

환경가스조절 저장방법을 이용한 느타리버섯과 표고버섯의 유통기간 연장

한대석·안병학·신현경*

한국식품개발연구원, *한림대학교 식품영양학과

Modified Atmosphere Storage for Extending Shelf Life of Oyster Mushroom and Shiitake

Daeseok Han, Byung-Hak Ahn and Hyun-Kyung Shin*

Korea Food Research Institute

*Department of Food Science and Nutrition, Hallym University

Abstract

In order to study the effect of modified atmosphere storage on extending shelf life of mushrooms, oyster mushroom and Shiitake were wrapped with polyethylene film (PE, 50 μ m), and stored at 0.5°C. Mushrooms packed with conventional hardboard box (4 kg) lost marketability within 5~6 days due to weight loss, shrinkage, browning, spore formation and/or mycellium growth. PE-packing could prevent or retard the deterioration of the mushrooms in the aspects of appearance, texture, discoloration, and microbial contamination. This situation can be best characterized by the reduced respiration rate resulted from the elevated level of carbon dioxide and the reduced level of oxygen in the bag. Although the appearance of the oyster mushroom was maintained for one month, its shelf life was limited to 15 days because of tissue softening. Discoloration of the pileus of shiitake mushroom appears to be the most important factor to determine its marketability. For example, extension of shelf life of Dongo was limited to 15 days, principally due to the browning of the pileus. Shelf life of Hawgo whose color of the pileus changed little over the experimental period, however, could be extended to more than one month.

Key words: modified atmosphere, fungi edible, shiitake, oyster mushroom

서 론

90년도 우리나라에서 생산된 주요버섯은 느타리버섯 43,732톤, 양송이 10,281톤, 표고버섯 1,648톤, 송이버섯 945톤 등이었으며 이중 느타리버섯 1,000톤, 양송이 13톤, 표고버섯 1,056톤, 송이버섯 835톤이 일본 등지로 수출되었다⁽¹⁾. 이는 버섯류가 산간지 인근 재배농가의 커다란 소득원이며 우루과이라운드(UR) 농산물협상 타결에 따른 농산물 완전수입개방 시대에도 국제 경쟁력이 있는 품목임을 시사하고 있다. 우리나라에서는 목재부산물, 볏짚, 폐면 등 저가 기질을 이용한 버섯의 인공재배 기술이 발달되어 왔으나 재배사에 대한 투자가 미흡하여 온도와 습도를 조절함으로써 버섯 발생량을 조절할 수 있는 시설이 갖추어져 있지 않다. 따라서 버섯 발생량이 기후조건에 따라 좌우되기 때문에 계절 또는 일기에 따라 홍수출하가 생기며 이에 따른 품질저하와 가격하락의 문제점이 있다. 이런 문제를 해결하기 위하여는 일시적

과잉생산시 출하조절용 전처리 또는 저장기술의 발굴과 보급이 요구된다.

버섯은 수확 후 호흡과 대사작용이 일반 과실, 채소류보다 왕성하여 이산화탄소 발생량이 20°C 에서 200~500 mg CO₂/kg/hr⁽²⁾에 달함으로써 증량감소가 빠르고 외관이 수축되며 호흡열로 인한 품온 상승으로 변색 및 미생물의 번식 등 품질저하가 급속하게 일어난다. 수확 후 품온을 신속히 낮추는 방법으로 진공냉각⁽³⁾ 방식이 있으나 이는 설비투자가 과다하여 현실성이 없고 유통기간 중 품질저하를 억제하기 위하여 저온 시스템에서 보관, 수송이 이루어져야 할 필요성이 크지만 현재 우리의 재배농가와 중간수집상에서는 실현이 어려운 실정이다.

한편, 생과일 및 채소류를 적절한 공기투과성을 갖는 필름으로 밀폐하면 호흡에 의해 포장내 산소가 소비되고 이산화탄소가 생성되어 저장에 유리한 환경가스조성이 만들어지는 환경가스조절(modified atmosphere, MA) 저장방법⁽⁴⁾이 양송이⁽⁵⁾ 등 버섯의 저장에도 유용하다는 연구결과가 보고되어 있으며 또한 표고버섯⁽⁶⁾의 경우에는 이산화탄소와 산소농도가 저장중인 버섯의 생리적 현상에 미치는 영향에 관한 연구결과가 보고되어 있다.

Corresponding author: Daeseok Han, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun, Bundang, Seongnam, Kyunggi 463-420, Korea

본 연구에서는 국내에서 재배량이 가장 많은 느타리버섯과 표고버섯의 유통기간 연장 방안으로 폴리에틸렌(polyethylene, PE) 필름으로 느타리버섯과 표고버섯을 밀폐 포장한 후 저장시일에 따라 가스조성, 중량감소, 경도, 색 등 버섯의 품질지표를 측정하여 MA저장이 이들 버섯류의 유통기간에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 버섯은 산지에서 당일 오전에 채취한 것을 구매하여 사용하였는데 표고버섯(*Lentinus edodes*)은 경기도 양주군 주내면 소재의 우영버섯 농장에서 구입한 것으로 일본산 290호 동고 또는 화고를 사용하였다. 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)은 경기도 포천군 군내면 직두리 소재의 포천종균배양소에서 구입한 것으로 품종은 원형이었다.

버섯류의 MA 저장용 PE 필름은 서울 방산시장에서 구입한 것으로 두께는 50 μm였으며 (주)서통에서 ASTM F-372방법에 따라 분석한 이 필름의 수증기 투과도는 12.0 g/m²/day였으며 ASTM D-3985방법에 따라 분석한 산소투과도는 75,000 ml/m²/day였다.

버섯의 저장

느타리버섯 또는 표고버섯은 소비자가 1회 구매할 때 적정 규격이라고 생각되는 약 200g씩을 가로 20 cm, 세로 20 cm 크기의 PE bag에 담아 0.5°C 에서 저장하였다. 이는 온도가 MA 저장 효과에 미칠 수 있는 영향을 최소화하고 저장실에서 버섯의 동결이 일어나지 않는 최저온도이었다. 실험의 대조구로는 현재 버섯류의 유통에 사용되고 있는 4 kg들이 골판지 상자에 버섯을 담아 0.5°C 에서 저장한 것을 사용하였다.

품질지표와 분석

MA 저장 중 포장대 내의 가스조성 변화는 GC(Varian Model Vista 6000, USA)로 분석하였다⁽⁷⁾. 포장대 내의 공기를 gas-tight 주사기로 정확히 2 ml를 취하여 직접 GC에 주입하여 분석하였고 검출기는 thermal conductivity detector였다. 사용한 컬럼은 60~80 mesh의 molecular sieve 5A를 충전한 SS컬럼(1.8m×2 mm i.d.)과 80~100 mesh의 Porapak N을 충전한 SS컬럼(0.9m×2 mm i.d.)을 병렬로 연결하여 사용하였고 오븐온도는 65°C 였으며 운반기체로 헬륨을 사용하였는데 유속은 30 ml/min이었다. 기체의 조성비는 GC에 연결된 data system으로부터 얻은 피크의 면적비로 계산하였는데 이 방법으로 공기를 분석하면 산소와 질소의 면적비가 21.1 : 79.9이었다.

저장 중인 버섯의 무게변화는 저장 초기 중량에 대한 저장 중의 감량분을 백분율로 나타냈다.

버섯의 연화를 추정할 수 있는 지표로 삼은 경도(firm-

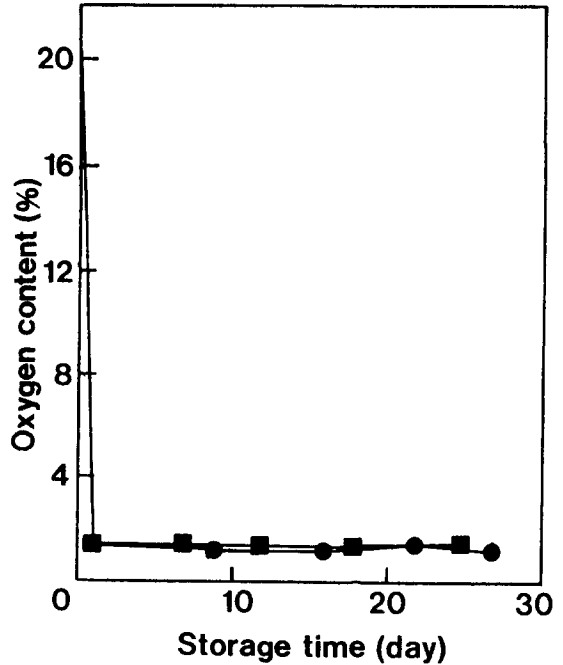


Fig. 1. Changes of oxygen content inside polyethylene packages containing oyster mushroom(■) and Shiitake (●) during the storage at 0.5°C

ness)는 Sun Rheometer(Model CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)로 측정하였다. 각 버섯의 자루 중간부분을 갖과 자루방향에 직각으로 절단하여 지름 11 mm, 깊이 5 mm의 원형 수기에 맞게 넣고 지름 5 mm의 경도측정용 진입탄성봉을 100 mm/sec의 속도로 상부에서 3 mm 깊이까지 삽입되었을 때 나타나는 힘을 kg으로 표시하였다. 시료는 12회 측정하여 최대값과 최소값을 제외한 나머지의 평균값으로 경도를 결정하였다.

저장 중인 버섯의 품질변화 요인인 색은 Hunter Lab Color/Difference Meter D25(Hunter Associates Laboratory, USA)로 명도(L value)와 황색도(b value)를 측정하였다. 표고버섯은 갖의 색을 측정하였고 느타리버섯은 자루 표면의 색을 측정하였다.

결과 및 고찰

표고버섯과 느타리버섯 약 200g씩을 PE 필름으로 포장하여 포장대 내 빈 공간을 최소화하여 밀봉한 후 0.5°C 에서 저장하면서 산소 및 이산화탄소 함량변화를 분석한 결과를 Fig. 1과 2에 나타냈다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 산소함량은 포장 하루만에 약 1.3%까지 급격히 낮아졌으며 저장 27일 동안 표고버섯은 1.0%, 느타리버섯은 1.3% 수준에서 안정적으로 유지되었다. 이는 이미 알려진 대로 버섯류의 호흡속도가 빨라 투과된 산소가 즉시 소모되기 때문으로 생각된다⁽²⁾.

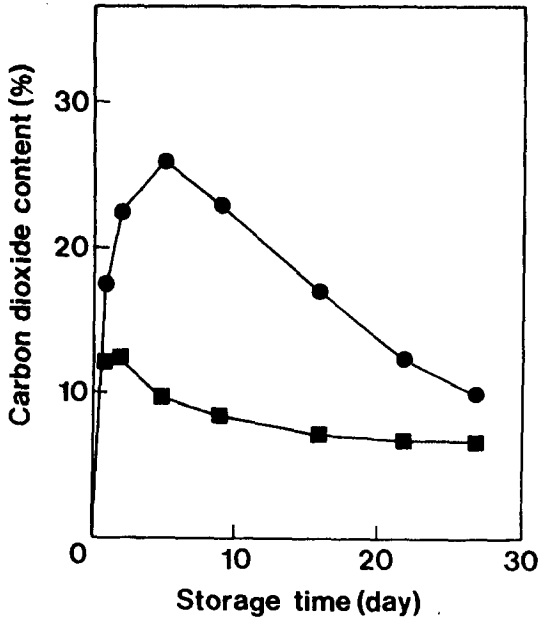


Fig. 2. Changes of carbon dioxide content inside polyethylene packages containing oyster mushroom(■) and Shiitake(●) during the storage at 0.5°C

이들 버섯류의 MA 저장 중 유지된 산소농도 1.0~1.3% 수준은 Kader와 Moris⁽⁸⁾가 요약한 바 있던 버섯류가 정상적인 호기호흡을 유지하는데 필요한 최저 산소농도에 달하는 낮은 수준이었고 일반적으로 식물체의 호흡 속도는 산소농도에 비례한다는 점을 고려하면 이는 버섯의 호흡속도를 상당히 둔화시켜 저장성을 향상시킬 수 있는 결과로 판단된다. 그러나, 산소농도 1~3% 수준에서는 식물체가 에너지를 얻는 경로가 Krebs cycle에서 glycolytic pathway로 전환되고 이때는 아세트알데히드와 이산화탄소, 궁극적으로는 알코올이 생성된다고 알려져 있다. 실제로 MA 저장된 버섯을 개봉하면 알코올발효취가 탐지되어 버섯 조직의 일부가 호기호흡에서 혐기호흡으로 전환되었음을 시사하였다. 이 발효취는 포장 개열 후 자연적으로 소멸되므로 소비에 문제가 되지는 않았다.

표고버섯 포장대 내의 이산화탄소 농도는 Fig.2에서와 같이 밀봉 직후 급격히 상승하여 하루만에 18%에 도달하였고 저장 5일 후 26%를 정점으로 점차 감소하는 경향을 보였다. 느타리버섯의 경우에도 저장 하루만에 12%에 도달한 후 서서히 감소하여 저장 25일까지 6.3%로 낮아졌다. Black currant⁽⁹⁾, 망고⁽¹⁰⁾, citrus 과일⁽¹¹⁾ 등이 이산화탄소 농도 10%에서 알데히드와 에탄올을 축적하는 점을 고려하면 표고와 느타리버섯은 이산화탄소 내성이 강한 것으로 판단된다.

저장 중인 식물체의 중량감소는 판매가능한 물량의 감소라는 손실 이외에도 수축으로 인한 외관의 변형 또는 조직감 변화에 따른 상품가치 하락과 영양분의 감소

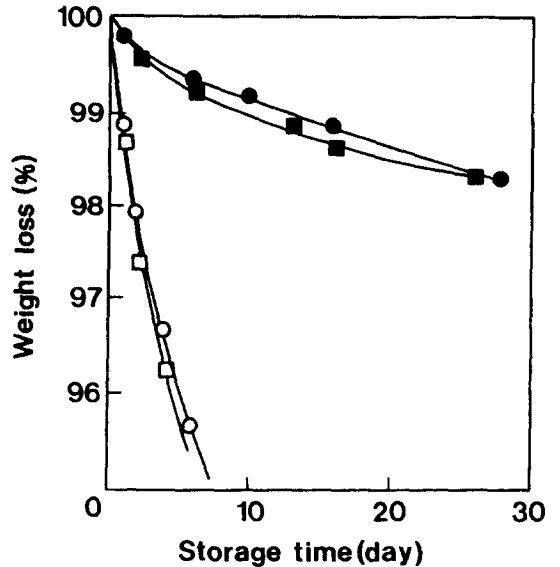


Fig. 3. Weight loss of oyster mushroom(rectangle) and Shiitake(circle) during the storage at 0.5°C

Closed and open symbols are the weight loss of mushrooms in polyethylene package(200g) and in conventional hardboard box(4 kg), respectively

때문에 품질이 열악해지는 커다란 원인이 되고 있다. 채래식 골판지 상지에 4kg씩 넣어 저장한 표고와 느타리버섯(대조구)과 MA 저장버섯의 저장기간에 따른 중량감소를 살펴보면(Fig.3), 대조구의 표고와 느타리는 저장 24시간 후에 각각 1.1%와 1.3%씩 중량이 감소되었으며 저장 5일만에 각각 4.0%와 4.3%의 중량이 감소되었다. 이는 90년도 표고 총생산량 1,648톤과 환관당 평균가격 18,000원을 고려하면 금액으로 3억2천만원에 달하는 손실이며, 느타리버섯 총생산량 43,732톤과 환관당 평균가격 10,000원을 고려하면 금액으로 50억원에 달하는 막대한 손실이다.

대조구 버섯의 중량이 급속히 감소한 점은 주변환경의 산소농도가 높아 호흡에 따른 이화작용 보다는 단순히 생체 버섯 내의 수분이 표피로 확산 증발되었기 때문으로 판단된다. 한편 MA 포장구에서는 저장 26일 후에도 중량감소가 1.5~1.6%에 불과하여 손실이 극히 적었으며 이에 따라 표피수축으로 인한 외관의 손상이 전혀 발견되지 않았다. 포장대 안면에는 많은 응축수가 발견되었는데 이로 미루어 볼 때 포장대 상대습도가 높아 버섯 조직으로부터 수분 증발이 억제된 것으로 생각되며 포장대의 변형된 가스조성이 호흡을 억제하여 MA 저장구의 중량감소가 낮았던 것으로 판단된다. 이러한 결과는 양송이의 MA 저장에서도 발견된 바 있다⁽¹²⁾.

Fig.4에는 저장기간에 따른 버섯 자루의 경도변화를 표시하였다. 이 결과는 각 측정지의 일반적인 표준편차가 ±25% 수준으로 개체 차이가 매우 컸기 때문에 특정한

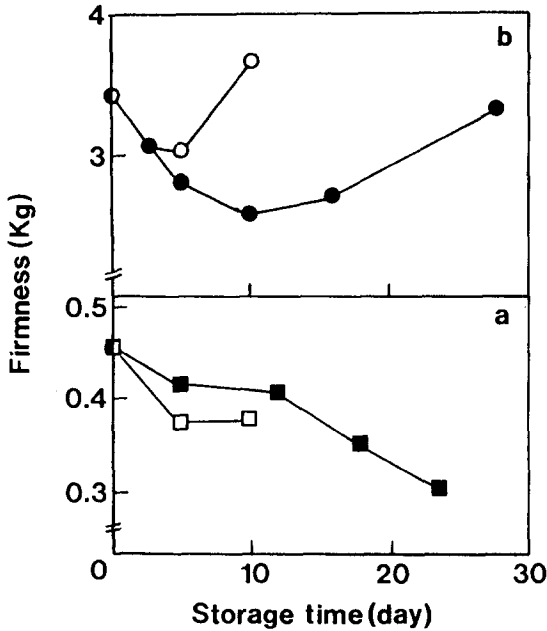


Fig. 4. Changes of firmness of the stalk of oyster mushroom(a) and Shiitake(b) during the storage at 0.5°C
Refer the legend of Fig.3 for the meaning of symbols

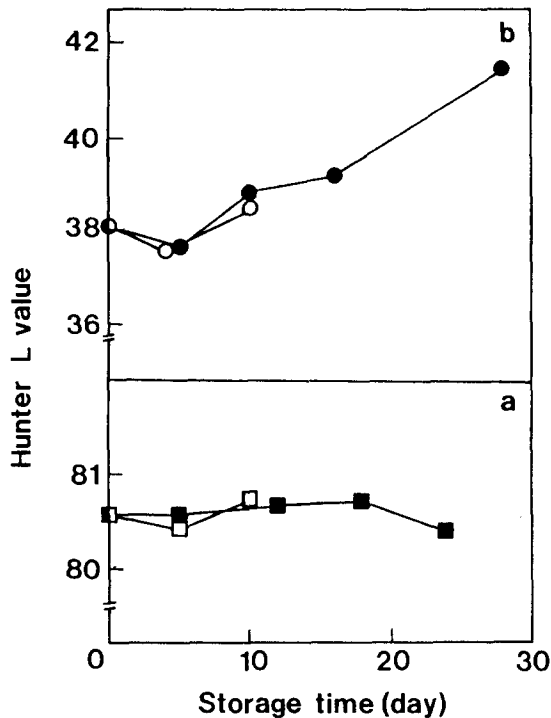


Fig. 5. Changes of lightness of the stalk of oyster mushroom(a) and the pileus of Shiitake(b) during the storage at 0.5°C
Refer the legend of Fig.3 for the meaning of symbols

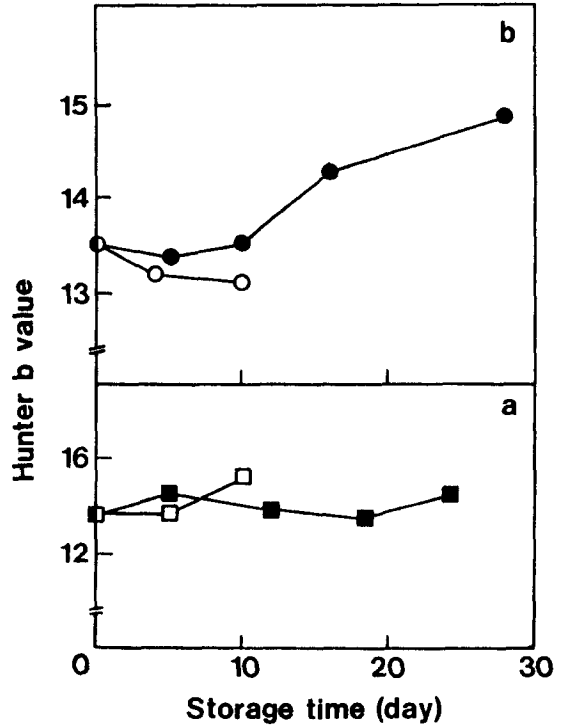


Fig. 6. Changes of yellowness of the stalk of oyster mushroom(a) and the pileus of Shiitake(b) during the storage at 0.5°C
Refer the legend of Fig.3 for the meaning of symbols

측정치 보다는 경도의 변화 경향이 의미를 지닌다고 생각된다. 대조구에서 표고의 경우에는 자루의 초기경도가 3.4 kg에서 저장 5일 후 3.1 kg으로 약간 감소되었으나 이후에는 경도가 오히려 증가하는 경향을 보였으며, 느타리 경우에도 초기경도 0.45 kg에서 저장 5일 후 0.37 kg으로 감소된 이후에는 경도의 가시적인 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 버섯의 경도변화가 호흡에 기인한 이화작용에 의해 연화되는 현상과 수분증발에 따른 조직 경화현상이 복합적으로 나타난 현상으로 풀이된다. PE 포장구 표고조직의 경도는 저장 10일까지 2.8 kg으로 감소되었으며 이후에는 다시 점증하는 양상을 보였으나 대조구 보다는 경도가 낮았다. Controlled atmosphere 저장과 MA 저장에서 이산화탄소 농도가 높아지면 이는 산과⁽¹³⁾, 양다래⁽¹⁴⁾를 비롯한 과채류의 조직연화를 억제하여 품질유지에 기여한다고 알려져 있으나 본 실험에서 MA 저장구 표고의 경도가 대조구보다 낮은 점은 앞에서 언급한대로 대조구의 경우 수분증발에 따른 조직 경화현상 때문으로 풀이된다.

PE 포장구 느타리 조직의 경도는 저장 초기부터 시간이 경과함에 따라 계속 감소하여 저장 25일 후에는 약 0.3 kg 수준으로 연화되었다. 기계적 경도 측정치와 느타리버섯의 상품성과의 상관관계에 대한 연구결과

없지만 본 연구진들과 버섯 재배농가의 견해에 따르면 느타리의 기계적 경도 측정치 약 0.35 kg 이하에서는 상품성이 별로 없는 것으로 판정되었다.

다음으로 버섯의 또다른 품질지표인 색 변화를 살펴 보면, 표고버섯 대조구에서는 저장초기에 명도를 나타내는 L값이 약간 감소하여 황변현상이 발생하였으나 저장 10일 후에는 명도가 오히려 약간 증가된 값을 보였으며 황색도를 나타내는 b값은 저장시간에 따라 약간 감소하였다(Fig. 6과 7). 이 이유는 표고 갓의 초기 색깔은 짙은 갈색이었으나 저장기간이 오래될수록 포자가 발생하여 갓을 뒤덮으면서 명도가 높아졌기 때문이다.

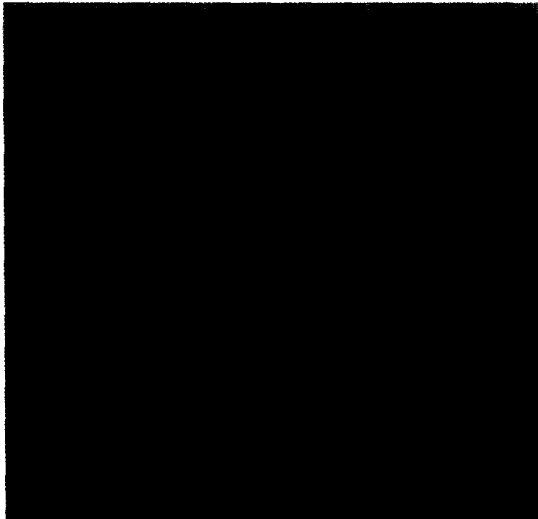


Fig. 7. Photograph of oyster mushroom after 10 days of storage in hardboard box(A) and in polyethylene film (B)

MA 저장구에서는 저장 5일 후부터 명도가 점증하였는데 이는 갓의 색이 점진적으로 노랗게 변하는 황변현상 때문이었고 이에 따라 황색도 역시 초기보다 증가되었다. 갓의 황변은 동고에서는 저장 약 15일 후부터 명확하게 관찰되었으나 화고의 경우에는 황변현상이 없어 명도와 황색도 변화를 관찰할 수 없었다.

느타리버섯의 경우에는 대조구에서 저장 10일 동안 자루 표면의 명도변화가 거의 탐지되지 않았고 황색도는 저장 10일 후부터 증가하였다. 이는 표면 일부에서 일어나는 황변 때문이었다. MA 저장구에서는 저장 24일 동안 명도와 황색도 변화가 거의 없이 초기의 색도가 유지되어 색 변화는 MA 저장 느타리의 품질지표가 되지 못하였다.

Fig. 7과 8은 느타리버섯을 10일간, 표고버섯을 14일간 저장한 후 촬영한 사진이다. 느타리버섯의 경우에 대조구는 자루의 황변이 심하였고 갓의 일부에 균사가 성장하여 회계 덮이기 시작하는 것을 관찰할 수 있었으나 MA 저장구는 외관의 변화가 별로 없어 아직 상품가치가 유지되고 있음을 알 수 있었다. 대조구의 표고는 갓 표면이 건조한 상태였고 과도한 수분증발로 갓 안쪽의 주름이 붕괴된 것을 볼 수 있으며 또한 저장 10일째부터는 포자가 발생하여 갓이 회계 덮이기 시작하였고 일부 버섯에는 푸른 곰팡이가 오염되었다. 그러나, MA 저장구의 표고는 갓의 색 변화가 없고 주름도 완벽하게 보존되어 있어 상품가치가 유지되고 있음을 볼 수 있었다.

이상의 결과를 요약하면, 느타리버섯의 경우 대조구는 저장 6일 후부터 자루의 표면이 백색에서 노란색으로 변색되었고 저장 9일부터는 균사가 성장하였고 이러한 점을 고려한 유통기간은 5~6일로 판단된다. PE 포장구의 느타리는 저장 24일 후에도 중량감소가 1.6%에 불과하였고 수축과 색 변화가 거의 없어 외관상 유통



Fig. 8. Photograph of Shiitake after 14 days of storage in hardboard box(A) and in polyethylene film(B)

기간은 길어 보였으나 조직 연화현상을 고려할 때 유통가능 기간은 15~16일로 판단된다. 재래식 골판지 상자에 4 kg씩 포장된 표고버섯은 주름의 수축으로 인한 외관변화, 포자생성, 갓의 퍼짐 여부가 유통기간 결정에 중요한자가 되며 연구자들의 판단한 유통기간은 약 6일 정도였다. 그러나, MA 저장구의 유통기간 결정에는 갓의 황변이 가장 중요한 인자라고 판단되며 동고의 경우 저장 15일부터 갓의 색이 짙은 갈색에서 황색으로 퇴색하기 시작하여 상품가치가 저하되어 유통가능 기간은 15일 정도였으며 화고는 저장 30일 후에도 전혀 갓의 색 변화가 없어 유통가능 기간이 4주 이상이었다. 이 기간은 재배농가에서 출하조절에 필요한 시간을 충분히 확보할 수 있는 기간으로 판단된다.

요 약

버섯의 유통기간을 연장하기 위한 방법으로 환경가스 조절(modified atmosphere, MA) 저장의 효과를 조사하기 위하여 표고버섯과 느타리버섯을 두께가 50 μm인 폴리에틸렌 필름으로 포장한 후 0.5°C에서 저장하였다. 재래식 골판지 상자에 4 kg씩 포장된 대조구 버섯은 수분증발, 외관수축, 변색 및 균사발생으로 인하여 유통기간이 5~6일에 불과하였다. MA 저장구의 버섯은 저장 4주 후에도 중량감소가 1.6~1.7%로 낮아 갓 안쪽 주름의 변형이 없었고 갓이 퍼지지도 않았으며 변색도 거의 없었는데 이는 포장내 습도가 포화상태로 유지되고 포장내 산소가 1.0~1.3%, 이산화탄소가 10% 이상으로 유지되어 버섯의 호흡이 억제되었기 때문으로 생각된다. MA 저장 느타리버섯은 조직연화가 품질을 결정하는 가장 중요한 요인이었으며 이를 기준으로 판단한 유통기간은 15일 정도였으며 MA 저장 표고버섯은 갓의 황변이 품질저하의 가장 중요한 요인이었으며 이를 기준으로 판단한 동고의 유통기간은 15일, 화고의 유통기간은 30일 이상이었다.

감사의 말

이 연구는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 지원으로 이루어졌습니다.

문 헌

1. 한국농촌경제연구원 : 1990년도 식품수급표(1991)
2. 南出 降久, 坦生 俊夫, 緒方 邦安 : 數種キノコ類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, 17(1980)
3. 二村 馨 : 真空技術の食品への應用. 最先端食品加工技術, 木村 進, 龜和田 光男 監修, CUC シ-エムシ-, 東京, 日本, p.65(1985)
4. Kader, A.A., Zagory, D. and Kerber, E.L.: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 28, 1(1989)
5. Nichols, R. and Hammond, J.B.W.: The relationship between respiration, atmosphere and quality in intact and perforated mushroom pre-pack. *J. Food Technol.*, 10, 427(1975)
6. 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(CO₂)ならびに酸素(O₂)濃度の影響. 日本食品工業學會誌, 27, 505(1980)
7. Brian, T.: Fundamentals of gas analysis by chromatography. Varian Associates Inc., California, U.S.A., p.35 (1977)
8. Kader, A.A. and Morris, L.L.: Relative tolerance of fruits and vegetables to elevated CO₂ and reduced O₂ levels. *Michigan State Univ. Hort. Rep.*, 28, 260 (1957)
9. Smith, W.H.: Accumulation of ethyl alcohol and acetaldehyde in black currants kept in high concentration of carbon dioxide. *Nature*, 179, 876(1957)
10. Lakshminarayana, S. and Subramanyam, H.: Carbon dioxide injury and fermentation decarboxylation in mango fruit at low temperature storage. *J. Food Sci. Technol.*, 7, 148(1970)
11. Davis, P.L., Roe, B. and Bruemmer, J.H.: Biochemical changes in citrus fruits during controlled atmosphere storage. *J. Food Sci.*, 38, 225(1973)
12. Saxena, S. and Rai, R.D.: Storage of button mushrooms(*Agaricus bisporus*): The effect of temperature, perforation of packs and pretreatment with potassium metabisulphite. *Mush. J. Tropics*, 8, 15(1988)
13. Knee, M.: Physiological responses of apple fruits to oxygen concentration. *Ann. Appl. Biol.*, 96, 243(1980)
14. Arpaia, M.L., Mitchell, F.G., Kader, A.A. and Mayer, G.: Effects of 2% O₂ and varying concentration of CO₂ with or without C₂H₄ on the storage performance of kiwifruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 110, 200(1985)

(1992년 5월 27일 접수)