

저장 온도와 포장재에 따른 느타리버섯의 MA 저장 중 품질변화

최미희 · 김건희*

덕성여자대학교 식품영양학과

Quality Changes in Oyster Mushrooms during Modified Atmosphere Storage as Affected by Temperatures and Packaging Materials

Mi-Hee Choi and Gun-Hee Kim*

Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University

Modified atmosphere packaging was applied to oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) to study the effect of storage temperatures and packaging materials. Whole mushrooms (200 g) were packaged with polyethylene film (PE, 60 μm thickness), ethylene vinyl acetate (EVA), or ceramic film (containing 5% zeolite) and stored at 0, 5, 10 and 20°C. Weight loss, color, firmness, gas composition (O₂, CO₂) inside the film package and ethanol content in the tissue of MA packaged mushrooms were examined. Mushrooms that were packed unwrapped in a conventional hardboard box (2 kg) lost marketability at a very early stage of storage due to weight loss, shrinkage, browning, and spore formation. During storage, film packaging prevented or retarded the deterioration of the mushrooms in the aspects of appearance, texture, and discoloration. Firmness slightly decreased with storage time. Total color difference was much higher in the control than in the film-packaged mushrooms and rapidly increased at the early of storage. Correlation analysis showed a high correlation between total color difference and b values. These results were characterized by the reduced respiration rate resulting from elevated carbon dioxide and reduced oxygen levels in the package. At all storage temperatures, ethanol content in the tissue increased slightly at the early part of storage and rose considerably towards the end of the storage period. Ethanol content in the oyster mushrooms was higher in the stipe than in pileus tissues. The shelf life of the oyster mushrooms was about 8~11 days at 0°C, about 4~6 days at 5°C, about 2~3 days at 10°C, and about 1~2 days at 20°C.

Key words: oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, modified atmosphere packaging, EVA film, off-flavor

서 론

버섯은 영양소가 골고루 함유되어 있고 독특한 맛과 향기를 가지고 있어 오래 전부터 식용으로 널리 이용되어 왔으며, 근래에는 약리학적 측면에서의 연구 결과로 여러 가지 영양성분⁽¹⁻³⁾ 및 약효성분⁽⁴⁻⁷⁾이 밝혀지면서 무공해 건강식품으로 각광받고 있다. 현재 우리나라에서는 느타리, 양송이, 표고, 영지, 팽이버섯 등 12종이 인공 재배되고 있으며, 이들 버섯 중 총 생산량의 80% 이상을 차지하고 있는 느타리버섯과 팽이버섯이 생으로 유통되고 있는 주종을 이루고 있다⁽⁸⁾. 버섯은 수확 후 호흡과 대사 작용이 일반 과실이나 채소보다 왕성하여 중량감소가 빠르고, 변색 및 미생물의 번식 등 품질 저하가 급속하게 일어남에도 불구하고 산지 처리 시

설이 부족한 우리나라의 대부분의 농가는 느타리버섯의 경우 선별과 다듬기 작업을 거쳐 대부분 2 kg 또는 4 kg의 골판지 상자에 포장하여 출하시킴으로써 품질저하와 그로 인한 가격하락의 문제점 등이 발생하고 있다⁽⁹⁾.

버섯의 선도 연장을 위한 방법으로 감마선 조사, CA(controlled atmosphere) 저장, MA(modified atmosphere) 저장, 냉동 방법 등이 제시되고 있으며, 특히 MA 저장 방법은 다른 저장법에 비해 설비투자에 대한 경제적 부담이 비교적 적고, 양송이, 표고버섯의 저장에도 유용하다는 연구결과가 보고된 바 있다⁽¹⁰⁻¹³⁾.

본 연구에서는 느타리버섯의 유통기간 연장 방안으로 MA 저장에 다양한 저장 온도와 포장재를 적용해봄으로써 저장 조건에 따른 느타리버섯의 생리특성을 구명해보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 느타리버섯은 충남 연기군에서 2001년 3월에 수확하여 2 kg 골판지 상자에 포장한 것을 구입하였으

*Corresponding author : Gun-Hee Kim, Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, 419 Ssangmun-dong, Tobong-gu, Seoul 132-714, Korea
Tel: 82-2-901-8496
Fax: 82-2-901-8372
E-mail: ghkim@duksung.ac.kr

며, 구입 즉시 버섯의 일부 조직이 파손된 것을 제외하고 갖의 지름 2.5~5.0 cm, 기둥 길이 4.0~9.0 cm의 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

포장 및 저장

포장 필름으로는 폴리에틸렌 필름(60 µm: PE), 제조과정에서 5% zeolite를 첨가한 세라믹 필름(60 µm: Ceramic), 에틸렌 비닐 아세테이트 필름(60 µm: EVA)을 사용하였다. 각각의 필름은 25×34 cm 크기로 절단한 다음 열접착하여 봉투 형태로 만들었으며 선별한 느타리버섯을 약 200 g(200±2 g) 씩 넣은 후 열접착으로 밀봉하여 각각 0, 5, 10와 20°C 저장고(70% RH)에 저장하였다. 대조구는 산지에서 구입해온 2 kg 골판지 상자 포장을 그대로 사용하였다.

필름 내 기체조성 변화

저장 기간동안 온도와 필름 종류에 상관없이 포장 직후와 저장 1일 후의 O₂와 CO₂ 함량을 공통적으로 측정하였고, 저장 2일 후부터는 저장 온도에 따라 측정 시기를 달리하여 필름 내부의 기체 조성 변화를 알아보았다. gas-tight 주사기를 사용하여 각 처리구에서 공기를 1mL씩 채취하여 GC에 주입한 다음 이로부터 얻어진 크로마토그램으로 기체 조성을 계산하였다. GC(HP 6890 series GC system, USA) 분석조건은 detector: TCD, column: active carbon(60~80 mesh, Alltech CO.), column temp.: 70°C, injector temp.: 120°C, detector temp.: 150°C, carrier gas: He(30 mL/min)이었다.

품질변화

중량손실률은 초기 중량을 기준으로 저장 후 중량을 측정하여 얻은 중량손실률 백분율(%)로 나타내었다. 경도 측정은 직경 5 mm의 원형 probe가 부착된 texture analyzer(TA-XT2, England)를 이용하여 firmness를 측정하였다. 각각의 처리구에서 시료를 취한 다음 기둥(stipe)의 중앙부위를 2 cm 길이로 잘라 plate위에 올려놓고 probe를 20 mm/s의 속도로 표면으로부터 strain 60% 깊이까지 삽입할 때 나타나는 조직의 저항값을 N으로 나타내었다. 색도는 기둥의 일정 부위를 색차계(Minolta CR-200, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 L값(lightness), a값(redness)과 b값(yellowness)을 측정 후 아래의 식을 이용하여 저장 초 느타리버섯과의 색도차(total color difference: ΔE)를 구하였다.

$$\text{Total color difference } (\Delta E) = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

경도와 색도는 각 처리구에서 시료를 10개씩 취하여 측정 후 최대값과 최소값을 제외한 나머지 8개의 평균치를 결과로 사용하였다.

조직 내 에탄올

느타리의 갖과 기둥을 따로 분리하여 1×1×1 cm 크기로 잘게 썬 후 등근바닥 플라스크에 버섯 10 g과 증류수를 넣고 환류냉각장치를 연결하여 끓인 후 얻어진 증류액 1 µL를 GC에 주입하여 조직 내 에탄올 함량을 분석하였으며 시료 채취는 3회 반복하여 측정하였다. GC(HP 5890 series GC system, USA) 분석조건은 detector: FID, column: supelcowax

10(Supel CO.), column temp.: 70°C, injector temp.: 200°C, detector temp.: 250°C, carrier gas: He(2 mL/min)이었다.

통계처리

모든 실험 결과는 SAS package program을 이용하여 ANOVA 처리하였으며 유의성 검정은 유의수준 p<0.05에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

필름 내 기체조성 변화

느타리 200 g을 각각의 필름에 넣고 포장 내 빈 공간을 최소화하여 밀봉한 후 각 처리 온도에 저장하면서 산소 및 이산화탄소 함량변화를 분석하였다.

산소 함량은 포장 하루 만에 약 1.2~1.4%까지 급격히 낮아졌으며 저장 기간 동안 안정적으로 유지되었다. 이는 느타리버섯의 호흡속도가 빨라 투과된 산소가 즉시 소모되었기 때문으로 생각된다^(14,15). 이산화탄소는 Fig. 1에서와 같이 밀봉 직후 급격히 상승했으며 저장 온도와 필름의 종류에 따라 약간의 차이를 보였다. 20°C에서는 저장 하루만에 18%에 도달하였으나 저장 온도가 낮아질수록 저장 1일 후 이산화탄소 농도는 10°C는 15~16%, 5°C 10~12%, 0°C 8%로 낮게 나타났으며, 저장기간이 경과함에 따라 증가하였다가 점차 감소하는 경향을 보였다. 본 연구에서의 버섯저장은 내용물에 의해 가스 조성이 형성된 수동적 MA이기는 하나, 저장 온도가 높아짐에 따라 저장 초기에 급격한 가스 조성의 변화가 발생할 수 있었던 것으로 사료된다. 필름의 종류에 따라서도 이산화탄소 농도는 다르게 나타났는데 저장 1일까지는 필름간의 차이가 거의 없었으나, 2일 후부터는 필름 간 차이가 뚜렷하게 나타나기 시작하여 세라믹 필름의 이산화탄소 농도가 EVA나 PE 필름에 비해 훨씬 높게 나타났다. EVA와 PE는 거의 비슷한 양상을 보이기는 했으나 4가지 온도 처리 모두에서 PE가 EVA보다 높은 값을 보였다. 이렇듯 포장재에 따라 이산화탄소의 농도가 다르게 나타난 것은 박동⁽¹⁶⁾의 실험에서와 같이 필름들이 갖고 있는 각각의 가스투과도의 차이에 의한 것으로 보인다.

품질변화

중량감소는 판매 가능한 물량의 감소라는 손실 이외에도 수축으로 인한 외관의 변형에 따른 상품가치 하락과 영양분의 감소 등 품질에 영향을 주는 중요한 요인이 되고 있다. 재래식 골판지 상자에 2 kg씩 넣어 저장한 느타리와 MA저장 느타리의 저장 기간에 따른 중량감소를 살펴보면(Fig. 2), 대조구의 느타리는 저장 1일 후에 각각 0°C와 5°C는 1.3%, 10°C는 2%, 20°C는 11.3%씩 중량이 감소되어 온도가 높을수록 단위시간당 중량감소가 크게 나타남을 알 수 있었다. 대조구 버섯의 중량이 급속히 감소한 점은 높은 호흡률로 인하여 조직 내의 구성성분의 분해와 함께 필름포장구에 비해 골판지 상자내의 습도가 상대적으로 낮아 생체버섯내의 수분이 표피로 확산 증발되었기 때문으로 보인다⁽¹⁷⁾. 한편 MA저장의 경우 온도에 따라 약간의 차이를 보이기는 했으나 필름의 종류에 관계없이 중량감소가 0.8~1.3%에 불과하여 손

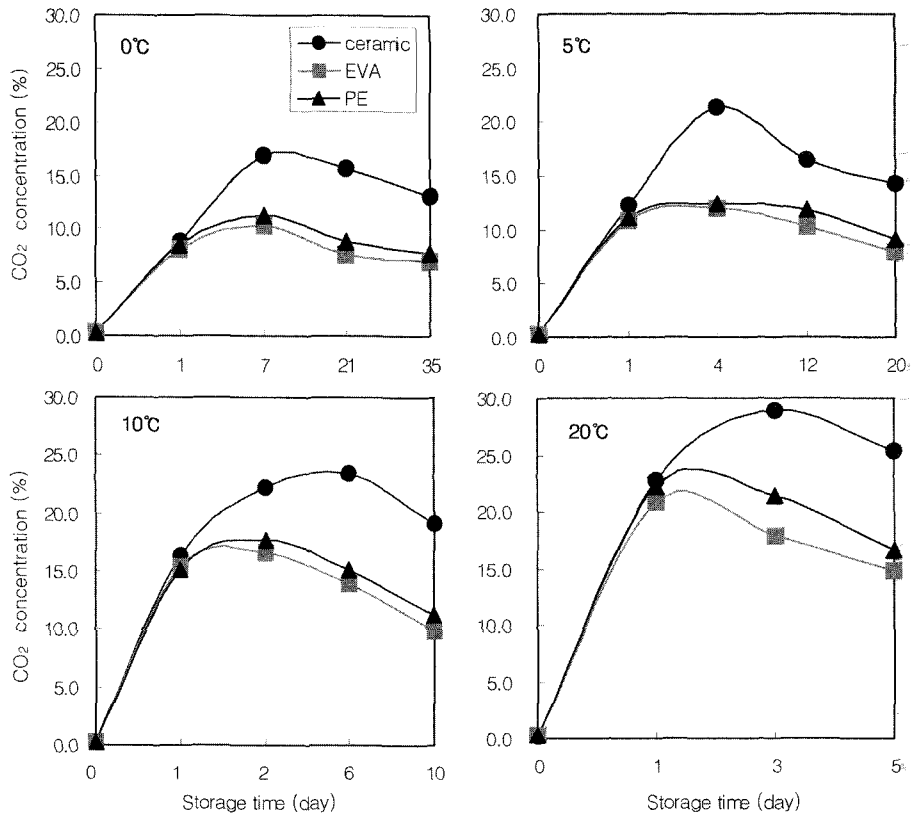


Fig. 1. Changes in CO₂ concentration inside film package of oyster mushrooms during storage.

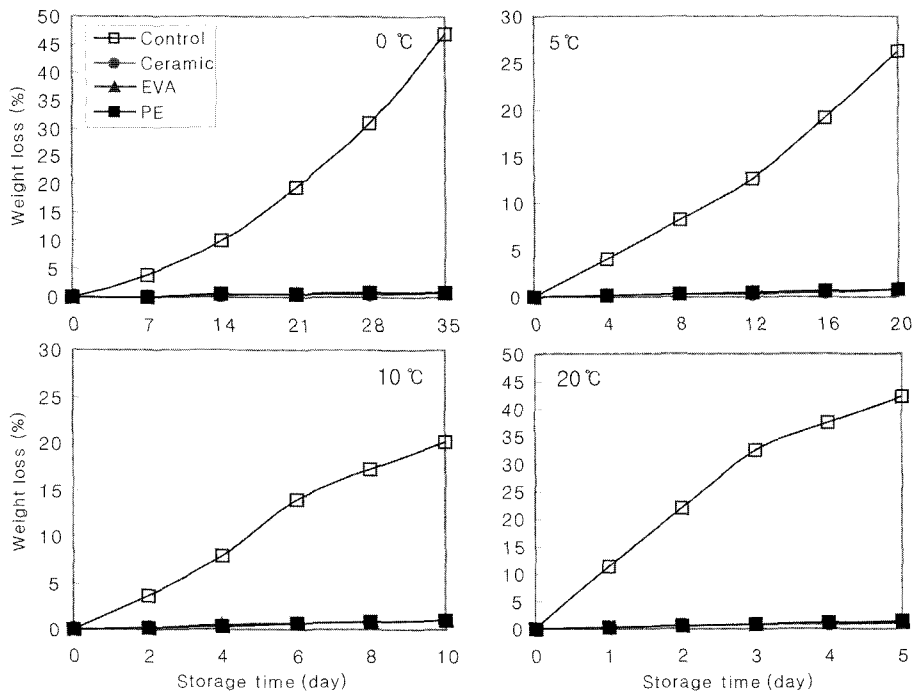


Fig. 2. Changes in weight loss (%) of oyster mushrooms during storage.

실이 극히 적었으며 표피수축 등에 의한 외관 손상도 거의 나타나지 않았다. 이는 포장 내부에서 발견된 많은 응축수로 인하여 포장 내 상대습도가 높게 유지되면서 버섯조직으로부터의 수분증발이 억제되고, 필름 내부의 낮은 산소 농도와

높은 이산화탄소 농도가 호흡을 억제하여 중량감소가 현저히 낮게 나타난 것으로 사료된다⁽¹⁸⁾.

Fig. 3에는 저장 기간에 따른 버섯의 경도 변화를 나타내었다. 경도는 개체 간 측정값의 표준편차가 크게 나타났으며

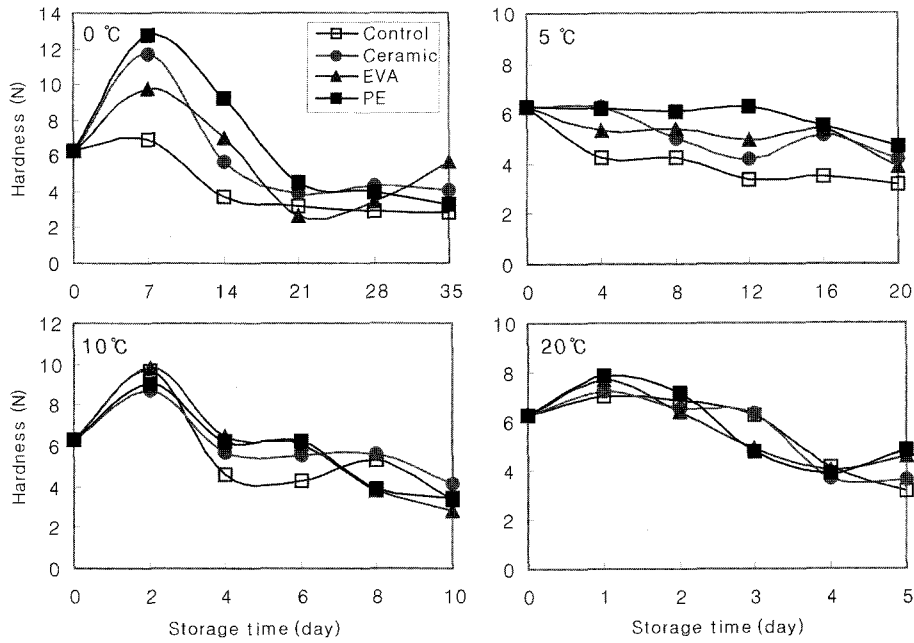


Fig. 3. Changes in firmness (N) of stipe in oyster mushrooms during storage.

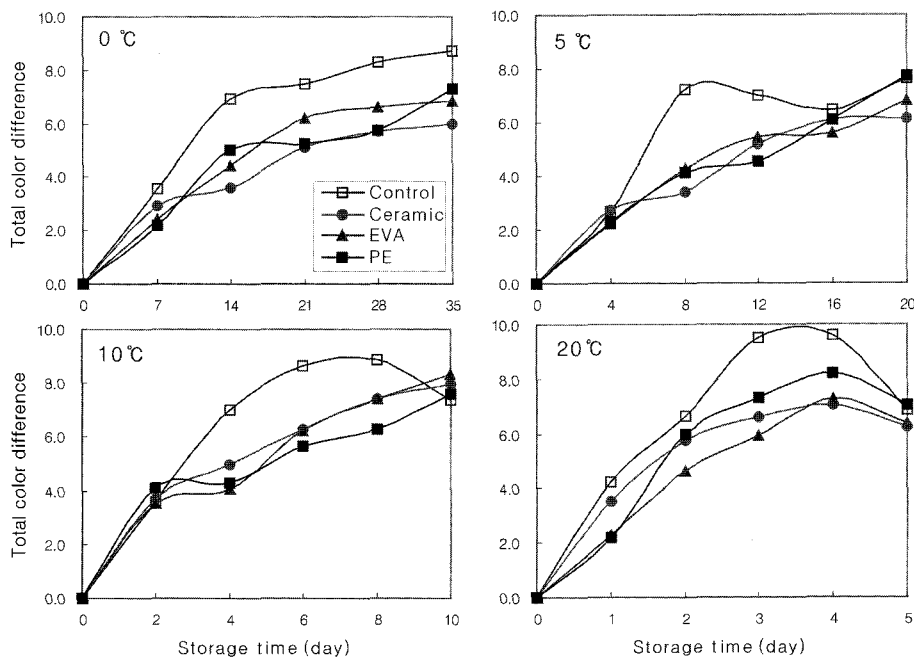


Fig. 4. Changes in total color difference (ΔE) of stipe in oyster mushrooms during storage.

저장 기간 동안의 경도의 변화추이를 살펴보면 다음과 같다. 대조구에서 느타리의 경도는 저장 초기에는 초기치 6.3N보다 약간 증가하였으나 시간이 경과함에 따라 전반적으로 점차 감소하는 경향을 보였다. 그러나 개체에 따라서는 증가하기도 하였는데 대조구에서의 이러한 경도 변화는 호흡에 의해 조직이 연화되거나 또는 부분적으로 수분 증발에 의한 경화 현상이 일어났기 때문인 것으로 보여 진다. MA 저장의 경우도 대조구와 마찬가지로 저장 초기에는 일시적으로 증가하였다가 시간이 경과함에 따라 감소하였으나, 대조구보다는 높은 경도를 유지하였다. 이는 MA저장 시 높아진 필름

내 이산화탄소 농도가 과채류의 조직연화를 억제하여 품질 유지에 기여한다는 보고와 일치한다^(19,20).

소비자의 구매 욕구를 결정하는 주요한 외관적 상품가치 판별기준의 하나로 가격결정에 크게 영향을 미칠 수 있는 버섯의 색은 MA저장에 의해 억제 될 수 있다고 보고 된 바 있다⁽¹⁷⁾. 저장 초 느타리버섯의 색을 기준으로 저장 기간동안 느타리버섯의 색변화 정도를 나타내는 색도차(Fig. 4)를 살펴 보면, 대조구는 저장 온도가 높을수록 단위시간에 따른 색도차가 크게 나타나 5°C는 저장 4일 만에 2.68인 반면 10°C는 7.03, 20°C는 9.61로 높게 나타났고 모든 온도에서 MA필름

처리구보다 높은 값을 나타냈다. MA필름 처리구도 저장 온도가 높을수록 색도변화는 크게 나타났으며, 필름종류에 따라서 약간의 차이를 보일뿐 통계적으로 유의적인 차이를 보이지는 않았다($P < 0.05$). 색도차와 L, a, b값과의 상관관계 (correlation)를 분석해 본 결과 L값과 a값은 색도차와 대체적으로 음의 상관관계를 갖는 반면 b값은 강한 양의 상관관계 (상관계수 $r \geq 0.997$)를 갖는 것으로 나타나 저장 중 느타리버섯표면의 황변현상이 버섯의 색상에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있었다⁽¹⁴⁾.

조직 내 에탄올 함량 변화

저장 중 느타리 조직의 에탄올 함량 변화는 Table 1에 나타내었다. 대조구에서는 초기치를 제외하고는 에탄올이 검출되지 않았는데 이는 MA저장구와 달리 대조구는 혐기적 호흡이 일어나지 않으며, 일어난다 하더라도 느타리 조직 내에서 생성된 에탄올이 외부로 방출되어 조직 내에 축적이 이루어지지 않기 때문인 것으로 보인다⁽¹⁴⁾. MA 저장에서의 에탄올 함량은 초기에는 미량 발생하다가 시간이 경과함에 따라 큰 폭으로 증가하였으며, 단위시간당 에탄올 발생량은 온도가 높아질수록 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 앞의 결과에서도 살펴보았듯이 저장 온도가 높아질수록 필름 내부의 CO₂ 농도는 높아지고, O₂ 농도는 1.2~1.4%의 낮은 농도로 유지됨으로써 버섯조직 일부에서 혐기호흡이 이루어졌기 때문으로 보인다. 버섯의 부위를 갓과 기둥으로 나누어 분석한 결과는 기둥의 에탄올 함량이 갓보다는 약간 높게 나타났으나 통계적인 차이는 보이지 않았다. 필름의 종류에 따라서도 약간의 차이를 보였는데, 0°C, 10°C와 20°C에서는 세라믹 필름 처리구의 에탄올 함량이 가장 높게 나타난 반면 5°C에서는 EVA 필름 처리구의 에탄올 함량이 가장 높게 나타났다. 5°C를 제외한 모든 온도에서 세라믹 필름 처리구의 에탄올 함량이 높게 나타난 것은 Fig. 1에서 살펴 본 바와 같이 세라

믹 필름 처리구의 필름 내부 CO₂ 농도가 높기 때문인 것으로 보인다. 이와 같이 낮은 O₂ 농도와 높은 CO₂ 농도 조건이 혐기대사로의 전환을 유발시킨다는 것은 Joles 등⁽²¹⁾이 red raspberry를 대상으로 한 실험과 Kimmerer⁽²²⁾과 Kader⁽²³⁾의 실험 등에서 이미 보고된 바 있다. 이러한 혐기호흡 즉 발효 과정에서는 생체 내에 존재하는 당이 pyruvate가 되고 이는 다시 젖산 또는 아세트알데히드와 에탄올로 대사 되어 이취를 생성하게 되는데⁽²⁴⁾, 실제로 본 실험 중에도 MA저장된 필름을 개봉하면 알콜 발효취가 탐지되어 버섯조직의 일부가 호기호흡에서 혐기호흡으로 전환되었음을 알 수 있었다⁽²⁵⁻²⁷⁾. 이 발효취는 필름 개봉 후 시간이 경과함에 따라 자연적으로 소멸됨으로써 소비단계에서 큰 문제가 되지 않는 것으로 보인다.

저장수명

이취 발생 정도, 색 변화, 조직 연화 정도를 고려하여 저장수명을 추정해 보면 대조구는 저장 동안 자루의 황변과 조직의 수분증발이 심하게 나타나고 갓의 일부에 균사가 성장하여 회계 덮이기 시작하는 것을 관찰할 수 있었으나, MA저장은 외관의 변화가 별로 없어 상품가치가 장시간 유지되고 있음을 알 수 있었다. 자루의 변색이나 중량감소, 균사의 성장 등으로 인하여 외관 품질이 크게 저하된 대조구는 저장 초기에 이미 상품가치가 크게 저하되었다. 반면, MA저장 버섯은 중량감소, 수축, 색 변화와 같은 외관상의 변화는 적었으나 조직연화현상의 발생을 고려할 때 저장수명은 0°C는 14~15일, 5°C 8일, 10°C 3~4일, 그리고 20°C 2일 정도였다. 전체적인 실험결과를 볼 때 느타리버섯은 0°C와 같은 저온 저장이 효과적인 것으로 보이며, 필름간의 통계적 차이를 나타내지는 않았으나 EVA필름 처리가 세라믹필름이나 PE필름보다 저장에 효과적인 것으로 나타났다.

Table 1. Changes in ethanol content (mL/L) of pileus and stipe tissue in oyster mushrooms during storage

Storage temperature	Storage time (day)	Ethanol content of pileus tissue				Ethanol content of stipe tissue			
		Control	Ceramic	EVA	PE	Control	Ceramic	EVA	PE
0°C	Initial	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15
	7	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND	0.52	0.52	0.24
	21	ND	3.31	3.31	2.47	ND	3.70	2.35	3.43
	35	ND	13.30	10.13	9.47	ND	14.42	11.39	10.92
5°C	Initial	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15
	4	ND	0.33	0.65	0.13	ND	2.40	5.69	1.66
	12	ND	4.36	3.43	3.82	ND	6.33	7.85	5.69
	20	ND	7.13	7.47	5.79	ND	6.82	7.98	7.85
10°C	Initial	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15
	2	0.22	0.27	0.16	0.14	0.16	1.83	1.38	1.48
	6	ND	3.18	1.21	2.71	ND	6.31	3.38	4.40
	10	ND	7.44	5.94	5.44	ND	10.00	7.37	8.44
20°C	Initial	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15
	1	0.78	ND	0.34	1.37	0.96	1.70	1.85	1.53
	3	ND	6.60	7.17	8.08	ND	7.94	8.26	10.06
	5	0.04	13.61	8.86	11.08	0.11	15.32	12.85	13.47

¹⁾ND: not detected.

요 약

저장 온도와 포장재를 달리한 느타리버섯의 MA 저장 중 품질 변화를 알아보기 위해, 느타리버섯을 PE, EVA, 세라믹 필름으로 각각 포장한 후 0°C, 5°C, 10°C와 20°C에 저장하면서 중량감소, 경도, 색변화, 필름 내부의 기체 조성 및 조직 내 에탄올 함량을 조사하였다. 필름 처리한 버섯은 2kg 골판지 상자에 저장한 대조구 버섯의 중량이 급속히 감소한 것과 달리 필름의 종류에 관계없이 중량감소가 0.8~1.3%에 불과하였다. 경도는 대조구와 필름 처리구 모두 저장 초기에는 일시적으로 약간 증가하다가 시간이 경과함에 따라 감소하였으며 필름처리구가 대조구보다 높은 경도를 유지하였다. 버섯의 색은 저장 온도가 높을수록 황변이 많이 진행된 것임이나 MA 저장에 의한 색변화 억제 효과가 나타남을 알 수 있었다. 필름 내부의 산소함량은 포장 하루만에 1.2~1.4%까지 급격히 낮아져 저장 기간 동안 안정적으로 유지됐으며, 이산화탄소 농도는 저장 1일까지는 비슷한 값을 보이다가 저장 2일 후부터 필름의 종류에 따라 뚜렷한 차이를 나타내어 세라믹 필름, PE, EVA 순으로 높게 나타났다. 저장 중 느타리버섯 조직의 에탄올 함량은 대조구에서는 초기치를 제외하고는 에탄올이 검출되지 않은 반면, MA 저장에서는 시간이 경과할수록, 저장 온도가 높을수록 에탄올 함량은 큰 폭으로 증가하였다. 부위별 에탄올 함량을 보면 기둥의 에탄올 함량이 갓보다 약간 높게 나타났으나 통계적인 차이는 보이지 않았다. MA 저장 버섯의 저장 수명은 0°C는 14~15일, 5°C 8일, 10°C 3~4일, 그리고 20°C 2일 정도였다. 전체적인 실험결과를 볼 때 느타리버섯은 0°C와 같은 저온 저장이 효과적이었으며, EVA필름 처리구가 세라믹필름이나 PE필름보다 효과적인 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업(과제 번호: 300007033HD110)에 의한 결과의 일부이며, 연구비를 지원하여 주신 농림부에 감사드립니다.

문 헌

- Hong, J.S., Kim, Y.H., Kim, M.K., Kim, Y.S. and Sohn, H.S. Contents of free amino acids and total amino acids in *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 58-62 (1989)
- Kim, T.Y., Hong, J.S., Kim, M.K., Lee, T.K. and Oh, K.C. Changes in the contents of general compositions and free sugars of oyster mushrooms. J. Korean Agri. Chem. Soc. 32: 14-22 (1989)
- Rew, Y.H., Lee, S.H., Jo, W.S. and Yoon, J.T. Changes of fatty acid composition by various developmental stage and fruit body section in *Pleurotus ostreatus*. Korean J. Mycol. 28: 109-111 (2000)
- Yuso, Y., Sugahara, T. and Hayashi, J. Changes in the contents of carbohydrates and organic acids in fruit bodies of hiratake-mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Quel.) during development and post-harvest storage. J. Soc. Food Sci. Technol. 34: 288-297 (1987)
- Chung, K.S. Studies on the constituents and culture of the higher fungi of Korea (ii): the antitumor components and culture of *Lentinus edodes*. Korean J. Mycol. 10: 33-39 (1982)
- Hyun, J.W., Lim, K.W., Shin, J.E. and Woo, W.S. Antineoplastic effects of extracts from traditional medicinal plants and various plants. Korean J. Pharmacogn., 25: 171-177 (1994)
- Lee, M.S. and Chung, K.S. The effects of *Ganoderma lucidum* extracts and filtrate of *Escherichia coli* culture on leukocyte chemotaxis. Korean J. Mycol., 15: 1-8 (1987)
- Ministry of Agriculture and Forestry. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries. Sam Jong Co. Ltd., Seoul, Korea (2002)
- Yang, J.K., Kim, T.H., Kim, C.H., Choi, M.S., Kim, J.M. and Soe, W.T. Development of packaging techniques to prolong the self-life of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) using recycled pulp and polypropylene film. Food Sci. Biotechnol. 11: 14-18 (2002)
- Lopez, B.G., Varoquaux, P., Chambroy, Y., Bouquant, J., Bureau, G. and Pascat, B. Storage of common mushroom under controlled atmospheres. Int. J. Food Sci. Technol. 27: 493 (1992)
- Kim, D.M., Baek, H.Y., Yoon, H.H. and Kim, K.H. Effect of CO₂ concentration in CA conditions on the quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 461-467 (1989)
- Burton, K.S. Modified atmosphere packaging of mushrooms-review and recent developments. p. 638-688. In: Science and Cultivation of Edible Fungi. Maher, M.J. (ed). International Society for Mushroom Science (Edible Fungi Symposium) (1991)
- Lee, S.E., Kim, D.M. and Kim, K.H. Changes in quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during modified atmosphere storage. J. Korean Soc. Food Nutr. 20: 133-138 (1991)
- Han, D.S., Ahn, B.H. and Shin, H.K. Modified atmosphere storage for extending shelf life of oyster mushroom and shiitake. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 376-381 (1992)
- 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)
- Park, J.D., Hong S.I., Park, H.W. and Kim, D.M. Extending shelf-life of oriental melon by modified atmosphere packaging. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 481-490 (2000)
- Powrie, W.D. and Skura, B.J. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. pp. 162-245. In: Modified Atmosphere Packaging of Food. B. Ooraikul and M.E. Stiles (ed). Ellis Horwood Limited, West Sussex, England (1991)
- Saxena, S. and Rai, R.D. Storage of button mushrooms (*Agaricus bisporus*): The effect of temperature perforation of packs and pre-treatment with potassium metabisulphite. Mush. J. Tropics. 8: 15 (1988)
- Knee, M. Physiological responses of apple fruits to oxygen concentration. Ann. Appl. Biol. 96: 243-247 (1980)
- 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)
- Joles, W.D., Cameron, A.C., Shirazi, A., Petracek, P.D. and Beaudry, R.M. Modified atmosphere packaging of heritage red raspberry fruit: Respiratory response to reduces oxygen, enhanced carbon dioxide and temperature. J. Am. Soc. Hort. Sci. 119: 540-545 (1994)
- Kimmerer, T.W. and Kozlowski, T.T. Ethylene, ethane, acetaldehyde and ethanol production by plants under stress. Plant Physiol. 69: 840-847 (1982)
- Kader, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40: 99-104 (1986)
- Wills, R.B.H., Lee, T.H., Graham, D., Mcglasson, W.B. and Hall, E.G. Physiology and biochemistry. pp. 17-37. In: Postharvest, Avi, USA (1981)
- Sin, G.Y., Jeong, C.S. and Yoo, K.C. Effects of temperature, light

- intensity and fruit setting position on sugar accumulation and fermentation in oriental melon. J. Korean Soc. Hort. Sci. 32: 440-446 (1991)
26. Hwang, Y.S. and Lee, J.C. Physiological characteristics of abnormal fermentation in melon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 34: 339-343 (1993)
27. Takahisa, M., Tetsuo, N. and Kuniyasu, O. Influences of CO₂ and O₂ on the keeping freshness of shiitake (*Lentinus edodes* (Berk) Sing.) after harvest. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 27: 505-510 (1980)

(2003년 6월 16일 접수; 2003년 10월 10일 채택)