

# 느타리 버섯의 MA 조건 예측 및 저장 중 품질 변화

## Estimation of MA(Modified Atmosphere) condition and changes of quality during the MA storage on the oyster mushrooms

이현동\* 윤홍선\* 이원옥\* 정 훈\* 조광환\*

정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

H.D.Lee H.S.Yun W.O.Lee H.Chung K.H. Cho

### 1. 서 론

버섯은 수확 후 이산화탄소 발생량이 20℃에서 200~500mgCO<sub>2</sub>/kg·hr로 호흡속도가 아주 높은편으로 저장이나 유통중에 호흡속도를 낮추는 것이 버섯의 품질유지에 효과적이다. 따라서 저장고 또는 포장내의 기체조성을 변화시켜 신선 농산물의 호흡속도를 조절하여 저장하는 CA(Controlled Atmosphere)저장법이나, MAP(Modified Atmosphere Packaging)저장법을 버섯 저장에 이용하는 연구들이 보고되고 있으며 환경기체조성이 저장중인 버섯의 생리적인 현상에 미치는 영향에 관한 연구도 보고되고 있다. 그러나 대상작물에 적합한 환경기체조성 농도의 설정이 쉽지 않고 임계산소농도 및 임계이산화탄소 농도를 초과할 경우 혐기호흡이 진행되어 저장장해 및 품질열화가 발생하고 이로 인하여 막대한 경제적 손실을 입게된다. 이러한 현상은 작물의 호흡특성과 환경기체조성 농도에 관련하여 발생하는 일이므로 호흡속도를 측정하여 작물의 호흡특성을 파악할 수 있다면 저장장해를 최소화할 수 있는 환경기체조성을 구명할 수 있다.

본 연구에서는 신선 농산물의 중요한 생리적 지표인 호흡특성치(산소소비속도, 이산화탄소 발생속도)를 저장기체 농도에 대하여 회귀하는 반응표면 회귀 분석법(RSREG)을 통하여 각 환경기체조성의 조합에서 호흡 특성치를 회귀분석 하고 느타리버섯의 적정 환경기체조성을 예측하고자 하였으며 느타리버섯의 MA 포장 저장을 수행하며 포장내 기체조성과 품질 특성변화 측정 실험을 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 공시재료

느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 경기도 안성소재의 농원에서 재배한 것을 구입하여 외관이 건전한 것을 선별하여 공시재료로 사용하였다.

---

\* 농업기계화연구소 농산가공기계과

### 나. 호흡속도 측정 및 MAP 저장 조건

느타리 버섯의 호흡속도 측정은 산소농도 0.6, 5.6, 10.6, 15.6, 20.6%와 이산화탄소농도 0.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0%를 조합한 20가지의 기체조성에서 측정되었다. MA저장에 사용된 필름은 LDPE 0.03mm, 0.05mm 및 Nylon+PE재질의 포장필름을 사용하였으며 크기는 200×270mm로 하여 폴리스티렌재질의 트레이에 150±10g으로 담은 후 열접착 포장을 하였다. 포장된 버섯은 4℃, 12℃, 20℃의 온도구간에서 저장 실험을 수행하였다.

### 다. 호흡속도 및 포장내 기체조성 측정

느타리 버섯의 호흡속도는 소정의 농도로 조정된 O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> 및 N<sub>2</sub>의 혼합기체를 흘려보내 호흡속도 측정 용기내의 공기를 혼합기체 농도로 치환시킨 후 기체크로마토그래피(G.C)를 이용하여 20℃에서 산소소비 속도와 이산화탄소 발생속도를 측정하여 다음 식 (1), (2)로 계산하였다. 그리고 포장내 기체농도의 측정은 포장내 기체시료를 0.5ml 채취하여 G.C로 분석하였다. 이때 G.C(DS 6200, Donam Instrument Inc., Korea)의 분석조건은 T.C.D.(Thermal Conductivity Detector)를 사용하였고 carrier gas(He)는 유속58ml/min로 하였다. Column은 CTR I (Altech Associates Inc., USA)을 사용하였으며 시료의 Injection Volume은 0.5ml였다. Column, detector 및 inject의 온도는 40℃로 설정하였다.

$$\frac{\text{Oxygen consumption rate}}{\text{consumption rate}} = \frac{(\%O_{2inlet} - \%O_{2outlet}) \times \text{Flow rate}(ml)}{\text{Sample weight}(kg)} \quad (1)$$

$$\frac{\text{Carbon dioxide evolution rate}}{\text{evolution rate}} = \frac{(\%CO_{2outlet} - \%CO_{2inlet}) \times \text{Flow rate}(ml)}{\text{Sample weight}(kg)} \quad (2)$$

### 라. 회귀분석

호흡속도의 회귀분석에는 산소와 이산화탄소의 농도(X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>)가 복합적인 작용을 함으로써 호흡속도(Y)에 영향을 주었을 때 반응의 변화가 이루는 반응표면에 대한 통계적인 분석을 하고 이에 관련된 설계를 하는 반응표면 회귀분석을 SAS (statistical analysis system) program을 사용하여 수행하였다.

### 마. 품위 변화

느타리버섯의 MA저장 중 품위변화는 중량감도, 갖의 색도, 대와 갖의 경도변화를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 호흡속도 및 회귀분석

느타리버섯의 호흡특성은 Fig. 1, 2에서와 같이 20℃에서 28.9~161.4mgO<sub>2</sub>/kg·hr의 산소소비속도를 가지는 것으로 나타났으며 이산화탄소 방출속도는 53.4~166.9mgCO<sub>2</sub>/kg·hr의 값을 가지는 것으로 나타났다.

느타리버섯의 호흡속도 자료에 대하여 반응표면 회귀분석을 수행하여 얻어진 각 회귀

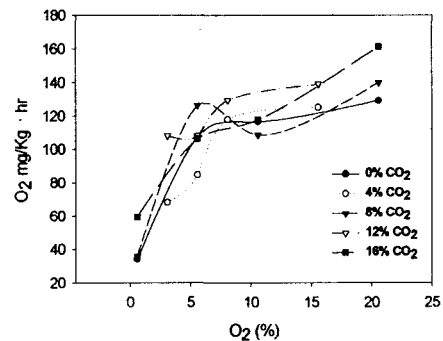


Fig 1. O<sub>2</sub> consumption rate of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) at 20℃

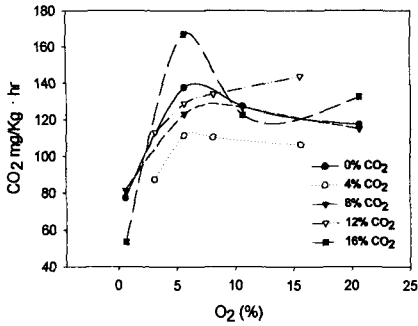


Fig 2. CO<sub>2</sub> evolution rate of oyster mushroom(*Pleurotus ostreatus*) at 20°C

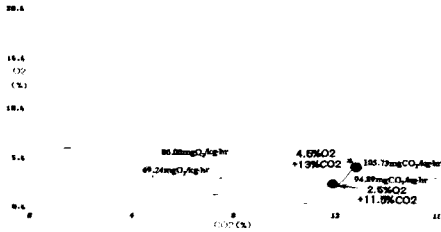


Fig. 3. Estimation contour map of CA conditions for O<sub>2</sub> consumption rate & CO<sub>2</sub> evolution rate on the oyster mushroom

방정식은 산소소비속도(RR-O<sub>2</sub>)에 대해서는  $RR-O_2 = 23.31 + 11.22O_2 - 1.40CO_2 - 0.26O_2^2 - 0.11CO_2 \cdot O_2 + 0.04CO_2^2$  ( $R^2=0.9353$ )이었으며 이산화탄소방출속도(RR-CO<sub>2</sub>)에 대해서는  $RR-CO_2 = 91.28 + 5.79O_2 - 0.68CO_2 - 0.31O_2^2 + 0.25CO_2 \cdot O_2 - 0.06CO_2^2$  ( $R^2=0.7125$ )로 나타났다. 회귀방정식을 이용하여 Fig. 3과 같이 환경기체조절저장 가능기체조성 영역을 예측하여 보았다. 느타리버섯의 경우 일반대기하의 호기적 조건에서 RQ값은 약 0.8정도를 가지는 것으로 나타났으며 이를 토대로 산출된 저장가능기체조성

은 산소농도 2.5~4.5%와 이산화탄소농도 11.5~13.0% 조건인 것으로 예측되었다. 예측된 기체조성은 버섯류의 호기호흡 유지 및 갖의 개산과 자루의 신장을 억제 할 수 있다고 보고되는 농도와 유사하였다.

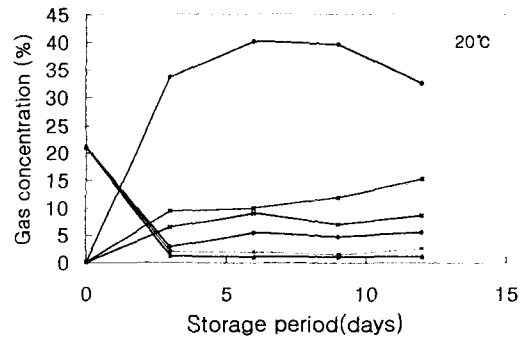
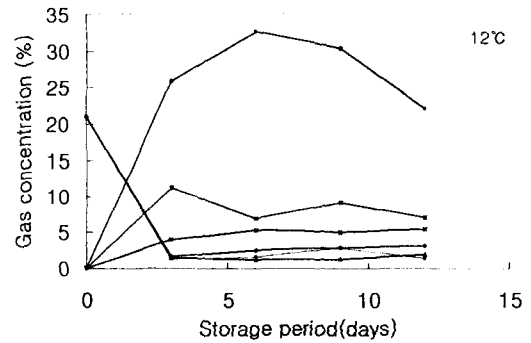
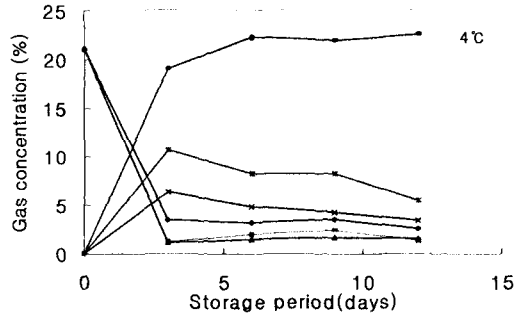


Fig. 4. Changes in gas compositions inside packages of oyster mushrooms stored at 4°C, 12°C and 20°C

- ◆; 0.03mmLDPE O<sub>2</sub>,    ■; 0.05mmLDPE O<sub>2</sub>,
- ▲; Nylon+PE O<sub>2</sub>    ×; 0.03mmLDPE CO<sub>2</sub>,
- \*; 0.05mmLDPE CO<sub>2</sub>,    ●; Nylon+PE CO<sub>2</sub>

### 나. 포장내 기체조성의 변화

포장내 기체조성의 변화는 Fig. 4와 같은데 0.03mmLDPE의 경우 O<sub>2</sub>농도 1.6~3.0%, CO<sub>2</sub> 농도 3.9~5.3%사이였으며 0.05mmLDPE에서는 O<sub>2</sub>농도 1.2~1.3%, CO<sub>2</sub> 농도 9.0~11.1%사이였고 Ny+PE포장에서는 O<sub>2</sub>농도 0.9~1.2%, CO<sub>2</sub> 농도 33.5~39.6%사이로 나타났다. 포장내 이산화탄소의 변화는 저장 초기에 증가하다 다시 감소하는 경향을 나타내었으며 산소농도는 저장 초기에 급격히 감소하다 저장 3일 이후에는 완만하게 감소하는 경향을 나타내었다. LDPE의 경우에는 온도에 따른 포장내 기체조성의 차이가 크지 않았으나 Nylon+PE재질의 경우 온도가 높을수록 축적되는 이산화탄소의 농도가 높은 것으로 나타났으며 이는 필름의 이산화탄소 투과도가 낮은 반면 온도에 따라 이산화탄소 방출량은 증가함으로써 발생하는 현상으로 판단된다. 산소농도에서는 0.03mmLDPE 필름이 예측된 저장 조건을 만족하는 것으로 나타났으며 이산화탄소 농도에서는 0.05mmLDPE필름이 근사하는 것으로 나타났으나 두 포장재의 평균기체조성을 비교하여 보았을 때 전반적으로 0.05mmLDPE포장내의 기체조성이 0.03mmLDPE보다 예측된 기체조성에 근접하는 것으로 나타났다.

### 다. 포장 재질별 중량감모

저장기간에 따른 중량 감모율의 변화는 Fig. 5와 같은데 모든 온도 구간에서 Nylon+PE가 가장 낮았으며 0.03mmLDPE가 가장 큰 것으로 나타났다. 저장온도가 높을수록 중량감모율은 높게 나타났고 12℃ 이상에서는 0.05mmLDPE 포장구와 Ny+PE포장구간에 중량감모율의 차이가 매우 근소한 것으로 나타났다. 버섯의 중량감모는 증산작용 및 호흡작

용에 기인하는 것으로 알려져 있으며 저장 습도 및 기체조성이 이들 인자에 영향을 미치는 주요한 요인이다. 이러한 중량감모의 차이는 20℃에서 버섯의 호흡속도와 증산속도가 4℃, 12℃에 비하여 상대적으로 높는데 기인하는 것으로 판단되었으며 Nylon+PE포장재에서 중량감모가 가장 낮게

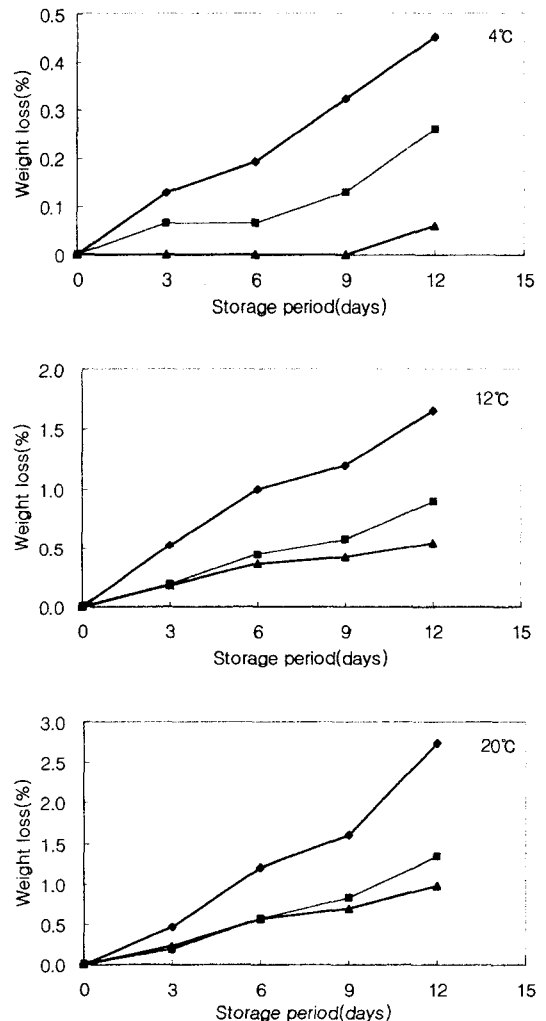


Fig. 5. Changes in weight loss of oyster mushrooms during the MA storage at 4℃, 12℃ and 20℃

◆; 0.03mmLDPE, ■; 0.05mmLDPE, ▲; Nylon+PE

나타난 것은 포장재의 수증기 투과도에 따른 수증기의 확산이 중량감모에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

**라. 경도 변화**

저장 버섯의 경도 변화에서는 fig. 6에서와 같이 갖의 경도는 저장기간이 경과함에 따라

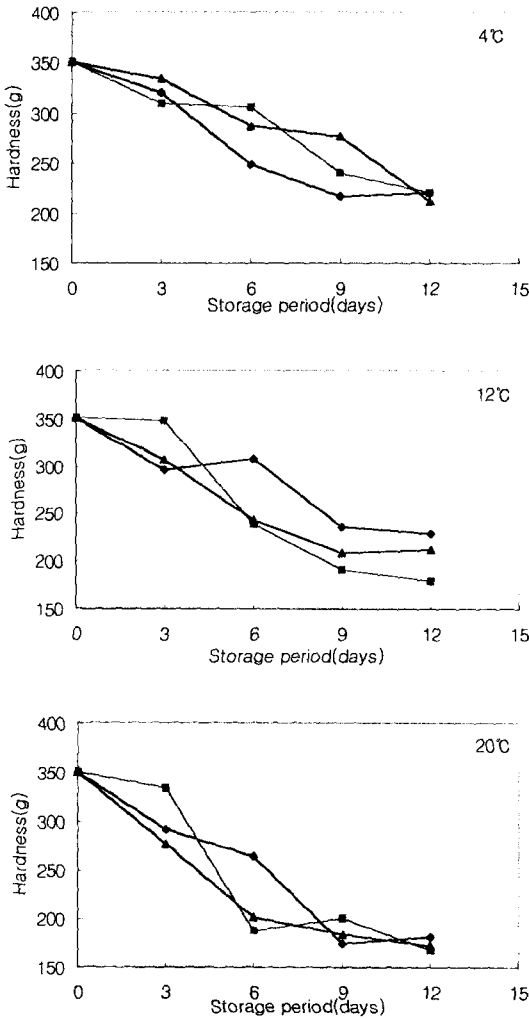


Fig. 6. Changes in hardness for pileus of oyster mushrooms during the MA storage at 4°C, 12°C and 20°C

◆; 0.03mmLDPE, ■; 0.05mmLDPE, ▲; Nylon+PE

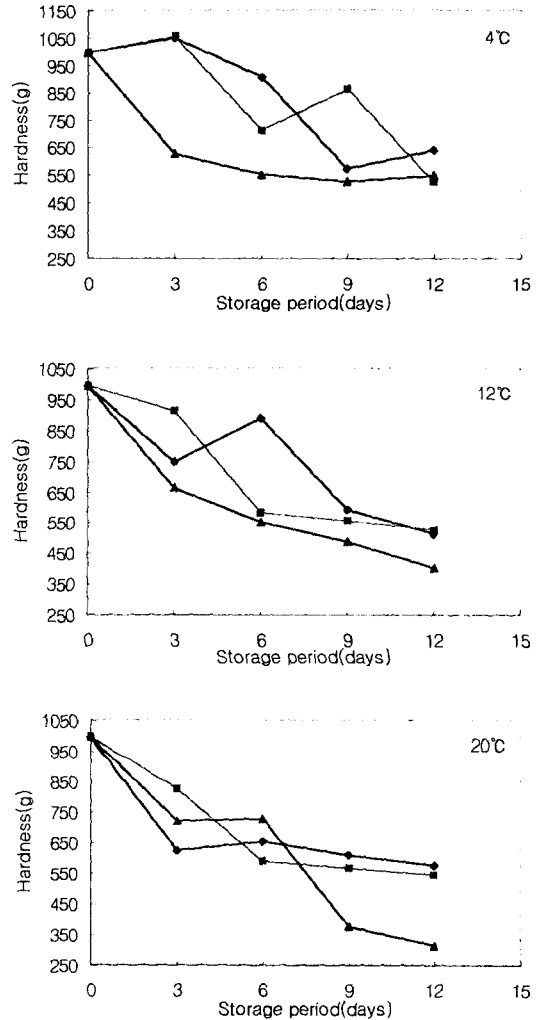


Fig. 7. Changes in hardness for stipe of oyster mushrooms during the MA storage at 4°C, 12°C and 20°C

◆; 0.03mmLDPE, ■; 0.05mmLDPE, ▲; Nylon+PE

모든 실험구에서 감소하는 경향을 나타내었으며 저장온도에 따라서는 4°C저장구에서는 저장 12일째까지 약 250g의 경도를 나타내었으며 12°C의 경우 저장 6일 째까지 20°C의 경우 저장 3일째까지 4°C와 유사한 경도를 유지하고 있었다. 각각의 온도구간에서 포장재질에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

Fig. 7에서와 같이 자루의 경도변화는 저장 기간에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 갖의 경도변화 경향만큼 뚜렷하지는 않았으나 같은 포장조건에서는 온도가 높을수록 경도가 낮아지는 것으로 나타났다. 반면에 자루의 경우 포장재에 따라서 경도의 차이가 있는 것으로 나타났는데 모든 실험 온도 구간에서 Nylon+PE필름 포장구의 자루 경도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 포장 필름의 재질에 따른 투과도의 차이로 인한 이산화탄소의 고농도 축적이 자루의 조직감에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

#### 마. 포장 재질별 갖의 색도 변화

느타리버섯의 M.A포장저장 중 색도변화를 측정된 결과 fig. 8과같이 저장 기간이 경과할수록  $\Delta E$ 값이 증가하는 것으로 나타났으며 저장온도가 높을수록  $\Delta E$ 값의 변화가 급속하게 일어나는 것으로 나타났다. 12°C와 20°C의 저장구에서는 저장 3일째까지  $\Delta E$ 값의 변화가 심하였고 그 이후에는 큰 변화를 보이지 않았으나 4°C저장구에서는  $\Delta E$ 값이 점진적으로 증가하는 경향을 나타내어 느타리버섯의 갖의 색도변화는 온도와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되었으며 저온 유통이 수확 후 버섯의 외관품위를 결정하는 갖의 색도를 유지하는데 효과 있을 것으로 판단되었다.

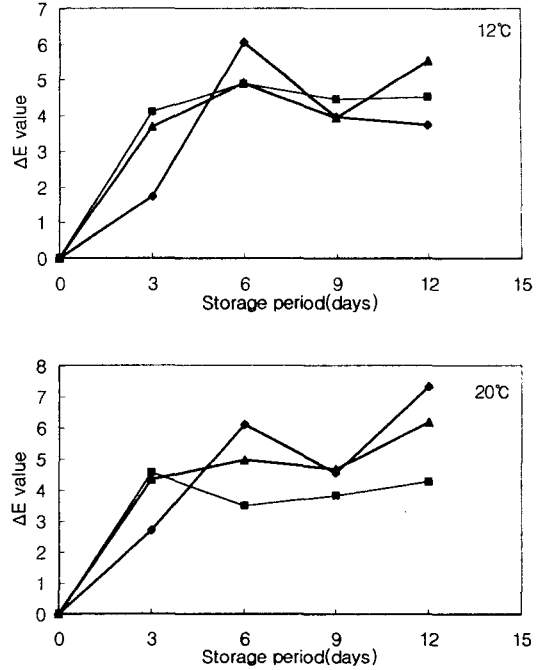
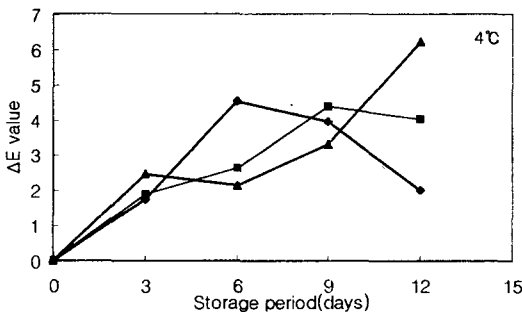


Fig. 8. Changes in  $\Delta E$  value for pileus of oyster mushrooms during the MA storage at 4°C, 12°C and 20°C

◆; 0.03mmLDPE, ■; 0.05mmLDPE, ▲; Nylon+PE

#### 4. 요약 및 결론

느타리버섯의 호흡속도 측정 및 MA 포장 저장 실험을 수행한 결과 호흡속도는 20°C에서 산소소비속도 28.9 ~ 161.4mgO<sub>2</sub>/kg · hr로 나타났으며 이산화탄소방출 속도는 53.4 ~ 166.9mgCO<sub>2</sub>/kg · hr로 나타났다. 산소소비속도와 이산화탄소발생속도를 반응표면분석한 결과를 이용하여 느타리버섯의 저장 가능 기체조성을 예측한 결과 2.5~4.5% O<sub>2</sub>와 11.5~13%CO<sub>2</sub>로 나타났다. 포장내 기체조성은 0.03mmLDPE의 경우 O<sub>2</sub>농도 1.6~3.0%, CO<sub>2</sub>농도 3.9~5.3%사이였으며 0.05mmLDPE에서는 O<sub>2</sub>농도 1.2~1.3%, CO<sub>2</sub>농도 9.0~11.1%

사이였고 Ny+PE포장에서는 O<sub>2</sub>농도 0.9~1.2%, CO<sub>2</sub> 농도 33.5~39.6%사이로 나타났다. 중량감모율의 경우 0.03mmLDPE 포장이 가장 높게 나타났으며 Nylon+PE포장이 가장 낮게 나타났다. 잣과 자루의 경도는 저장 기간에 따라 감소하였으며 잣의 경도는 저장 온도에 영향을 받았으며 자루의 경도는 포장 재질에 더욱 영향을 받는 것으로 나타났다. 색도의 변화는 저장 기간이 경과할수록 ΔE 값이 증가하는 것으로 나타났으며 12℃와 20℃에서는 저장초기에 ΔE값의 변화가 급속하게 일어나는 것으로 나타났다. 0.03mm LDPE 포장구가 중량감모율이 높고 색도변화가 심하였고 Nylon+PE포장의 경우에는 자루의 경도저하와 이산화탄소의 과도한 축적으로 알콜냄새가 발생하였다. 0.05mmLDPE 포장구의 경우 예측된 환경기체조성에 가장 유사한 포장내 기체조성을 유지하였으며 중량감모, 경도, 색도 등 전반적인 저장 품질이 우수하였다.

## 5. 참고문헌

1. 南出 降久, 垣生 俊夫, 緒方 邦安 (1980) 數種キノコの鮮度におよぼす貯藏溫度の影響 日本食品工業學會誌, 27, 281~287
2. 김준한, 김종국, 문광덕, 손태화, 최종욱 (1995) 양송이 버섯의 MAP및 CA저장 효과, 농산물저장유통학회지, 2, 225~232
3. 이세은, 김동만, 김길환 (1991) MA저장중 표고버섯(*Leutinus edodes*)의 품질변화에 관한 연구. 한국식품영양학회지. 20. 133~138
4. 한대석, 안병학, 신현경 (1992) 환경가스조절 저장법을 이용한 느타리버섯과 표고버섯의 유통기간 연장, 한국식품과학회지, 24, 376~381
5. 山口優一, 山下市二, 青木章平 (1988) 栽培農家におけるシイタケの鮮度保持に関する研究. 日本食品低温保藏學會誌, 14, 59~62
6. Sevine, E., Klougart, A. and Rasmussen, C. R. (1967) Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushroom. *Mushroom sci*, 6, 463~474
7. 南出 降久, 西川 哲夫, 緒方 邦安 (1980) 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, 505~510
8. Kader, A.A. and Moris, L.L (1957) Relative tolerance of fruits and vegetables to elevated CO<sub>2</sub> and reduced O<sub>2</sub> levels, Michigan State Univ. Hort. Rep., 28. 260.
9. Thompson, A. K. (1998) Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. CAB International. p 73-77
10. Myers, R. H. (1976) Response Surface Methodology. p 126~175