

## 팽이버섯의 선도유지를 위한 환경기체조절포장

조속현<sup>†</sup> · 이동선\* · 이상대 · 김낙구 · 류재산

경남농촌진흥원

\*경남대학교 식품공학과

### Modified Atmosphere Packaging for Keeping Freshness of Enoki Mushroom(*Flammulina velutipes*)

Sook-Hyun Cho<sup>†</sup>, Dong-Sun Lee\*, Sang-Dae Lee, Nak-Goo Kim and Jae-San Ryu

Gyeongnam Provincial RDA, Chinju 660-360, Korea

\*Dept. of Food Engineering, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

#### Abstract

Modified atmosphere packagings were designed by combining the respiration characteristics of the enoki mushroom at 10°C and the measured film permeabilities to O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> gases to attain the beneficial package atmosphere were fabricated and tested during storage. The packages of 100g size with 30µm low density polyethylene and cast polypropylene showed the good agreement between estimated and experimental package atmospheres. However, polyvinylchloride stretch wrap packs showed the gas composition close to the air, which was due to leaking of stretch wrapping. The CPP package attaining O<sub>2</sub> below 1% and CO<sub>2</sub> concentration of 15~20% gave the best retention of quality and thus the longest shelf life among the tried packages, and it was superior to the others in the Hunter L value, stipe elongation and sensory qualities.

**Key words:** modified atmosphere packaging(MAP), enoki mushroom, stipe elongation

#### 서 론

팽이버섯(*Flammulina velutipes*(Curtis: Fries) Singer)은 분류학적으로 담자균류의 주름버섯목(*Agaricales*) 송이과(*Tricholomataceae*)에 속하며 winter mushroom 또는 golden mushroom이라 하고 일본에서는 에노키다케라고 하며 아시아지역에서 인기가 높은 저온성 버섯이다(1,2).

국내에서 톱밥을 이용한 팽이버섯의 병재배는 1990년대 초부터 일반농가에 보급되기 시작하였다. 정부지원에 힘입어 재배면적이 매년 급증하여 1996년 현재 170농가에서 연간 7,743톤을 생산하고 있는데 재배농가의 생산규모가 날로 대형화되는 추세에 있다(3).

따라서 생산량의 증대와 함께 유통 중 버섯품질의 유지를 위한 포장기술의 개발이 필요하며 적절한 포장 및 유통저장방법의 개발을 팽이버섯에 적용함으로써 신선도를 향상시킬 수 있는 방법을 모색하는 것이 필요한 것으로 생각된다.

버섯의 저장 방법으로서 저온저장(4), CA저장(5,6), MA저장(7,8), 감마선( $\gamma$ -ray)조사에 의한 선도유지(9), 진공예냉(10), 핀홀(pin-hole)을 이용한 방법(11,12), 버섯자루를 절단하는 방법(13) 등이 있으나 대부분이 양송이와 표고버섯에 관한 것이다.

지금까지의 버섯의 포장과 저장에 대한 연구는 주로 양송이(14-16)에 관한 연구가 대부분이고, 팽이버섯의 저장 및 포장에 관한 구체적인 연구는 미진하다.

일반적인 버섯 포장에 관한 연구로서 Sveine 등(17)은 0°C에서 양송이를 CO<sub>2</sub> 농도 15~50%, O<sub>2</sub> 농도 10~20%의 조건으로 저장하면 호흡 및 미생물의 번식이 억제되어 저장기간을 20일 이상 연장시킬 수 있다고 보고하였는데, 이와 상반되게 Briones 등(16)은 양송이의 최적 기체조성을 O<sub>2</sub> 농도 5~10%, CO<sub>2</sub> 농도 2.5~5%로 보고하였다.

본 연구에서는 팽이버섯의 선도유지와 저장기간 연장을 위한 환경기체조절포장의 적용을 시도하였다. 플라스틱 필름에 의한 밀봉포장시 얻어지는 포장내 변형

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

기체조성이 선도유지에 도움이 되는지를 점검하고 가능한 적정조건을 형성시킬 수 있는 포장필름을 선발하였다. 포장필름의 가스투과도와 팽이버섯의 호흡을 측정하고, 팽이버섯의 포장에 적용될 때 얻어지는 포장기체조성을 수학적 모델에 의하여 예측하였다. 그리고 품질변화를 측정함에 의해서, 선도유지와 저장기간 연장의 효과를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

팽이버섯은 진주시 인근에 있는 버섯재배농가에서 수확한 것을 바로 실험실에 옮겨 실험에 사용하였다. 호흡속도 및 호흡특성의 측정실험에 사용한 시료는 1996년 6월에 수확한 것이었고, 10°C에서 설계된 포장에 따른 환경기체조절포장 실험은 1998년 3월에 재배 수확된 시료를 사용하였다.

### 팽이버섯의 호흡속도 및 호흡특성의 측정

O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도에 따라 팽이버섯의 호흡속도를 나타낼 수 있도록 하기 위하여 Lee와 Lee(18)의 방법에 따라 밀폐병을 이용한 폐쇄계 방법(closed system method)에 의해 효소반응속도론에 기초한 호흡모델(식 (1) 및 (2)) parameter(K<sub>ic</sub>, K<sub>io</sub>, K<sub>mc</sub>, K<sub>mo</sub>, V<sub>mc</sub>, V<sub>mo</sub>)를 얻었다.

$$r_{O_2} = \frac{V_{mo}[O_2]}{K_{mo} + (1 + [CO_2]/K_{io})[O_2]} \quad (1)$$

$$r_{CO_2} = \frac{V_{mc}[O_2]}{K_{mc} + (1 + [CO_2]/K_{ic})[O_2]} \quad (2)$$

여기서 r<sub>O<sub>2</sub></sub>는 산소소비의 호흡속도(ml/kg h), r<sub>CO<sub>2</sub></sub>는 이산화탄소 발생의 호흡속도(ml/kg h), [O<sub>2</sub>]는 산소 농도(%), [CO<sub>2</sub>]는 이산화탄소 농도(%), V<sub>mo</sub>와 V<sub>mc</sub>(ml/kg h), K<sub>mo</sub>와 K<sub>mc</sub>(%O<sub>2</sub>), K<sub>io</sub>와 K<sub>ic</sub>(%CO<sub>2</sub>)는 식 (1)과 (2)의 parameter이다. 100g의 팽이버섯을 담은 1L 밀폐병내의 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도의 변화를 측정하기 위해서는 1ml의 가스 시료를 기밀성 syringe로 샘플링하여 gas chromatography(Model 163, Hitachi사, 일본)에 의하여 분석하였다. 분리 column으로는 CTR I packed column (Alltech Associates Inc., USA)을, carrier gas로는 헬륨(He, 35ml/min)을, detector로는 TCD를 사용하였고, oven 온도는 40°C이고, injector 온도는 70°C, detector 온도는 90°C로 조절하였다.

### 필름 포장재의 가스투과도 측정

팽이버섯의 환경기체조절포장의 설계를 위해서는

필름포장재의 가스투과도 데이터가 필요하다. 따라서 팽이버섯의 환경기체조절포장에 사용될 수 있는 포장필름을 구하여 이들의 산소 및 이산화탄소 투과도를 0, 5, 10°C에서 측정하였다. 투과도의 측정은 Karel 등(19)의 quasi-isostatic method를 따랐다. 즉, 측정 셀의 한 부분을 100% O<sub>2</sub>나 CO<sub>2</sub>로 흘러보내면서 필름에 의해 분리된 또 다른 공간으로 필름을 통과하여 가스가 투과하게 되는데 이 투과되는 가스의 양을 gas chromatography를 이용하여 측정하였다.

포장필름을 투과한 가스의 양을 시간의 함수로 도시하여 얻은 기울기 s로부터 다음 방정식(3)에 의하여 투과도를 계산하였다.

$$P = \frac{s}{A \Delta p} \quad (3)$$

여기서 P는 포장필름의 투과도(ml/m<sup>2</sup> h atm), s는 투과곡선의 직선부분의 기울기(ml/h), A는 필름의 표면적(m<sup>2</sup>), Δp는 포장필름 양면 사이의 분압의 차이(atm)이다. 가스투과도는 단위면적당 단위압력의 차이에 대해서 단위시간당 투과되는 가스의 속도로서 ml/m<sup>2</sup> h atm의 단위로 나타내었다. 필름의 투과도 실험은 두 반복으로 수행하였고, 필름의 두께는 micrometer (Mituto Co., Japan)에 의해서 측정하였다.

### 10°C에서의 포장설계 및 포장조건에 따른 팽이버섯의 저장성 비교시험

시중에서 일반적으로 소매되고 있는 무게인 100g 단위의 팽이버섯 포장에 대해서 슈퍼마켓의 저장온도인 10°C에 대해서 포장조건을 설계하였다. 문헌조사(14,20)를 통해 팽이버섯의 포장설계에서 품질유지에 최적인 목표기체조성은 O<sub>2</sub> 농도 1%, CO<sub>2</sub> 농도 15%의 범위로 정하고 이러한 기체조성을 얻을 수 있는 포장조건을 설계하고자 하였다. Lee 등(21)이 제시한 모델을 이용하여 포장내에 얻어지는 평형가스 농도와 평형도달 시간을 구하기 위하여 측정된 호흡특성과 필름투과도를 식 (4)와 (5)에 대입하였다. 방정식(4)와 (5)를 수치 계산적으로 풀어 시간에 따른 O<sub>2</sub> 농도 및 CO<sub>2</sub> 농도를 얻으며 식 (4)의 d[O<sub>2</sub>]/dt, 식 (5)의 d[CO<sub>2</sub>]/dt가 0.1%/day 이하로 감소하였을 때의 기체농도를 각각 평형산소 농도, 평형이산화탄소 농도로 얻었다. 그리고 이때를 평형도달 시간으로 가정하였다.

$$\frac{d[O_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SPO_2(0.21 - [O_2]/100)p}{V} - \frac{Wr_{O_2}}{V} \right\} \quad (4)$$

$$\frac{d[CO_2]}{dt} = 100 \left\{ \frac{SPCO_2(0.00 - [CO_2]/100)p}{V} - \frac{Wr_{CO_2}}{V} \right\} \quad (5)$$

여기서 W는 버섯의 무게(kg),  $r_{O_2}$ ,  $r_{CO_2}$ 는 식(1) 및 식(2)에 의하여 계산된 호흡속도(ml/kg h), S는 포장의 표면적(m<sup>2</sup>),  $P_{O_2}$ 는 포장필름의 산소 투과도(ml/h m<sup>2</sup> atm),  $P_{CO_2}$ 는 포장필름의 이산화탄소 투과도(ml/h m<sup>2</sup> atm), V는 포장내 자유용적(ml), p는 상압(1 atm)이다. 자유공간의 측정엔 버섯 100g을 담은 LDPE 봉지에 CO<sub>2</sub> 1ml를 포장 내로 주입하여 즉시 희석되는 정도를 측정함에 의하여 결정하였고, 본 연구의 포장에 대해서 30ml로 얻어졌다. 100g 단위의 버섯포장에 이용되는 플라스틱 봉지의 크기는 14×18cm로서 이 경우 표면적 0.054m<sup>2</sup>이고, 17.3×0.2cm 트레이 위에 stretch wrap 포장으로 이용하는 경우 표면적은 0.018m<sup>2</sup>이 된다.

설계된 포장을 제작하여 10°C에서 습도 85~90%의 조건으로 저장하면서 포장내 기체조성과 품질변화를 측정하였다. PVC wrap 포장은 통기성 대조구 포장으로서 17.3×10.2cm의 폴리스티렌 트레이에 100g의 버섯을 담고 PVC wrap(polyvinylchloride, (주)럭키, PVC)으로 stretch wrap 포장하였으며, 30μm CPP(cast polypropylene, (주)서통), 폴리에틸렌계열 20μm PD941(cryovac, W.R. Grace, Duncan, SC, 미국), 폴리에틸렌계열 16μm RD106(cryovac, W.R. Grace, Duncan, SC, USA)을 사용하여 봉지형태로 포장하였다.

**품질측정**

포장내 가스농도 측정은 저장기간에 따라 3개씩의 버섯 포장을 꺼내어 포장내의 가스 1ml를 기밀성 syringe로 샘플링하여 gas chromatography를 사용하여 산소와 이산화탄소 농도의 변화를 측정하였다. 중량감소율은 저장전 팽이버섯의 중량을 측정하여 포장개봉 후 저장 전 초기 중량에서 저장 후 중량을 뺀 중량감소를 초기 중량에 대한 백분율로 나타내었다. 자루의 신장율 측정은 南出 등(4)의 방법에 따라 저장 중 늘어난 자루 길이를 측정하고 이를 초기 자루의 길이로 나눈 비율로 나타내었다. 색도는 팽이버섯을 가지런히 편후 색도계(TC-3600, Tokyo Denshoku Co., Ltd, Japan)를 사용하여 명도(L, lightness)값을 3회 반복 측정하였다. Polyphenol oxidase(PPO) 활성의 측정은 Zawistowski 등(22)과 高橋 등(23)의 방법에 따랐다. 먼저, 팽이버섯 생시료 10g에 1g polyethylene glycol(PEG)을 넣고 50 mM sodium phosphate 완충액(pH 7.0) 40ml를 가해 빙냉하면서 마쇄한 뒤 거즈로 여과한 후 원심분리(12,000 ×g, 4°C, 10분)하여 얻은 상등액을 조효소액으로 취하

였다. 다음 조효소액 0.2ml에 10mM 4-methyl catechol 이 함유된 50mM sodium phosphate 완충액 2.8ml를 가해 30°C에서 20분간 반응시킨 후 분광광도계(Hewlett-Packard 8452A, Diode Array Spectrophotometer, Hewlett-Packard Co., USA)를 사용하여 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 효소액 대신에 50mM sodium phosphate 완충액을 첨가하였다. 이때, 동일온도에서 효소액 1ml가 1분 동안 0.001의 흡광도를 증가시키는 것을 효소 1 unit로 나타내었다. 관능적 품질은 10°C에서 9일째 저장된 시료를 사용하여 이취, 색택, 종합적 품질에 대하여 5인의 버섯전문가가 9점척도법으로 평가하도록 하였으며, 관능검사로 측정된 결과는 SAS program을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의해 p≤0.001 수준에서 각 처리구간의 유의성을 검증, 통계처리하였다.

**결과 및 고찰**

**팽이버섯의 호흡특성**

Table 1은 밀폐계 실험에 의하여 얻어진 10°C에서 톱밥제거에 따른 팽이버섯의 호흡 모델 parameter(식(1), (2))를 보여주고 있는데, 이러한 호흡모델 parameter를 이용하여 산소 및 이산화탄소 농도에 따른 호흡속도를 예측할 수 있다.

버섯은 생체식품으로서 수확 후에도 호흡작용을 행하여 O<sub>2</sub>를 소비하고 CO<sub>2</sub>를 발생하며 호흡활동은 자가 영양분의 소비를 의미하므로 호흡속도는 품질변화 속도의 지표가 될 수 있다. 그리고 이들 호흡 모델 parameter는 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도에 따른 O<sub>2</sub> 소비 및 CO<sub>2</sub> 발생의 속도를 예측할 수 있으므로 팽이버섯의 포장설계에 이용될 수 있다.

**10°C에서의 설계포장**

일반적인 슈퍼마켓의 판매용 냉장고 온도인 10°C에서 적정 환경기체조절포장을 설계하고 이를 이용하여 실험포장을 제작하고 저장하면서 품질변화를 살펴보고자 하였다. 10°C에서의 버섯의 호흡특성과 포장필름

**Table 1. Respiration model parameters of enoki mushroom without sawdust obtained by closed system method at 10°C**

Respiration expression	V <sub>m</sub> (ml/kg h)	K <sub>m</sub> (% O <sub>2</sub> )	K <sub>i</sub> (% CO <sub>2</sub> )
O <sub>2</sub> consumption	279.2	11.2	30.1
CO <sub>2</sub> evolution	142.0	4.7	31.8

Table 2. Estimated package atmosphere for designed packages of 100g enoki mushroom at 10°C

Film	Thickness (μm)	Gas permeability(ml/m <sup>2</sup> h atm)		Estimated package atmosphere(%) <sup>1)</sup>	
		O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
PVC	13.7	290.09	1844.27	0.64(1.37)	3.59(4.19)
CPP	30.0	28.01	88.58	0.13(1.31)	14.66(0.92)
Polyolefin(PD941)	20.0	256.30	1184.46	1.16(1.44)	4.54(3.37)
Polyolefin(RD106)	16.0	166.35	731.27	0.74(1.39)	5.09(4.85)

<sup>1)</sup>Number in parenthesis is the equilibration time in hour.

의 가체투과도를 이용하여 포장내 기체조성을 예측하고 이를 이용하여 적정기체조성을 갖는 포장을 설계하고자 하였다. 밀폐계 방법으로부터 얻은 팽이버섯의 호흡특성(Table 1)과 Table 2의 필름투과도를 식(4) 및 (5)에 대입함에 의하여 100g의 팽이버섯 포장에 대한 평형기체조성을 얻었고, 이 결과도 Table 2에 제시되었다.

버섯 저장에 적절한 O<sub>2</sub> 1%, CO<sub>2</sub> 15%의 범위에 가장 근접한 포장기체 조성을 보이는 포장은 CPP 포장이었다. CPP 포장이 최적 기체조성에 가깝지만 산소 농도는 1% 이하의 범위를 유지시키는 것으로 예측되어 포장내에 혐기적 조건을 유발시킬 위험을 갖고 있는 것으로 생각된다. 반면에 polyolefin계 필름인 PD941, RD106의 포장은 1%내외의 O<sub>2</sub> 농도와 5%내외의 CO<sub>2</sub> 농도를 유지시키는 것으로 예측되었다. PVC wrap 포장은 완전밀봉시 O<sub>2</sub> 농도 0.64%, CO<sub>2</sub> 농도 3.59%로 예측되었지만 실제 stretch wrap 포장시에는 완벽한 밀봉이 이루어지지 않기 때문에 이보다 높은 O<sub>2</sub> 농도와 낮은 CO<sub>2</sub> 농도를 형성시킬 것으로 예측된다. 그리고 팽이버섯 포장은 비교적 작은 자유용적을 가지는 관계로 인하여 평형 도달시간은 모두 5시간 이내이었다.

Fig. 1에서 Table 2의 조건으로 제작된 포장은 실제

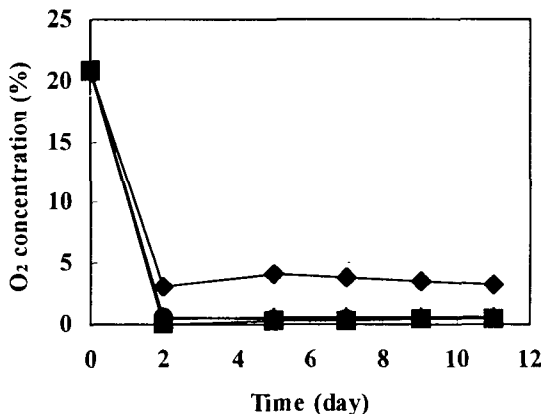


Fig. 1. Experimental package atmosphere inside enoki mushroom packages at 10°C.

◆◆: PVC; ■■: CPP; ▲▲: Polyolefin(PD-941); ●●: Polyolefin(RD-106)

로 저장했을 때 이루어지는 포장내 기체조성의 변화를 보여주고 있는데 모든 포장 처리구에서 예측된 기체 조성(Table 2)과 실험치가 일치하지 않으므로, 본 연구의 방법에 의하여 팽이버섯의 포장조건 설계를 고려해야 할 것 같다.

10°C에서 포장조건에 따른 선도보존 효과의 비교

버섯 자루의 신장율은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 일 반밀봉 포장시 PVC wrap 포장이 가장 높아서 저장 11

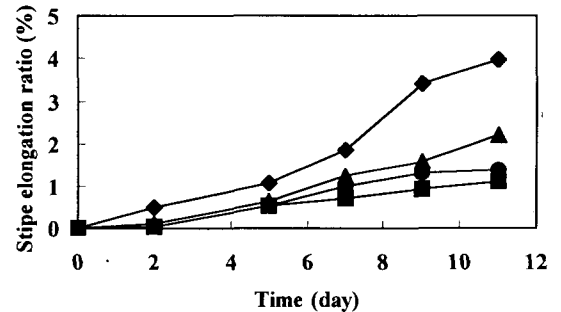
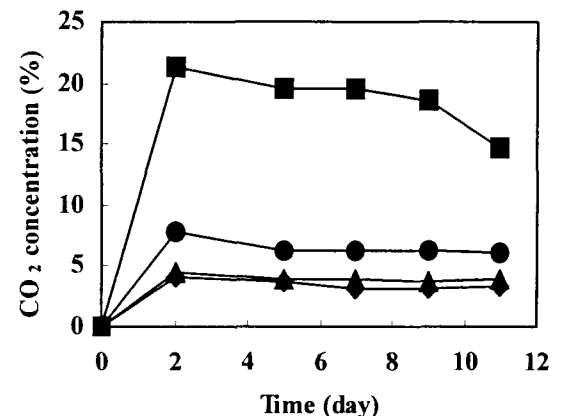


Fig. 2. Changes in stipe elongation of enoki mushrooms stored at 10°C

◆◆: PVC; ■■: CPP; ▲▲: Polyolefin(PD-941); ●●: Polyolefin(RD-106)



일에 4.0%이고, CPP 포장이 1.0%, polyolefin PD941 포장이 2.0%, polyolefin RD106 포장이 1.5%를 나타내어서 서로 비슷하였다. 이는 역시 PVC wrap 포장시 형성된 포장 내의 높은 O<sub>2</sub> 농도에 기인한 것으로 여겨진다.

포장된 팽이버섯의 10°C 저장 중의 중량 감소율은 Fig. 3과 같으며 PVC wrap 포장에서는 저장 2일째부터 많은 감소를 보였는데 이는 트레이와 PVC 필름의 밀착이 완벽하지 않으므로 버섯의 증산작용에 의해 발생된 수분이 쉽게 이동되는 것에 기인하는 것으로 생각된다.

팽이버섯의 포장필름에 따른 Hunter 색차계 L값의 변화는 Fig. 4와 같으며, PVC wrap 포장이 5일 이후 L값이 크게 감소한 외에는 다른 포장구들은 대부분 비슷한 정도로 완만한 감소를 보였다. 버섯의 품질열화는 갖의 개열 및 갖과 자루의 갈변, 조직감 변화로써 판단되며(10), 저장 중에 효소에 의한 갈변이 품질저하를 가속시키는데 수확 및 유통 중 버섯에 생긴 흠집은 버섯의 갈변을 촉진시키고 갈변은 버섯의 노화, 세균감염과 함께 일어나므로 갈변이 진행된 버섯은 품질이 나쁘고 취급 및 저장상태가 불량함을 나타내준다(24).

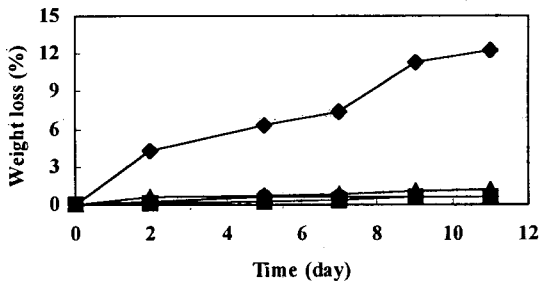


Fig. 3. Changes in weight loss of enoki mushrooms stored at 10°C. ◆◆: PVC; ■■: CPP; ▲▲: Polyolefin(PD-941); ●●: Polyolefin(RD-106)

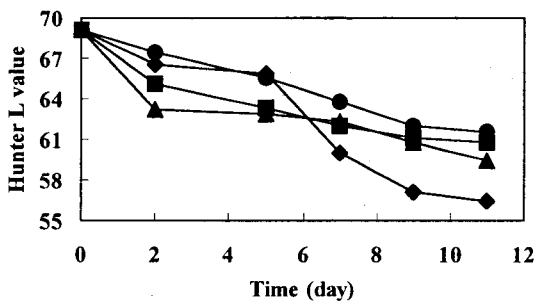


Fig. 4. Changes in Hunter L value of enoki mushrooms stored at 10°C. ◆◆: PVC; ■■: CPP; ▲▲: Polyolefin(PD-941); ●●: Polyolefin(RD-106)

Table 3. Changes in polyphenol oxidase activity of enoki mushrooms stored at 10°C

Film	Storage duration(day)					
	0	2	5	7	9	11
PVC	21.6	20.4	20.1	29.9	10.4	9.2
CPP	21.6	21.5	21.4	21.1	20.8	15.3
Polyolefin(PD941)	21.6	21.3	19.8	25.6	26.8	30.0
Polyolefin(RD106)	21.6	20.8	19.7	17.6	21.3	28.2

Table 4. Changes in sensory properties of enoki mushrooms stored at 10°C

Film	Average hedonic score <sup>1)</sup>		
	Flavor	Color	Overall
PVC	2.8 <sup>d</sup>	3.8 <sup>d</sup>	3.0 <sup>d</sup>
CPP	6.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
Polyolefin(PD941)	5.2 <sup>cb</sup>	5.6 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b</sup>
Polyolefin(RD106)	7.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>9: Excellent, 7: Very good, 5: Good, 3: Poor, 1: Very poor  
Different superscript characters for each quality items mean significant differences at p<0.001.

버섯의 경우 페놀 물질의 산화에 의한 갈변이 버섯의 품질열화와 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되고 있어서(25) 팽이버섯의 저장 중 PPO 활성의 변화를 측정하였으며 그 결과는 Table 3과 같았다. 그러나 사용된 포장필름에 따른 뚜렷한 경향을 찾기가 힘들었다. 다만, PVC wrap 포장이 저장 9일 이후에 낮은 PPO 활성을 보였으나 이러한 PPO 활성의 변화는 갈변을 나타내는 L값이나 육안적 품질과는 상관관계를 찾기가 힘들었다.

버섯의 품질은 앞에서 언급한 여러 가지 특성에 의하여 어느 정도 객관적으로 측정이 가능하지만 이에 의한 종합적 품질의 비교는 어렵기 때문에 주로 관능적 특성에 의하여 주관적으로 평가하게 된다. 저장 9일째 각 포장에 대하여 9점 만점의 기호도 검사에 의하여 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 4와 같았다. 팽이버섯의 관능적 특성은 대개 갖의 개열, 이취, 표면색택, 조직감 등이 주요한 지표로 사용되어지며 갖이 개열되지 않고 백색을 보이며 이취가 나지 않는 경우 상품으로 평가되도록 하였다. Table 4의 관능평가 결과를 보면 PVC wrap 포장이 가장 열등한 품질을 보이고, CPP 포장 및 polyolefin RD106 포장이 우수한 품질보존을 나타내었다.

요 약

팽이버섯의 선도유지와 저장기간 연장을 위한 환경

기체조절포장의 적용을 시도하였다. 팽이버섯은 높은 온도에서 호흡속도가 빠르며, 일반적인 슈퍼마켓의 냉장고 온도인 10°C에서 100g 단위로 팽이버섯의 호흡특성과 포장필름의 기체투과도를 결합하여 적정 환경기체조절포장을 설계하였고, 모든 포장 처리구에서 비교적 예측된 기체조성과 실험치가 일치하지 않아서, 팽이버섯의 포장조건 설계를 고려해야만 할 것 같다. 1%이하의 낮은 O<sub>2</sub> 농도와 15~20%의 CO<sub>2</sub> 농도를 포장내에 형성시킨 30µm CPP 포장인 Hunter L값, 자루 신장율, 관능평가 결과를 고려할 때 가장 우수하였다.

## 문 헌

- 古川久彦:きのこ學. 共立出版株式會社, 東京, 日本, p.204 (1992)
- Chang, S. T. and Miles, P. G.: *Edible mushrooms and their cultivation*. CRC press, p.335(1989)
- 이현욱: 팽이버섯 갈색무늬병과 황색무늬병의 발생상태, 병원균의 분리동정 및 방제제 탐색. 동아대학교 박사학위논문(1997)
- 南出降久, 垣生俊夫, 緒方邦安: 數種キノコの鮮度におよぼす貯藏温度の影響. 日本食品工業學會誌, **27**, 281 (1980)
- Nichols, R. and Hammond, J. B. W.: Storage of mushrooms in prepacks: the effect of changes in carbon dioxide and oxygen on quality. *J. Sci. Food Agric.*, **24**, 1371(1973)
- 南出降久, 西川哲夫, 緒方邦安: シイタケの鮮度におよぼす炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)ならびに酸素(O<sub>2</sub>)濃度の影響. 日本食品工業學會誌, **27**, 505(1980)
- 이세은, 김동만, 김길환: MA저장중 표고버섯(*Lentinus edodes*)의 품질변화에 관한 연구. 한국식품영양학회지, **20**, 133(1991)
- Halachmy, I. P. and Mannheim, C. H.: Is modified atmosphere packaging beneficial for fresh mushrooms? *Leben-Wiss.u-Technol.*, **25**, 426(1992)
- 조한욱, 변명우, 권중호: 방사선 조사와 자연저온에 의한 송이저장. 한국식품과학회지, **16**, 182(1984)
- Burton, K. S., Frost, C. E. and Atkey, P. T.: Effect of vacuum cooling on mushroom browning. *Int. J. Food Sci. & Technology*, **22**, 599(1987)
- Kuyper, L., Weinert, I. A. G. and McGill, A. E. J.: The effect of modified atmosphere packaging and addition of calcium hypochlorites on the atmosphere composition, colour and microbial quality of mushrooms. *Lebensm-Wiss.u-Technol.*, **26**, 14(1993)
- Nichols, R. and Hammond, J. B. W.: The relationship between respiration, atmosphere and quality in intact and perforated mushroom prepacks. *J. Food Technol.*, **10**, 427(1975)
- Ajlouni, S. O., Beelman, R. B., Thompson, D. B. and Mau, J. L.: Stipe trimming at harvest increases shelf life of fresh mushrooms(*Agaricus bisporus*). *J. Food Sci.*, **57**, 1361(1992)
- 김준한: 양송이버섯의 PE필름 포장저장 및 CA저장 효과. 경북대학교 석사학위논문(1992)
- Halachmy, I. B. and Mannheim, C. H.: Modified atmosphere packaging of fresh mushrooms. *Packaging Technol. Sci.*, **4**, 279(1991)
- Briones, G. L., Varoquaux, P., Burean, G. and Pascat, B.: Modified atmosphere packaging of common mushroom. *Int. J. Food Sci. & Technology.*, **28**, 57(1993)
- Sveine, E., Klougart, A. and Rasmussen, C. R.: Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushrooms. *Mushroom Sci.*, **6**, 463(1967)
- Lee, J. J. and Lee, D. S.: A dynamic test for kinetic model of fresh produce respiration in modified atmosphere and its application to packaging of prepared vegetables. *Foods and Biotechnol.*, **5**, 343(1996)
- Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V.: Application of gas chromatography to the measurement of gas permeability of packaging materials. *Food Technol.*, **17**, 91(1963)
- 박무현, 이동선, 이광호: 식품포장학. 형설출판사, p.265 (1994)
- Lee, K. S., Woo, K. L. and Lee, D. S.: Modified atmosphere packaging for green chili peppers. *Packaging Technol. Sci.*, **7**, 51(1994)
- Zawistowski, J., Blank, G. and Murray, E. D.: Polyphenol oxidase activity in Jerusalem artichokes(*Helianthus tuberosus* L.). *Can Inst. Food Sci. Technol.*, **19**, 210(1986)
- 高橋徹, 阿部一博, 茶珍和雄: カットキャベツの生理ならびに褐變に及ぼす冷風乾處理の影響. 日本食品科學工業學會誌, **43**, 663(1996)
- Burton, K. S. and Noble, R.: The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. *Postharvest Biol. Technol.*, **3**, 39(1993)
- Murr, D. P. and Morris, L. L.: Effect of storage temperature on postharvest changes in mushrooms. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **100**, 16(1975)

(1998년 8월 18일 접수)