

포장방법에 따른 팽이버섯의 선도유지 효과

신세희 · 정주연 · 최정희 · 김동만 · 정문철[†]
한국식품연구원

Effect of Packaging Methods on Enoki Mushroom Qualities

Se-Hee Shin, Joo-Yeoun Jung and Jeong-Hee Choi,
Dong-man Kim and Moon-cheol Jeong[†]
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

To develop an Enoki mushroom packaging method, mushrooms were stored at 1°C for 12 days after passive MAP packaging (PM), vacuum packaging (VM), and gas flushing packaging (AM), after investigation of film thickness influences on respiration rates and gas compositions (LDPE films 20, 40, and 60 μm in thickness were tested). Enoki mushrooms had respiration rates of 26.4 mL CO₂/kg/hour at 0°C, 80.0 mL CO₂/kg/hour at 10°C, 130.9 mL CO₂/kg/hour at 20°C, and 130.9 mL CO₂/kg/hour at 30°C. A film thickness of 20 μm was chosen for further tests to maintain the oxygen concentration above the minimum growth level; the thinnest film offered a higher gas transmittance rate than did the thicker films. No anaerobic respiration was evident over 12 days of storage using any packaging method, with the exception of VM. AM, using a high concentration of CO₂, restricted respiration rate. Mushrooms packaged using the VM method showed the greatest weight loss and extent of discoloration among the packaging methods tested, followed by AM mushrooms using 50% CO₂/10% O₂/40% N₂. Mushrooms packaged by the VM and PM methods developed a serious off-flavor after 2 days of storage, and a high stipe elongation rate after 5 days of storage, respectively. However, AM using 50% CO₂/10% O₂/40% N₂ of various gas ratios tested, allowed Enoki mushrooms to be maintained for up to 12 days without development of off-flavor, discoloration, or moldiness.

Key words : active MAP, CO₂, gas flushing packaging, storage

서 론

팽이버섯(*Flammulina velutipes*)은 분류학적으로 담자균류의 주름버섯목 송이과(*Tricholomataceae*)에 속하는 백색버섯으로서 주로 느티나무, 뽕나무, 감나무 등 활엽수의 고사목에 기생하여 자체의 효소로 동화작용 없이 목재의 주성분인 cellulose, hemicellulose, pentosan, lignin을 산화분해하여 당류와 같은 가용성 물질로 변화시켜 이용하는 특성을 갖고 있다(1). 일반적으로 팽이버섯은 대량 생산과 연중 재배가 가능하며 계절에 관계없이 항상 식용할 수 있게 되었으나, 수분이 많고 조직이 연하여 저장 및 유통

중 품질저하가 쉽기 때문에 shelf-life가 짧은 것이 큰 문제점으로 지적되고 있으며 또한 수확 후 호흡작용이 왕성하고 조직이 쉽게 손상을 받기 때문에 생체 상태로서는 유통에 많은 제약이 있으나, 현재 대부분 진공포장의 형태로 유통되고 있어 장기간의 선도유지가 불가능한 실정이다(2,3,4).

버섯의 저장 방법으로는 저온저장, CA(controlled atmosphere) 저장, MA(modified atmosphere)저장 등이 있으나 대부분 양송이와 표고버섯에 관한 것이다(5,6). 국내 팽이버섯의 저장관련연구는 지 등(7)의 방담필름 포장실험, 황 등(8)의 진공포장 팽이버섯의 shelf-life 설정연구 등으로 선도유지 관련 연구가 거의 실행되어 있지 않는 실정이다. MAP(Modified Atmosphere Packaging)에 의한 선도유지연구는 팽이버섯의 호흡작용을 활용한 환경가스를 고농도의 CO₂에 의해 세균증식이나 곰팡이의 발육을 억제하는 방법이나

[†]Corresponding author. E-mail : mcjeong@kfri.re.kr,
Phone : 82-31-780-9143, Fax : 82-31-780-9254

(9,10), 이것은 저산소 농도에 도달하기까지 많은 시간이 소요되기 때문에 초기 품질저하를 피할 수 없는 문제가 있다. 이에 반해 가스충전포장은 포장지 내의 공기조성을 초기부터 적정농도의 CO₂나 O₂ 등의 기체로 치환시켜 포장하는 방법으로 MAP의 결점을 극복하기 위한 방법의 하나로서 이용될 수 있다. 가스충전포장에 이용되는 가스로는 일반적으로 N₂, CO₂, O₂ 등의 3종류가 있다. N₂는 각종 세균에 대한 정균 작용을 지니고 있어 미생물에 의한 부패방지 효과와 저장 중 포장지 내의 가스용적을 감소하여 밀착포장이 될 수 있도록 해주고, CO₂와 O₂는 청과물의 최소 호흡작용을 유지되도록 역할을 해준다(11). 가스충전포장은 단순히 가스를 충전함으로써 이루어지는 것이 아니라 피포장물의 호흡 및 생리 특성에 적합한 조합으로 완성되는 것이며, 피포장물의 특성에 따라 포장재료, 가스조성 등에 대한 적정 조건을 확립하여 유통환경에 적용시켜야 한다.

따라서 본 연구에서는 전체적인 국민 생활수준의 향상에 따라 건강에 대한 관심이 매우 높아지면서 고품질의 신선식품에 대한 수요가 급격히 늘고 있는 추세에 맞춰 신선도를 연장하고 또한 소비증가추세에 있는 버섯류 중에서 생리활성이 매우 높아 선도 유지에 문제가 되고 있는 팽이버섯을 선정하여 팽이버섯에 대한 가스충전포장기술을 개발하고 농민소득 증대와 향후 소비구조 변화에 대처하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 재료는 2007년 6월 경기도 성남시 운중동 버섯재배농가에서 수확직후의 팽이버섯(버섯대 13~14 cm)을 구입하여 사용하였으며, 포장필름은 두께 20 μ m, 40 μ m, 60 μ m 저밀도 폴리에틸렌 필름(LDPE 필름, 한양화학)을 사용하였다.

포장 및 저장방법

팽이버섯의 passive MAP는 열접착포장(KC-0310L, 금강포장기계, 한국), 진공포장은 진공포장기(FoodMate-pro, FM-02, 에펠산업, 한국), 가스충전포장은 가스충전기(Vacuum packing machine, Poket60, Technovac, Italy)로 실시하였으며, 가스충전포장은 gas mixer를 이용하여 CO₂와 O₂가스를 50:20, 일정한 비율로 조절하였으며 N₂ 가스를 balance 가스로 사용하였다. 각 포장형태는 pouch 형태(15×10 cm, 168 mL)로 제작한 포장필름을 내용적의 2/3정도가 되도록 버섯을 100 g 내외로 포장하여 1°C저장실에서 저장하였다.

품질특성 분석

호흡율은 아크릴로 제작된 밀폐용기에서 시료 일정량을

넣고 경과 시간에 따라 포집된 기체를 GC (Shimadzu, GC-14 APT, Shimadzu Co., Japan)로 이산화탄소 농도를 분석하여 mgCO₂/kg/hr로 나타내었다. 이때 분석조건으로 column은 CTR1 (Altech Inc., Deerfield, IL, USA), column 온도는 35°C, 이동상은 50 mL/min 유량은 He를 사용하였으며 검출기로는 TCD를 사용하였다. 표면색은 Chromameter (CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)의 값으로 측정하고 이 값을 delta E값으로 환산하여 나타내었다. 중량감소율은 초기중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

결과 및 고찰

호흡특성

팽이버섯을 여러 온도에서 저장하면서 시간의 경과에 따른 호흡량을 측정하여 다음 각 온도에서의 호흡속도를 산출한 결과는 Fig. 1과 같다.

각 온도에서의 호흡속도는 0°C에서 26.4 mL CO₂/kg/hr, 10°C 80.0 mL CO₂/kg/hr, 20°C에서 130.9 mL CO₂/kg/hr, 30°C에서 173.5 mL CO₂/kg/hr로 측정되었다. 일반적으로 유통온도인 20°C에서 버섯의 호흡속도가 200-500 mL CO₂/kg/hr과 비교하면 팽이버섯의 호흡속도는 전반적으로 낮은 경향을 나타내었다(12,13). 팽이버섯의 유통온도에 따른 호흡속도는 20°C와 10°C가 0°C의 약 5.0배, 3.0배로 온도가 상승 할수록 호흡속도는 증가하는 것으로 조사되었다. 이것을 고려하여 볼 때 생산지에서부터 cold chain system만 접목할 수 있다면 일반 버섯류보다 저장성을 더욱 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다.

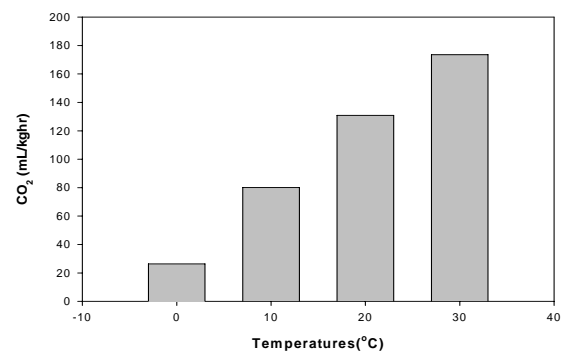


Fig. 1. Changes in respiration rate of Enoki mushroom depending on distribution temperature.

필름두께에 따른 포장지 내부의 기체조성 변화

팽이버섯과 같이 호흡속도가 높은 품목의 경우에는 포장재의 기체투과도가 상품성을 결정하는 중요한 요인이 된

다. 따라서 일반 식품 포장재 중에서 기체투과율이 좋은 LDPE필름을 선정하여 필름 두께 별로 팽이버섯을 포장하여 1°C의 온도에서 저장기간에 따른 포장재내부의 CO₂ 및 O₂ 가스의 조성을 조하하여 본 결과는 Fig. 2~3과 같다.

Fig. 2의 CO₂가스의 변화를 살펴보면 두께 20 μm필름에서는 저장 12일까지 점진적인 증가 경향을 보였으며 이보다 두꺼운 40 μm와 60 μm의 필름두께에서는 각각 저장 4일과 7일에 12.4%와 16.9%로 최정점에 도달하였다가 이후부터 서서히 감소하는 추세였다. 또한 Fig. 3의 O₂가스의 농도의 변화에서도 두께 40 μm와 60 μm의 필름에서는 저장 4일에 최저점에 도달하여 생명활동에 요구되는 최저 산소농도 수준에 가까워졌으나 20 μm의 LDPE필름을 사용한 경우에는 저장 12일 까지도 생육 최저 산소농도를 훨씬 상회하는 수준으로 안정된 상태임을 알 수 있었다. 따라서 팽이버섯의 가스충전포장을 위한 적정 필름으로는 20 μm의 LDPE필름을 선정하였으며, 사용된 필름의 물리적 특성은 Table 1과 같다.

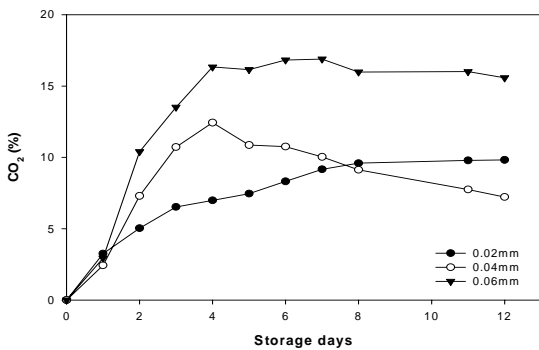


Fig. 2. Changes in CO₂ content inside package of Enoki mushroom packed with different LDPE film thickness during storage at 1°C.

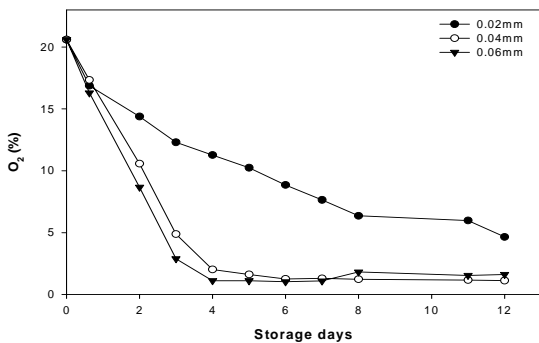


Fig. 3. Changes in O₂ content inside package of Enoki mushroom packed with different LDPE film thickness during storage at 1°C.

포장방법별 포장지 내부의 가스조성 변화

호흡속도가 높은 팽이버섯의 가스충전포장을 위하여 20 μm의 LDPE필름에 여러 가지 가스조성별로 팽이버섯을

저장 하였을 때 포장지 내부의 CO₂ 및 O₂농도의 변화를 조사한 결과는 Fig. 4~5와 같다.

Fig. 4의 포장지 내부의 CO₂변화는 일반 passive MAP의 경우 저장 6일 까지 8.3%로 급속히 증가한 후 저장 12일의 9.8%로 완만한 증가추세를 보인 반면 active MAP의 일종인 가스충전포장에서는 포장지 내·외부의 공기압 차에 의하여 저장기간의 경과에 따라 감소하는 경향이 보다 높게 나타났다. 가스조성별로는 CO₂농도가 높은 50%가 25%보다 감소경향이 빨랐으며, 동일 CO₂가스 농도에서도 20%의 O₂농도에서 10%의 농도보다 감소경향이 약간 높게 나타났다. 저장종료 시점의 CO₂가스 농도는 7.6~8.3%의 범위로서 충전 가스의 조성에 따른 차이가 발견되지 않았다.

Fig. 5는 동일한 방법으로 조사한 O₂ 농도의 변화이다. 저장기간에 따른 포장지 내부의 O₂농도의 변화는 passive MAP에서 가장 빠른 감소경향으로 저장 종료시점인 12일 경 약 4.7%의 잔존산소농도를 보인 반면 가스충전포장의 경우에는 O₂농도가 높을수록 감소속도가 증가하였으나 동일 O₂농도에서는 CO₂ 농도의 차이와는 무관하게 나타났다. 12일의 저장종료시점에서 포장방법별 O₂농도는 passive MAP가 4.65%, 가스충전포장이 가스조성별 7.2~10.6%로 모든 포장방법에서 혐기적 호흡발생에 대한 우려는 없었다.

Table 1. Physical characteristics of LDPE film used by this experiment

Kinds	Thickness(μm)	CO ₂ transmittance coeff.(mL/m ² sPa)	O ₂ transmittance coeff.(mL/m ² sPa)
LDPE	23.8±2.35	4.54×10 ⁻⁸	1.45×10 ⁻⁸

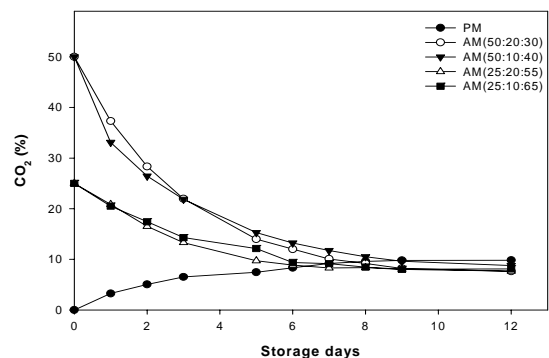


Fig. 4. Changes in CO₂ content inside package of Enoki mushroom packed with different packaging methods and gas ratios during storage at 1°C.

PM = passive MAP; AM=active MAP. Figures in parenthesis referred to the ratio of mixed gas and placed in order of concentration of carbon dioxide, oxygen and nitrogen gas.

이상에서와 같이 동일 포장두께 및 재질에서 포장재 내부의 가스농도의 저하속도차이는 팽이버섯의 호흡특성과

높은 값은 관계가 있는 것으로 판단되며, 특히 고농도 CO₂ 가스를 주입한 가스충전포장에서 초기 주입한 고농도의 CO₂가스가 팽이버섯의 호흡속도를 저해하는 결과에 기인하는 것으로 판단되었다.

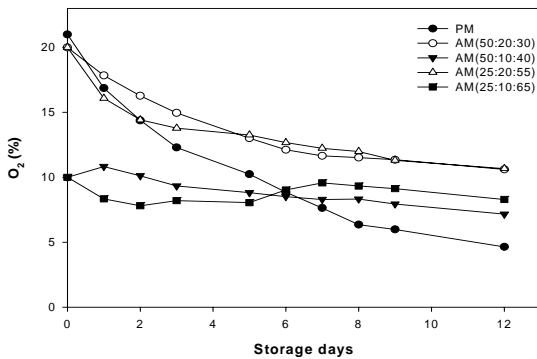


Fig. 5. Changes in O₂ content inside package of Enoki mushroom packed with different packaging methods and gas ratios during storage at 1°C.

PM = passive MAP; AM=active MAP. Figures in parenthesis referred to the ratio of mixed gas and placed in order of concentration of carbon dioxide, oxygen and nitrogen gas.

중량감소율

버섯의 자실체는 약 90%에 달하는 높은 수분을 함유하고 있으며, 실온에 방치 시 많은 양의 수분이 빠져나가 건조되고 시들게 된다. 수확 후 버섯의 수분 증발 속도는 버섯의 상태, 습도, 공기유동, 주위환경에 따라 달라지고 이것은 신선도의 손실과 관련이 있다. 저장 중 수분이 계속해서 증발하게 되면 중량감소가 일어나고 버섯의 탄성이 감소되어 관능적으로 나빠지게 된다. 버섯을 PVC 필름이나 PE 포장재에 포장할 경우 전술한 바와 같이 호흡작용을 억제하고 포장재 내의 상대습도를 높게 유지할 수 있으므로 증산작용을 억제함으로써 중량감소 및 수분손실 등의 품질저하 현상을 일반 개봉저장보다 연장하는 효과가 있다(14,15). 그러나 버섯의 경우에는 플라스틱 필름으로 포장하여도 포장지 내에는 0°C에서 2-3일 내에 결로가 형성될 만큼 호흡 및 증산작용이 왕성한 특성을 나타낸다(16,17,18).

이와 같은 증산작용은 팽이버섯을 LDPE필름에 일정량을 동시 포장할 경우 증산이 진행됨에 따라 포장지 내의 환경을 과습 환경으로 변화시킬 뿐만 아니라 버섯 표면에 형성된 수분이 조직의 짓무름 현상이나 갈변을 촉진시키며 또한 버섯 상호간의 접촉에 의해 품질저하 현상을 확산시키는 역할을 하고 있다.

Fig. 6은 팽이버섯의 현행 포장방법인 일반필름포장과 진공포장, 그리고 CO₂와 O₂가스의 혼합비율에 따른 가스충전포장시의 중량 감소율의 변화를 조사한 결과이다. 팽이버섯의 포장방법에 따른 중량감소율은 저장 12일 동안 약 2%내의 범위로 차이가 크지 않았으나, 진공포장이 가장 낮았고 passive MAP와 가스충전포장은 가스조성에 따라 유사한 수준으로 나타났다. 가스충전포장의 가스조성별 중

량감소율은 CO₂와 O₂가 50:10인 처리구가 가장 낮은 반면 25%의 CO₂ 처리구에서는 50%보다 전반적으로 높은 중량감소율을 나타내었다.

진공포장에서 중량감소율이 가장 낮았던 원인은 포장지 내부의 산소결여에 기인하는 것으로 판단되며, passive MAP와 가스충전포장에서의 중량감소율 차이가 없었던 원인은 저장 6일 후 포장지 내부의 가스환경이 상호간 유사한 조건으로 형성된 결과에 기인하는 것으로 판단되었다. 또한 가스충전포장에서의 동일 CO₂가스 농도에서는 O₂농도가 높은 조건이 낮은 농도의 것보다 중량감소가 높게 나타났으며 이는 저농도 O₂가 팽이버섯의 중량감소율에 미치는 영향이 적지 않음을 보여준다. 따라서 팽이버섯의 저장 및 유통 중 중량감소율을 억제하기 위한 포장지 내부의 O₂농도를 감소시킬 필요가 있으며, 그 방법으로는 진공포장과 초기 가스농도 50:10의 가스충전포장이 바람직한 것으로 판단된다.

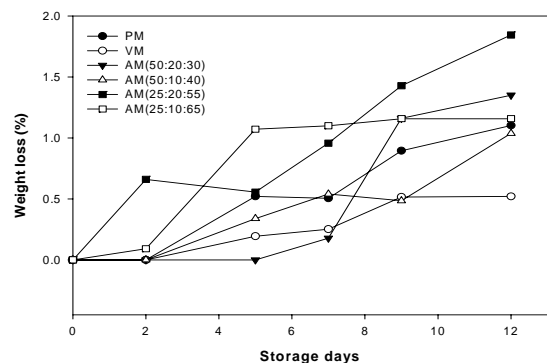


Fig. 6. Changes in weight loss inside package of Enoki mushroom packed with different packaging methods and gas ratios during storage at 1°C.

PM = passive MAP; AM=active MAP. Figures in parenthesis referred to the ratio of mixed gas and placed in order of concentration of carbon dioxide, oxygen and nitrogen gas.

표면색

일반적으로 버섯의 품질은 맛의 개열 및 맛과 자루의 갈변, 조직감으로 판단하게 된다. 그 중 버섯의 백색 정도는 식품으로서 상품적 가치를 판단하는 중요한 지표가 된다. 버섯의 저장 중 갈변의 형성은 효소적 반응에 기초한 것으로서 수확 및 유통 중 버섯에 생긴 상처는 버섯의 갈변을 촉진시키고, 갈변이 진행된 버섯은 품질이 나빠지고 취급 및 저장에 어려움이 있다. 저온 냉장이 버섯의 백색도와 품질 유지에 미치는 영향에 관한 연구에서는 양송이 버섯과 표고 버섯의 Hunter L값이 70이하가 되면 버섯은 관능적으로 받아들일 수 없다고 하였으며 송이버섯의 경우 수확 직후부터 맛과 줄기부위에서의 Hunter L값에서 70이하로 나타난 결과로 볼 때 버섯의 표면색의 밝기에 따른 관능적 품위기준은 모든 버섯에서 일치하지 않는다고 지적한 바 있다(3,19).

팽이버섯의 선도유지기술을 개발하기 위하여 가스조성에 따른 가스충전포장과 진공포장 및 일반 passive MAP의 저장 중 표면색의 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다.

팽이버섯의 표면색은 저장기간이 증가함에 따라 L-value는 감소하고 b-value는 증가하는 경향을 보여주었으나 a-value는 포장방법에 따른 차이가 있었다. Hunter a-value는 passive MAP와 25:20의 가스포장에서는 증가하는 경향을 그리고 진공포장 및 기타 다른 가스조성에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 버섯류에서 Hunter a-value와 b-value의 증가는 버섯의 갈변현상을 나타내는 지표로 이용될 수 있다. Hunter a-value와 b-value를 활용하는 chroma value의 경우 저장 12일 째 진공포장이 가장 변화폭이 낮았으며, 그 다음으로는 50:10과 50:20의 가스포장, passive MAP 및 25:10과 25:20의 가스충전포장의 순이었다. 또한 Hunter L, a, b값을 포함하는 종합색차에서는 저장기간 동안 진공포장이 색변화가 가장 억제된 반면 가스포장 중에서는 50:10의 조성이 진공포장 다음으로 색의 변화가 억제되는 것으로 나타났다. 따라서 팽이버섯의 유통 중 표면색 변화 억제방

법은 중량감소율의 경우와 유사하게 포장지 내부의 O₂농도 조절로 어느 정도 실현할 수 있으며 이를 위한 방법으로는 진공포장과 50:10의 가스충전포장이 우수한 결과를 보여주었다.

관능적 품질 평가

가스조성에 따른 가스충전포장과 진공포장 및 일반포장 방법이 팽이버섯의 저장성에 미치는 영향을 평가하고자 냄새, 색, 조직감 및 곰팡이의 발현 등에 대한 관능품위특성을 조사하였으며, 그 결과는 Table 3 및 Fig. 7과 같다.

진공포장방법은 저장 2일 내에 심한 이취가 발생하여 상품성을 소실하였으며 저장 5일째에는 줄기 하단부위에 심한 변색이 발생하기 시작하였고 점질물의 발생에 따라 조직감도 결착하여 상품성이 완전히 소실되는 특성을 나타내는 등 유통상의 여러 문제점을 노출하고 있었다. 팽이버섯을 CO₂가스 농도 50%와 25%에서 O₂농도를 10, 20%로 조합한 가스충전 포장의 경우에는 저장 9일까지 이취, 갈변, 조직감의 열화 및 곰팡이의 생육 등과 같은 문제가 나타나지 않았으나 12일 경에는 가스조성비에 따라 품질차이가 발생하였다. CO₂ 농도가 25%인 포장구에서는 저장 12일 경에 약간의 갈변과 더불어 신선 버섯과 다른 이취가 발생하였고 조직감의 연화 및 점질물 등과 함께 곰팡이가 발생하였다. 특히 25:20의 포장 버섯에서는 저장 7일경에 자루의 신장율이 높게 나타나 상품성을 소실하는 특성을 나타내었다. 그러나 농도가 50%인 처리구에서는 저장 12일 동안 이취나 변색이 일어나지 않았으나, 50:20의 조성에서는 곰팡이가 발생한 반면 50:10의 포장에서는 저장 12일 동안 상품성을 유지하는 효과가 발견되었다.

Table 2. Changes in color of Enoki mushroom packed with different packaging methods and gas ratios during storage at 1°C

	Vacuum	Passive	Gas (50:20:30)	Gas (50:10:40)	Gas (25:20:55)	Gas (25:10:65)	
L	80.73±0.1	80.31±0.1	80.73±0.1	80.73±0.1	80.73±0.1	80.73±0.1	
0	a	-1.21±0.2	-1.26±0.2	-1.21±0.2	-1.21±0.2	-1.21±0.2	-1.21±0.2
	b	10.18±0.1	11.12±0.1	10.18±0.1	10.18±0.1	10.18±0.1	10.18±0.1
L	78.24±0.1	77.09±0.1	81.44±0.1	78.5±0.1	80.14±0.1	77.13±0.1	
2	a	-1.56±0.4	-1.74±0.4	-1.63±0.4	-1.61±0.4	-1.62±0.4	-1.7±0.4
	b	8.9±0.2	10.38±0.2	12.74±0.2	9.16±0.2	12.3±0.2	11.25±0.2
L	82.34±0.1	77.77±0.1	79.61±0.1	79.16±0.1	79.64±0.1	19.6±0.1	
5	a	-1.25±0.1	-1.62±0.1	-1.73±0.1	-1.58±0.1	-1.51±0.1	-1.031±0.1
	b	10.23±0.2	9.16±0.2	11.92±0.2	10.53±0.2	10.57±0.2	9.32±0.2
L	81.12±0.3	78.81±0.3	77.09±0.3	79.21±0.3	80.4±0.3	78.75±0.3	
7	a	-1.48±0.2	-0.76±0.2	-1.98±0.2	-1.95±0.2	-1.45±0.2	-1.57±0.2
	b	10.52±0.3	12.17±0.3	10.91±0.3	9.62±0.3	9.51±0.3	11.15±0.3
L	81.89±0.2	81.68±0.2	80.4±0.2	78.49±0.2	78.48±0.2	80.44±0.2	
9	a	-1.54±0.2	-1.28±0.2	-1.46±0.2	-1.44±0.2	-1.14±0.2	-0.94±0.2
	b	10.25±0.1	8.68±0.1	11.47±0.1	9.9±0.1	10.48±0.1	11.09±0.1
L	79.58±0.1	78.18±0.1	76.89±0.1	78.19±0.1	75.82±0.1	76.75±0.1	
12	a	-1.82±0.3	-1.75±0.3	-2.37±0.3	-2.13±0.3	-0.59±0.3	-1.78±0.3
	b	11.12±0.1	12.23±0.1	11.81±0.1	11.75±0.1	12.67±0.1	12.44±0.1

¹⁾Figures in parenthesis referred to the ratio of mixed gas and placed in order of concentration of carbon dioxide, oxygen and nitrogen gas.

²⁾Values are mean±SD.

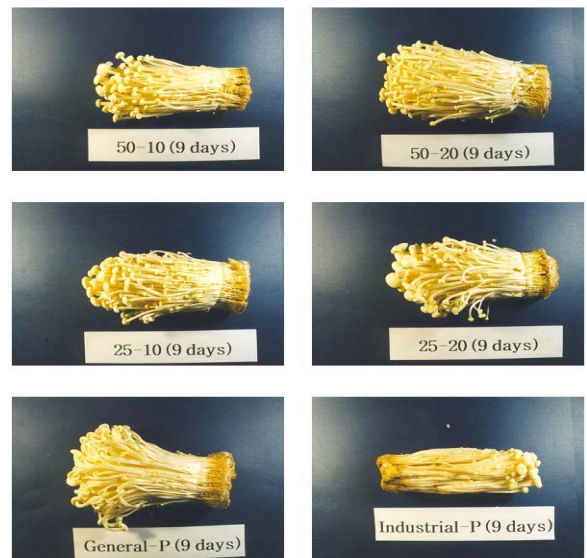


Fig. 7. Appearance of Enoki mushroom packed with different packaging methods after storage of 9 days at 1°C.

Figures in parenthesis referred to the ratio of mixed gas and placed in order of concentration of carbon dioxide, oxygen gas.

Table 3. Changes in sensory characteristics of Enoki mushroom packed with different packaging methods and gas ratio during storage at 1°C

Characteristics	Treatment ¹⁾	Storage days					
		0	2	5	7	9	12
Odor	VM	-	++ ²⁾	+++	+++	+++	+++
	PM	-	-	-	-	-	+
	AM(50:20:30)	-	-	-	-	-	-
	AM(50:10:40)	-	-	-	-	-	-
	AM(25:20:55)	-	-	-	-	-	++
	AM(25:10:65)	-	-	-	-	-	++
Color	VM	-	-	+	++	++	++
	PM	-	-	-	-	-	-
	AM(50:20:30)	-	-	-	-	-	-
	AM(50:10:40)	-	-	-	-	-	-
	AM(25:20:55)	-	-	-	-	-	++
	AM(25:10:65)	-	-	-	-	-	++
Texture	VM	-	-	+	+++	+++	+++
	PM	-	-	-	-	-	+
	AM(50:20:30)	-	-	-	-	-	-
	AM(50:10:40)	-	-	-	-	-	-
	AM(25:20:55)	-	-	-	-	-	++
	AM(25:10:65)	-	-	-	-	-	++
Moldiness	VM	-	-	-	-	-	+
	PM	-	-	-	-	-	+
	AM(50:20:30)	-	-	-	-	-	+
	AM(50:10:40)	-	-	-	-	-	-
	AM(25:20:55)	-	-	-	-	-	+
	AM(25:10:65)	-	-	-	-	-	+

¹⁾PM = passive MAP, VM= vacuum packaging; AM=active MAP. Figures in parenthesis referred to the ratio of mixed gas and placed in order of concentration of carbon dioxide, oxygen and nitrogen gas.

²⁾+++ : very bad , ++ : bad, + : normal, - :good.

요 약

팽이버섯의 선도유지를 위한 적정 포장방법을 구명하기 위하여 팽이버섯의 호흡특성과 필름두께에 따른 기체조성을 사전 조사한 다음 현행 포장방법인 일반필름포장(PM)과 진공포장(VM), 그리고 CO₂ 25%와 50%, O₂ 10%와 20%를 각각 혼합하여 충전한 가스포장(AM)을 1°C에서 12일 동안 저장하면서 선도유지특성을 비교하였다. 팽이버섯의 호흡 속도는 0°C에서 26.4 mL · CO₂/kg/hr, 10°C 80.0 mL · CO₂/kg/hr, 20°C에서 130.9 mL · CO₂/kg/hr, 30°C에서 173.5

mL · CO₂/kg/hr로 조사되었으며, 기체투과율이 좋은 LDPE 필름을 사용할 경우 40 및 60 μm 보다 20 μm의 두께가 저장 12일까지도 생육최저산소농도를 훨씬 상회하는 안정된 상태를 나타내었다. 따라서 팽이버섯을 20 μm의 LDPE 필름에 상기 각각의 포장방법을 적용하여 저장한 결과 AM에서는 고농도의 CO₂에 의한 호흡을 억제효과가 있었으며 진공포장을 제외한 모든 포장방법에서 저장 종료시점(12일)까지도 혐기적 호흡의 발생우려는 없었다. 중량감소율과 표면색은 O₂가 없는 VM에서 가장 억제되었으나 산소 함유 포장방법 중에서는 50:10(%CO₂:%O₂)의 AM이 가장 우수한 억제력을 나타내었다. 그러나 VM은 저장 2일경 심한 이취발생으로, PM은 저장 5일 경 높은 자루의 신장율로 상품성을 소실한 반면 AM의 여러 가스조성 중 50:10의 비율이 저장 12일 동안 이취, 변색 및 곰팡이 발생 등이 발생하지 않으면서 상품성을 유지하는 효과가 가장 높게 나타났다.

참고문헌

1. Chang, S.T. and Miles, P.G. (1989) Edible Mushrooms and Their Cultivation CRC press, p.335
2. Bartlett, D. I. and Farthing, J. G. (1985) Rapid cooling of mushrooms in market containers. Mushroom J., 154, 349-354
3. Gormley, T. R. (1975) Chill storage of mushrooms, J. Sci. Food Agric., 26, 401-411.
4. Rajarathnam, S., Bano, Z. and Patwardhan, M. V. (1983) Post-harvest physiology and storage of the white oyster mushroom *Pleurotus flabellatus*. J. Food Technol., 18, 153
5. Burton, K. S., Frost, C. E. and Atkey, P. T. (1987) Effect of vacuum cooling on mushroom browning. Int. J. Food Sci. Technol., 22, 599-606
6. Roy, S., Anantheswaran, R.C and Beelman, R.B. (1995) Fresh mushroom quality affected by modified atmosphere packaging, J. Food Sci., 6092, 334-340
7. Ji, J.H, Ha, T.M and Kim Y.H (1995) The experiment for improvement of shelf-life of mushrooms, The report of rural development administration research experiment, MONO1199603918 p678
8. Hwang, S.B (1995) Effect of storage temperature on physicochemical properties of enoki mushroom (*Flammulina velutipes*), Sook-Myung Journal Science Better Living, 167-184
9. Fuli, T.(1995) Advantages of modified atmosphere packaging and its history (in Japanese). Nippon Suisan Gakkaishi, 61, 89-90

10. Lee, S. E., Kim, D.M. and Kim, K.H.(1991) Change in quality of shiitake mushroom(*Lentinus edodes*) during modified atmosphere(MA) storage. J. Korea Soc. Food Nutr., 20, 133-138
11. Young, L.L., Reviere, R.D. and Cole, A.B. (1988) Fresh red meat: A place to apply modified atmosphere. J. Food Technol., 9, 65-69
12. Kader, A.A. (1985) Postharvest biology and technology An overview, In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. The Regents of the University of California, Division of Agriculture and Natural Resource, CA, USA, p.3-8
13. Warwick, M.G. and Tsureda, A. (1997) The interaction of the soft rot bacterium *Pseudomonas gladioli* pv. *agaricicola* with Japanese cultivated mushrooms. Can. J. Microbiol., 43, 639-648
14. Han, D.S., Han, B.H. and Shin, H.K. (1992) Modified Atmosphere storage for extending shelf life of oyster mushroom and shiitake. Korean J. Food Sci. Technol., 24, 376-381
15. Barron, C., Varoquaux, P., Guilbert, S., Gontard, N. and Gouble, B. (2001) Modified atmosphere packaging of cultivated mushroom with hydrophilic films. J. Food. Sci., 66, 251-255
16. Stefan, T.M. and Beelman, R.B. (1996) Growth and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* in fresh packaged mushrooms. J. Food Protec., 59, 819-826
17. McGary, A. and Burton, K.S. (1994) Mechanical properties of the mushroom, *Agaricus bisporus*. Mycol. Res., 98, 241-245
18. Anantherswaran, R.C. and Beelman, R.B. (1995) Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. J. Food Sci., 60, 334-340
19. Juan, C.E., Jolivet, S. and Wichers, H.J. (1998) Inhibition of mushroom polyphenol oxiase by agaritine. J. Agric. Food Chem., 6, 2976-2980

(접수 2008년 10월 23일, 채택 2009년 2월 27일)