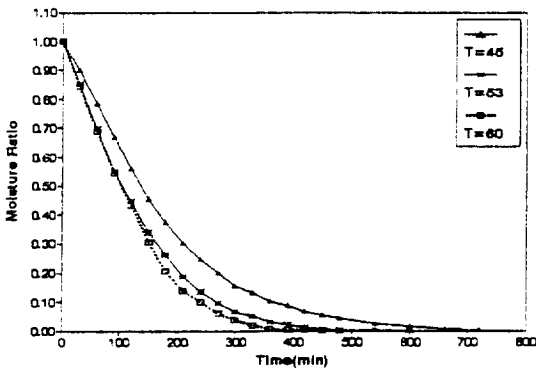


Fig. 6. Effects of drying temperature on drying rate for Oyster mushroom at 40% RH.

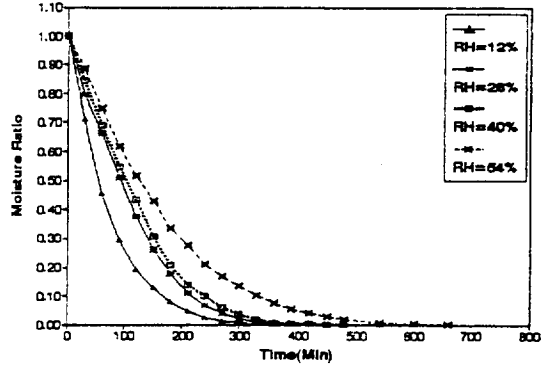


Fig. 9. Effects of relative humidity on drying rate for Oyster mushroom at 45°C.

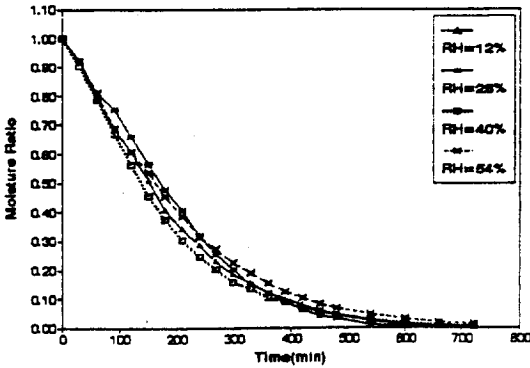


Fig. 10. Effects of relative humidity on drying rate for Oyster mushroom at 60°C.

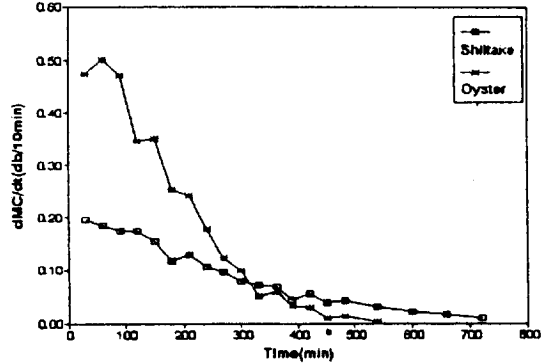


Fig. 11. Drying rate for Shiitake and Oyster mushroom at 45°C and 12% RH.

3.3 건조모델

건조온도와, 상대습도를 함수로 하여 버섯의 건조속도를 예측하기 위한 각 모델의 매개변수에 대한 분석결과는 표 3, 표4와 같다.

각모델의 매개변수에 대한 식들에서 표고버섯에 대한 Thompson 모델의 매개변수 B와 Page

모델의 매개변수 k의 유의성이 인정되지 않았고 느타리 버섯에 대한 Thompson 모델의 매개변수 B와 Page 모델의 매개변수들에 대한 유의성도 인정되지 않았으며 나머지 매개변수 들은 모두 고도의 유의성이 인정되었다. 느타리 버섯에 대한 모델 중에서 Wang 모델과 유사확산모델은 변수들에 대한 유의성이 없었다.

Table 3. Estimation of parameters involved in drying models for Shiitake mushroom.

(Variables included are drying temperature and relative humidity.)

Model	Estimated parameters	R ²	F
Exponential	$k = -0.0950 - 9.96E - 06T^2 + 0.0325 \ln T$ $+ 0.00064RH - 5.23E - 05RH^2 - 0.00768 \ln RH$	0.96610	34.20**
App. - Diffusion	$A = -4.966 + 1.566 \ln T$	0.88699	78.49**
Wang	$k = 0.00461 - 4.6E - 06T^2 + 0.000588 \ln RH$	0.96710	132.30**
Thompson	$w1 = 0.000231 - 1.33E - 06T^2$ $w2 = 0.000102 + 1E - 08T^2 - 0.0000302 \ln T$	0.88912	80.19**
Page	$A = 137.787 + 0.188 T^2 - 409.2305 \ln T$ $- 36.316RH + 0.3008RH^2 + 452.914 \ln RH$ $B = 6105.366 + 36.822T - 1995.274 \ln T$ $+ 8.937RH - 0.0771RH^2 - 102.583 \ln RH$	0.95476	21.10**
	$k = 0.169 + 9.39E - 06T^2 - 0.0494 \ln T$ $- 0.000201RH + 1.45E - 06RH^2 + 0.00229 \ln RH$	0.63031	1.70
	$N = -13.017 - 0.0785T + 4.645 \ln T$ $+ 0.00676RH - 0.0000476RH^2 - 0.9265 \ln RH$	0.40410	0.81
		0.86113	7.44

따라서, 표고버섯의 경우는 Exponential 모델, 유사확산모델, Wang 모델을 사용하고, 느타리 버섯의 경우는 Exponential 모델과 Thompson 모델을 사용하여 시험구(각 버섯 별로 12개 시험구)전체에 대해 분산분석을 실시한 결과는 표 5, 표6과 같다.

표고버섯의 경우 3개의 모델 중 Wang 모델은 결정계수가 매우 낮게 나타났으며 나머지 두 모델은 모두 고도의 유의성이 인정되었으며 Exponential 모델의 결정계수가 가장 높았다. 느타리 버섯의 경우 두 모델 모두 고도의 유의성이 인정되었으며 그중 Thompson 모델의 결정계수가 높게 나타났다.

각 모델에 대한 평균 상대오차율은 표 7, 표8과 같다. 표고버섯의 경우 세모델 중 Wang 모델이 가장 큰 오차율을 나타내었으며, 나머지 두 모델 중 Exponential 모델이 약간 작은 수치를 나타내었다. 느타리버섯의 경우는 Thompson 모델이 약간 작은 수치를 나타냈다.

표고버섯의 3모델 중 Wang 모델은 시간이 경과함에 따라 함수율비가 감소하다가 증가하는 것으로 예측하였고 다른 두 모델과 비교하였을 경우 상대적으로 낮은 결정계수와 높은 상대오차율을 보여서 건조과정을 예측하기에는 부적합

한 모델로 판단되었다.

표고버섯의 경우 Exponential 모델과 App.-Diffusion 모델이 건조경향을 잘 예측하였으며 그 오차율이 14%내외의 비슷한 수치를 나타내고 있어서 함수율의 변화를 예측하고자 할 경우에는 두 모델 모두 이용될 수 있을 것으로 판단된다. Exponential 모델은 45℃의 낮은 상대습도와 53℃의 경우 App.-Diffusion 모델보다 잘 예측하고 있었으며 60℃의 경우에는 App.-Diffusion 모델이 초기의 과다예측경향을 보이고는 있으나 시간이 경과된 후에는 상당히 잘 예측하고 있었다.

느타리버섯의 경우 Exponential 모델과 Thompson 모델이 모두 건조경향을 잘 예측하고 있었으며 그 평균상대오차율이 Thompson 모델에서 약 18%, Exponential 모델에서 약 26%정도로서 건조과정 예측에는 Thompson 모델이 더 유용할 것으로 판단된다. Exponential 모델은 45℃의 높은 상대습도에서 상당히 잘 예측하는 것으로 나타났으며 Thompson 모델은 전반적으로 Exponential 모델보다 상당히 잘 예측하고 있는 것으로 나타났다.

그림 13은 온도 60℃, 상대습도 12%에서 표고버섯의 함수율의 변화를 Exponential 모델과

Table 4. Estimation of parameters involved in drying models for Oyster mushroom.
(Variables included are drying temperature and relative humidity.)

Model	Estimated parameters	R ²	F
Exponential	$k = 0.1790 + 0.000617T - 0.053485 \ln T$ $+ 0.000418RH - 1.35E - 06RH^2 - 0.00655 \ln RH$	0.84024	6.31**
Thompson	$A = -4200.631 - 18.736T + 1283.796 \ln T$ $+ 5.254RH - 0.0842RH^2 - 30.9671 \ln RH$ $B = 16.9514 - 0.68975T + 0.01093T^2$ $+ 1.387RH - 0.0162RH^2 - 13.425 \ln RH$	0.84062	6.33**
Page	$k = -0.418 - 0.00239T + 0.130 \ln T$ $- 0.00141RH + 0.0000104RH^2 + 0.019 \ln RH$	0.36558	0.69
	$N = 16.10036 + 0.095695T - 5.03612 \ln T$ $+ 0.00439 - 0.0000464RH^2 - 0.00415 \ln RH$	0.11788	0.16

Table 5. Mean square errors of the drying models including factors of drying temperature and relative humidity for Shiitake mushroom.

Model	Mean Square Error	R ²	F
Exponential	0.00209046	0.975681	10070.23**
Wang	0.06463078	0.248136	82.84**
App-Diffusion	0.00364387	0.957610	5670.21**

Table 6. Mean square errors of drying models including factors of drying temperature and relative humidity for Oyster mushroom.

Model	Mean Square Error	R ²	F
Exponential	0.00548037	0.944247	3624.35**
Thompson	0.00192344	0.980432	10722.41**

Table 7. Mean relative percentage deviation(P) of drying models including factors of drying temperature and relative humidity for Shiitake mushroom.

Model	Exponential	Wang	App.-Diffusion
P	13.66358	1153.069	14.53597

Table 8. Mean relative percentage deviation(P) of drying models including factors of drying temperature and relative humidity for Oyster mushroom.

Model	Exponential	Thompson
P	26.49962	18.99476

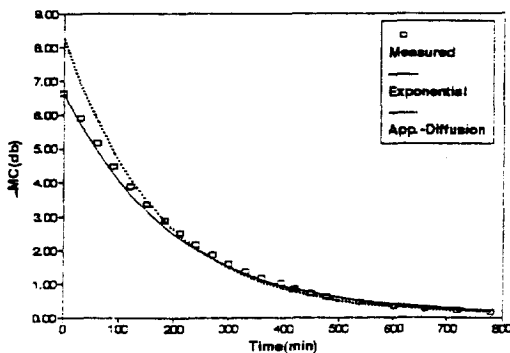


Fig. 12. Drying rates for Shiitake and Oyster mushroom at 53°C and 40% RH.

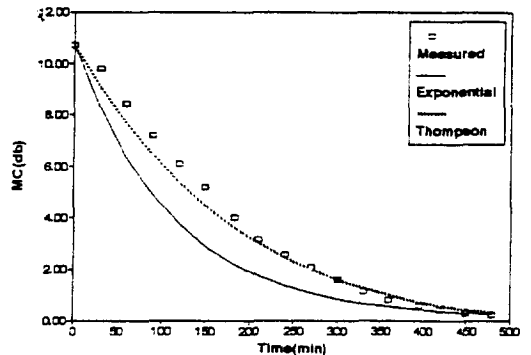


Fig. 13. Measured and fitted MC with the Exponential model and the App.-Diffusion model for Shiitake mushroom at 60°C and 12% RH.

App.-Diffusion 모델에 의해 예측한 그림이며, 그림 14는 온도 53°C, 상대습도 54%에서 함수율의 변화를 Exponential 모델과 Thompson 모델에 의해 예측한 그림이다.

3.4 평형함수율

버섯의 평형함수율은 건조실험 중 측정된 각 경우에서의 건조평형함수율을 말하며, 건조실험 종료시의 함수율을 그 공기 조건에서의 건조평형함수율로 사용하였다.

그림 15과 그림 16는 표고버섯과 느타리 버섯의 평형함수율을 각 온도에서 상대습도의 변화에 따른 경향을 나타내고 있다. 그림 15과 그림 16에서 알 수 있는 바와 같이 버섯도 다른 농산물과 마찬가지로 온도가 낮을수록, 상대습도가 높을수록 평형함수율은 증가하는 경향을 보이고 있으며 온도의 영향 보다는 상대습도의 영향이 더 큰 것으로 나타나고 있다. 이것은 Zuritz 등(1979), Duggal 등(1982), Akritidis 등(1988)이 각각 버, 밀, 호박씨 등을 시료로 하여 실험한 결과와 비슷한 경향을 보이고 있다.

본실험에서 얻은 평형함수율을 이용하여 평형함수율을 공기의 온도, 상대습도, 및 온도와 상대습도의 곱의 함수로 만들어 실온에서의 평형함수율을 예측한 바 온도 20°C, 54%의 상대습도

에서 표고버섯이 약 11.17%, 느타리 버섯이 약 13.19%를 나타내고 있었다. 이것은 버섯을 약 10~13%까지 하고 있는 관행의 방법이 적절하다고 판단된다.

다음식은 평형함수율을 예측에 사용한 방정식이다.

$$EMC(wb) = A \cdot T + B \cdot RH + C \cdot T \times RH$$

T : 건조공기의 온도(°C) RH : 상대습도 (%)

A, B, C : 상수

IV. 결론 및 요약

버섯의 유통이 아직까지 생버섯의 상태로 유통되고 있는 실정에서 장기간의 안전한 보관과 유통을 위해서 가공이 필요하다. 버섯의 가공을 통한 상품화를 위해서는 건조과정이 필요한데 현재 국내에서는 이와 같은 가공에 필요한 건조특성이 명확히 구명되지 않은 상태에서 비효율적인 건조를 행하고 있는 실정이다.

따라서 본연구에서는 온도 3수준(45°C, 53°C, 60°C)과 상대습도 4수준(12%, 26%, 40%, 54%)에서 표고버섯과 느타리버섯의 건조실험을 수행하였으며 현재 널리 알려진 5개의 건조모델(Exponential, 유사확산, Page, Thompson, Wang)들

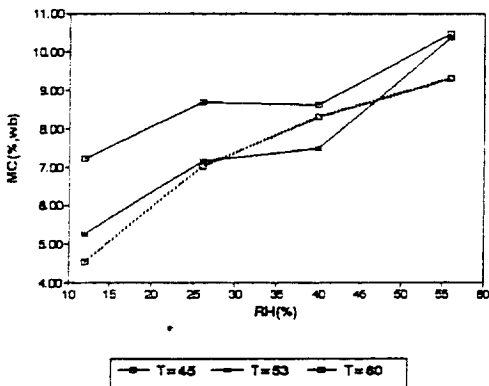


Fig. 14. Measured and fitted MC with the Exponential and the Thompson model for Oyster mushroom at 53°C and 54% RH.

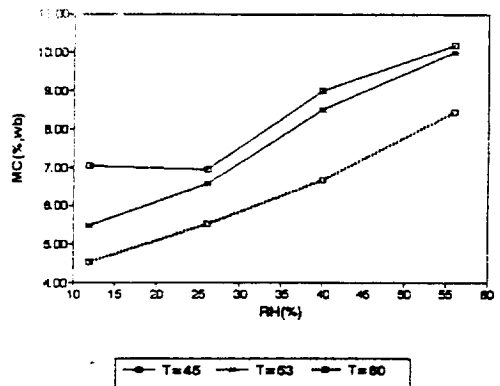


Fig. 15. Desorption equilibrium moisture content for Shiitake mushroom.

에 대해 적합성검정을 통하여 온도와 상대습도를 독립변수로 하는 각 모델들의 매개변수에 대한 건조방정식을 개발하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 버섯은 고함수율을 가지고 있어서 상당히 빠른 건조속도를 보였으며, 느타리버섯이 표고버섯에 비해 더욱 빠른 건조속도를 나타내었다.
- 2) 버섯의 건조속도에 대한 온도의 영향이 상대습도보다 크게 나타났으며 실험구간내에서 온도의 증가에 따라 거의 비례적으로 증가하였다.
- 3) 표고버섯의 경우 항률건조기간은 거의 나타나지 않았고, 느타리 버섯의 경우 초기에 짧은 기간동안 항률건조를 보였고 그이후로는 감률건조기간을 나타내었으며 감률건조기간도 1차와 2차의 감률건조기간을 나타내었다.
- 4) 버섯의 건조속도를 예측하기 위해서 표고버섯의 경우는 Exponential 모델과 유사확산 모델이 적합한 것으로 나타났으며, 느타리버섯의 경우 Exponential 모델과 Thompson 모델이 적합한 것으로 나타났다. 이중 느타리 버섯의 경우는 Thompson 모델이 건조과정을 보다 잘 예측하였다.
- 5) 버섯의 평형함수율은 온도가 낮고 상대습도가 높을수록 높게 나타났으며 실온(20℃, 54%)상태에서 평형함수율의 예측치는 표고버섯이 약 11.17%, 느타리버섯이 약 13.19%로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 강석원. 대류 및 복사 에 의한 분말 고추의 열 및 물질전달 특성. 1991. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원.
2. 고학균. 버섯의 평형함수율측정에 관한 연구. 한국농업기계학회지 3(2) : 62~68.
3. 고학균, 금동혁, 김만수, 노상하, 문성홍, 박경규, 장동일. 농산가공기계학. 1990. 향문사. 서울.
4. 백형희, 김동만, 김길환. 건조방법에 따른 표고버섯의 품질변화. 1989. Korean J. Food Sci. Technology. Vol 21(No.1) : pp 45~148.
5. 신범수. 버섯재배기술과 경영. 1988. 오성출판사. 서울.
6. 이경의. SAS 응용기법. 1985. 대은출판사. 서울.
7. 조덕봉, 김동필, 최춘순. 표고버섯의 열풍건조속도론에 관한 연구. 1981. 한국영양지 10(1) : 53~60.
8. 조용진. 고추의 건조모형화 및 최적화에 관한 연구. 1991. 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
9. 최병민. 인삼의 평형함수율 및 건조모델. 1992. 박사학위논문. 전북대학교 대학원.
10. Bruin, S. and K. Ch. A. M. Luyben. 1980. Drying of food materials : a review of recent development. In Advances in drying (vol. 1), ed. by A. S. Mujumdar, pp. 155~215. Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
11. Carl W. Hall. Drying and Storage of Agricultural Crops. 1980. The AVI Publishing Company. Inc. Westport, Connecticut.
12. Fortes M. and M. R. Okos. 1980. Drying Theories ; their bases and limitations as applied to foods and grains. In Advances in drying (Vol. 1), ed. by A. S. Mujumdar. pp. 119~154. Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
13. Henderson, S. M.. 1952. A Basic Concept of Equilibrium moisture content. Agr. Eng. 33 : 29~31.
14. Hideo Tsuyuki. Studies on the Lipids of Shiitake Mushroom. 1985. J. Korean Soc. Food Nutr. 14(4) : pp. 419~427.
15. Muhidong J., L. H. Chen and D. B. Smith. Thin-layer Drying of kenaf. 1992. Transac-

- tions of the ASAE 35(6) : 1941~1944.
16. Lewis, W. K. 1921. The rate of drying of solid materials. Int. Eng. Chem. 13(5) : 427~432.
 17. Miketinac M. J., S. Sokhansanj and Z. Tutek. Determination of heat and Mass Transfer Coefficients in Thin Layer Drying of Grain. 1992. Transactions of the ASAE Vol. 35(6) : 1853~1858.
 18. Page, C. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. M. S. Thesis. Purdue University.
 19. Thompson, T. L., R. M. Peart and G. H. Foster. 1968. Mathematical simulation of corn drying a new model. Transactions of the ASAE 11(4) : 582~586.
 20. Radajewski W., T. Jensen, G. Y. Abawi and E. J. McGahan. Drying Rate and Damage to Navy Beans. 1992. Transactions of the ASAE 35(2) : 583~590.
 21. Wang, C. Y. and R. P. Singh. 1978. A single layer drying equation for rough rice. ASAE Technical Paper No. 78-3001 : 1~21.