

생표고버섯에 대한 마스터 포장 시스템의 현장 적용

안덕순 · 이지혜 · 이혜림 · 이동선*

경남대학교 식품생명학과

Application of Master Packaging System to Fresh Shiitake Mushroom Supply Chain on Semi-commercial Scale

Duck Soon An, Ji Hye Lee, Hye Lim Lee, and Dong Sun Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon, 631-701 Korea

Abstract Master packaging system is a technology combining primary and secondary packaging to preserve the fresh produce in the supply chain. Master packaging system with tailor-designed gas transfer and CO₂ absorber of Ca(OH)₂ was applied to fresh shiitake mushroom in its supply from farm to retail store. The temperature, humidity and package atmosphere were monitored through the distribution and/or storage until the packages were opened to measure the mushroom quality. Conventional perforated individual packages without secondary master pack were prepared and travelled the same path for comparison purpose. While high temperature history was observed in some initial period of actual practice of the mushroom transportation and storage unexpectedly, the package atmosphere around the produce in the master packaging system was maintained at modified atmosphere consisting of O₂ concentration of 0.4 to 4.2% and CO₂ concentration of 0.7 to 1.7%, which is known to be beneficial for the mushroom preservation. While curing the mushrooms with precooled drying was effective for quality preservation, positive effect of master packaging system could be apparent for the uncured mushroom. Harmonized combination of curing treatment, master packaging system and temperature management was suggested for the best quality preservation of the fresh shiitake mushroom.

Keywords Modified atmosphere packaging, Master packaging, Shiitake mushroom, Storage, Distribution

서 론

농산물의 변형기체포장(modified atmosphere packaging, MAP)은 통상 포장기체 조성을 저산소/고이산화탄소로 제어된 조건으로 변형시켜 신선도 유지와 유통기한 연장의 효과를 얻고 있다. MAP는 해당 품목과 단위에 대해서 적절한 기체투과도를 갖는 플라스틱 포장필름 조건을 선택하여 적절한 변형기체(modified atmosphere, MA)를 얻게 하고 있다. 이렇게 선정된 MAP 조건은 특정 온도 조건에서 유효하지만, 다른 온도 조건에서는 농산물의 호흡속도와 포장 필름의 기체투과도의 크기와 상호 관계가 달라져서 요구되

는 MA 조건이 유지되지 못하는 한계를 갖고 있다. 농산물의 유통은 배송, 저장 및 판매의 각 단계에서 온도가 다르고 변하는 경우가 많아서 MAP 설계와 운영의 어려움으로 대두되고 있다.

유통 단계별로 달라지는 온도 조건들을 포용하기 위하여 개별 포장과 2차 포장을 통합적으로 결합시킨 마스터(master) 포장 시스템이 제안되어 단감, 딸기, 버섯, 밤, 복숭아 등의 품목에 품질유지 효과가 있음이 보고된 바 있다¹⁻⁴⁾. 즉, 저온 조건이 잘 유지되는 수송과 저장의 단계에서는 개별포장을 2차 포장 내에 위치케 하여 2겹의 기체이동저항을 제공함에 의하여 개별포장 내에 적정 MA를 형성시키고, 온도가 높은 판매 단계에 와서는 외부의 2차 포장을 제거하여 기체이동저항을 감소시켜서 증가된 호흡에 맞는 기체 이동의 균형을 맞추어 주는 개념으로 제안되었다. 마스터 포장 시스템의 설계는 각 유통단계의 온도와 포장단위의 적절한 조합에 의해서 이루어져야 하는데, 이는 유통관행으로

*Corresponding Author : Dong Sun Lee
Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon, 631-701, Korea
Tel : +82-55-249-2687, Fax : +82-505-999-2171
E-mail : dongsun@kyungnam.ac.kr

서 농산물의 농가 수취 후 포장, 배송, 판매의 여러 단계와 잘 조화되어야 한다. 실험실 단계에서 유효성이 확인된 마스터 포장시스템이 현장에 적용되기 위해서는 현행의 유통시스템에서 적용가능성이 확인될 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 현재의 생표고버섯 유통체인에 마스터 포장 시스템을 적용시키고 포장기체조성과 품질을 측정함에 의하여 현실적인 가능성과 문제점을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 생표고버섯

본 연구에 사용된 생표고버섯으로는 경남 밀양에 소재한 농가에서 생산, 판매되는 버섯을 구매하여 사용하였다. 일부 생표고버섯은 일정기간 1°C에서 예비건조한 시료와 바로 수확된 버섯으로 구분하여 실험에 사용하였다. 예비건조한 시료를 예건(cured) 시료로 표현하고, 그렇지 아니한 시료를 비예건(non-cured) 시료로 나타내었다.

2. 관행적 포장

마스터 포장과의 비교를 위하여 대조구의 개념으로서 농

가에서 관행적으로 이루어지는 수확 포장 조건을 구현하였다. 즉, 23×35 cm 크기의 30 μ m 두께의 폴리프로필렌(polypropylene, PP) 필름 백에 0.8 cm 크기의 천공 8개를 뚫고 버섯 500 g을 넣어 포장하였다. 이렇게 포장된 500 g 단위의 생표고버섯 포장은 8개 포장을 개방 격자형의 플라스틱 박스(55×36.5×28.5 cm)에 담아 수송 출하되도록 하였다.

3. 마스터(master) 포장

관행적인 유통구조에 보다 쉽게 적용될 수 있는 마스터 포장 시스템으로서 내부 1차 개별포장은 관행적인 포장방식을 따르고, 외부 2차 포장은 78×78 cm 크기의 40 μ m 두께의 저밀도 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE)의 필름의 백으로 만들어서 개별포장 8개를 담도록 하였다. 다시 말하면 개별포장은 30 μ m PP 천공 백으로서 관행적인 포장과 같으며, 이 개별포장 8개를 LDPE 봉지에 담아서 관행 유통에 쓰이는 플라스틱 박스(55×36.5×28.5 cm)에 담겨서 유통체인에 투입되도록 하였다. 마스터포장의 LDPE 백에는 2 mm 크기의 천공 6개를 만들어 두어서 필요한 기체이동이 이루어지도록 하였다. 이산화탄소 농도를 조절하기 위해 이산화탄소 흡수제로 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 40 g을 담은 봉지 4개를 마스터 포장 안에 넣어 두었다. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 는 10×10

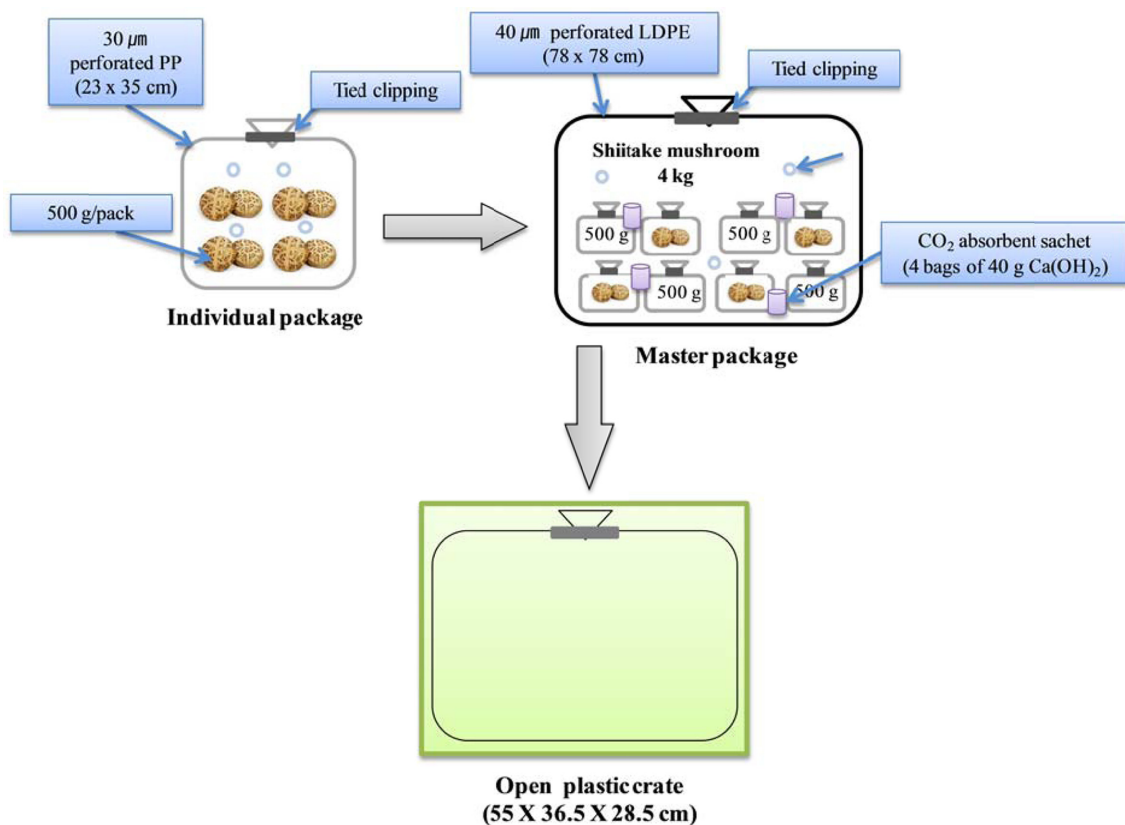


Fig. 1. Master packaging system of shiitake mushroom.

cm 크기의 기체투과성이 좋은 Tyvek(1070D, Dupont Co., Delaware St., USA) 봉지에 포장하였다. 이러한 포장조건은 예비실험을 통하여 확인된 조건이다.

유통 및 저장 과정 중의 온도와 습도를 확인하기 위해 온습도 기록계(Thermo Recorder, TR-72U, T&D CORP., Japan)를 마스터 포장 시스템에 하나씩 넣고 온도와 습도 데이터를 기록 저장하였다.

4. 품질측정

포장 내 산소와 이산화탄소 농도는 기체센서(Model CheckMate 9900, PBI-Dansensor, Ringsted, Denmark)를 활용하여 측정하였다. 마스터 포장은 2 반복으로 개별포장에 대해서는 3~6 반복으로 측정하였다. 포장에 대하여 측정 생표고버섯의 표면색도(L, a, b)는 갓의 중앙 부분에 대해 색차계(Model JC 801, Colour Techno System Corporation, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 경도는 생표고버섯의 경도 측정에 통상적으로 많이 사용된 방법⁵⁾에 따라서 버섯 갓 부분의 중앙에 대해 직경 3 mm probe로 60 mm/min의 속도로 관입시킬 때의 최대힘으로 Rheometer Compac-100(Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)에 의하여 측정하였다. 시료 개체 간의 차이가 많으므로 색도와 경도는 각각 20 반복으로 측정하여 Duncan의 다중검정에 의하여 유의성을

평가하였다.

결과 및 고찰

1. 생표고버섯의 유통 흐름 및 포장의 온습도 변화

실제 농가에서 수확된 생표고버섯의 판매까지의 유통 흐름은 Fig. 2와 같았다. 농장에서 수확된 생표고버섯은 간이집하장까지 이동에서 2시간이 소요되고, 간이집하장에서 출발하여 물류센터에 이르러 12시간 정도 보관된다. 그리고 4~5시간 뒤에 판매처에 도착하여 저온 저장고에 보관하면서 유통 및 판매가 이루어진다. 농가에서 수확된 생표고버섯이 판매처의 저장고까지 오는 과정에서 냉장조건으로의 유지가 되지 않는 것으로 나타났다(Fig. 3). 수확 후 기준으로 18시간 이후에 포장 온도가 감소한 것으로 보아 판매처에 도달해서 저온 저장고에 저장되는 것으로 알 수 있다. 이렇게 농가에서 수확 후 판매처까지의 유통 중에 냉장이 제대로 이루어지지 않고 비교적 고온으로 유지됨에 따라 내부에 포화의 고습도조건이 반복되는 것으로 봐서 온도변동에 따른 수분응축이 일어나는 것으로 알 수 있다. 예견되지 않아서 상대적으로 수분이 많고 습한 비예건 생표고버섯의 마스터포장에서 예견된 버섯의 경우에서보다 습도가 높게 유지되었고, 이는 고수분 버섯의 증산작용이 높음에 따른

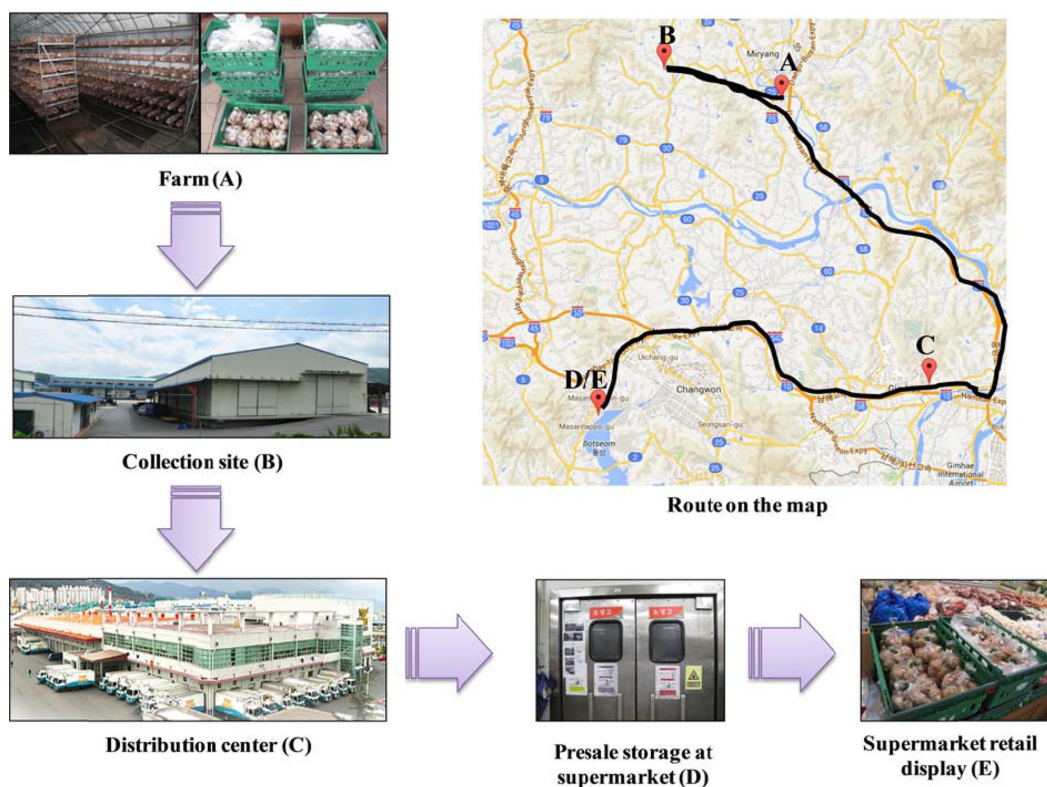


Fig. 2. Distribution flow of fresh shiitake mushroom.

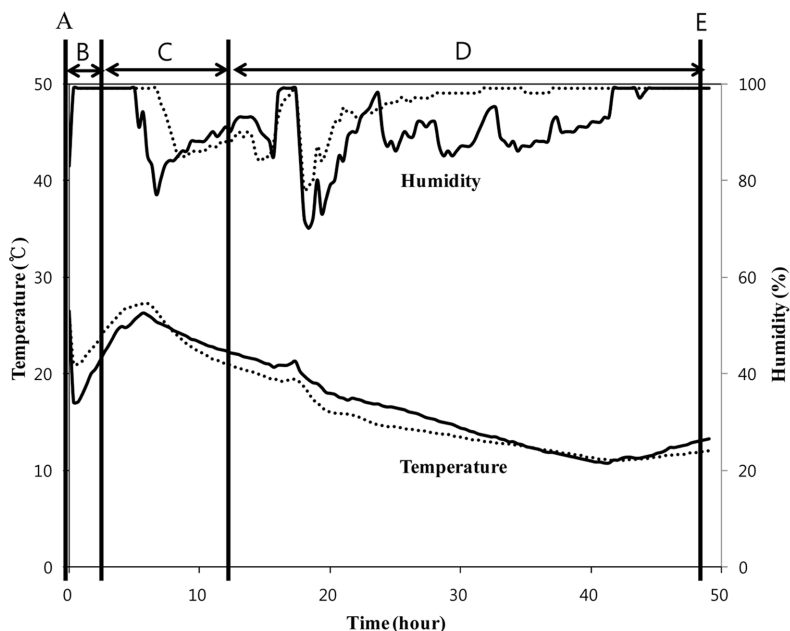


Fig. 3. Temperature and humidity history of the shiitake mushroom packaging during distribution process. The letters, A, B, C and D refer to the locations in the supply chain. Solid lines are for the cured mushrooms while dotted lines are for non-cured ones.

당연한 결과로 생각된다.

마스터 포장시스템의 설계에서 수확 후에 생표고버섯은 5~10°C에서 저장 및 운송이 진행되고, 판매처에서 판매를 위한 진열 시 마스터 포장을 해체하고, 진열대에서 15~20°C의 온도 조건에서 유통 및 판매되는 것으로 전제된다. 하지만 실제의 버섯 유통관행에서는 판매처까지 오는 데에 냉장 조건이 잘 이루어지지 않는 것으로 확인되었다. 농산물의 유통이 신선도를 중요시하여 점차 냉장배송 시스템으로 이동되고 있어서 현재의 관행이 바뀔 것으로 예상되고, 또한 개선이 필요하다. 따라서 마스터 포장 시스템의 적용은 이러한 관행의 점검과 함께 이루어져야 할 것이고, 이런 점에서 유통에 관여하는 농민, 중간인, 판매처 간의 협조가 요청된다.

2. 포장 내 기체 조성 및 생표고버섯의 품질

판매처에 도달하고 10°C의 저장고에 위치한 포장의 내부 기체 조성을 측정해 본 결과 Table 1과 같았다. 생표고버섯의 저장을 위한 최적 변형기체조성(MA)은 산소와 이산화탄소 농도가 모두 2%로⁶⁾ 보고된 경우가 있는 반면에, 1% 산소농도와 40% 이산화탄소 농도의 조건이 일반 공기 조성보다 shelf life를 4배 연장하는 것으로 보고되어^{9,10)} 있어 문헌에 따라 적정 기체조성의 범위에 있어 다소 차이가 있다. 본 실험에서 대조구는 일반 공기조성인 산소 20.4~20.6%, 이산화탄소 0.3~0.7%로 측정이 된 반면에, 2차 외부포장인 마스터 포장의 경우 산소농도 1.4~2.6%, 이산화탄소 농도 0.4~1.5%로써 적정 MA 조건에 비슷하게 유지되는 것으로

확인되었으며, 이산화탄소 농도가 낮게 유지되는 것으로 보아 이산화탄소 흡수제의 능력이 충분히 발휘되고 있음을 알 수 있다. 1차 내부 포장인 개별 포장의 경우, 이산화탄소 농도는 0.7~1.7%로서 적정 MA 조건에 유지되지만, 산소 농도는 수확 후 21시간에 0.4~0.5%로 낮게 유지되는 것으로 확인되었으며, 이는 수확 후 21시간 동안 저온 상태가 아닌 상온에서 유통됨으로 인해 생표고버섯의 빠른 호흡으로 산소농도가 감소한 것으로 알 수 있다. 온도가 낮아진 수확 후 49시간에는 산소농도가 4.2%로 상승한 것으로 보아, 포장이 저온 저장 조건에서 일정기간 유지된 후에는 호흡속도가 낮아져서 산소농도가 안정화되는 것으로 알 수 있다. 이산화탄소 농도는 21시간 후에서와 비슷한 수준을 유지하였고, 이는 이산화탄소 흡수제의 효과에 기인하는 것으로 생각된다.

수확 후 49시간 이후 포장을 해체하여 생표고버섯의 경도와 표면색도를 측정된 결과는 Table 2와 같았다. 경도의 경우 버섯 개체간의 변이가 심한 반면에 포장처리구에 따른 유의한 차이를 볼 수 없었다. 통기 조건인 대조구 포장에서는 비예건 시료에서 경도가 유의하게 낮은 것은 품질보존에서 예건이 중요함을 보여주며, MA 상태 유지의 마스터 포장에서는 예건 효과가 상대적으로 상쇄되었다. 예비전처리의 효과로서 Minamide⁷⁾은 1°C에서 24시간의 예냉처리가 이후의 20°C 저장에서의 저장성을 향상시키는 것으로 보고한 바 있다.

표면색도에서는 밝은 정도를 나타내는 L값의 경우, 예건

Table 1. Gas concentration of fresh shiitake mushroom packages

Time after harvest (h)	Package atmosphere					
	Master package (secondary)		Individual (primary package in master package)		Control	
	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
Cured mushroom						
21	2.4±2.1	1.0±0.3	0.5±0.5	1.7±0.3	20.6±0.2	0.3±0.2
49	2.5±1.0	1.5±0.3	4.2±1.1	1.7±0.4	20.4±0.3	0.7±0.3
Non-cured mushroom						
21	1.4±0.7	0.6±0.3	0.4±0.3	0.8±0.3	20.6±0.1	0.4±0.1
49	2.6±1.7	0.4±0.1	4.2±1.3	0.7±0.2	20.5±0.1	0.5±0.1

Values are given in mean±standard deviation.

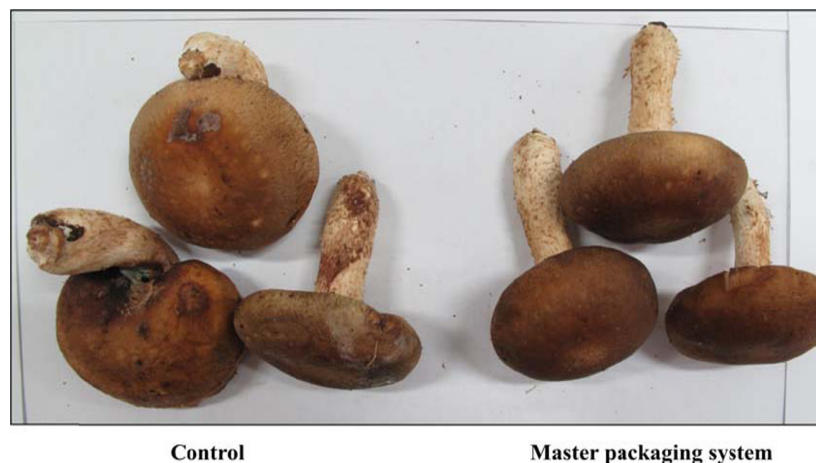
Table 2. Hardness and surface color of fresh shiitake mushroom at end of the supply chain

Curing treatment	Package treatment	Hardness(g)	Surface color		
			L	a	b
Cured	Control	435±107a	57.2±3.5a	3.4±0.9b	28.3±2.2c
	Master packaging	419±92ab	58.9±3.8a	2.5±0.9c	29.5±2.6bc
Non-cured	Control	354±104b	47.2±3.7b	4.1±1.3a	32.0±3.2a
	Master packaging	402±94ab	44.4±3.2c	3.2±1.3b	30.0±2.4b

Values are given in mean±standard deviation. Any two values in the same column followed by the same letter are not significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

생표고버섯에서 비예건 시료에서보다 그 값이 높아서 품질이 양호하였다. 그리고 예건 시료에서의 선택보존이 양호한 점은 a 값과 b 값도 대체적으로 낮은 점에서 확인된다. 이는 저장 중에 비예건 생표고버섯에서 갈변화의 품질열화가 빠르게 진행되어 낮은 L 값, 높은 a 값과 b 값으로 측정된 것으로 추정된다. 예건 버섯에서 일반 공기조성인 대조구와 마스터 포장 처리구간의 표면색도에 있어 a 값을 제외하는 유의한 차이는 나타나지 않았다. 반면에 비예건 시료에 있어서는 마스터 포장이 유의하게 높은 L 값 및 낮은 a 값과

b 값을 보여서 품질보존 효과가 우수함을 알 수 있었다. 이는 비예건 버섯의 포장처리별 외관에서도 뚜렷이 나타났다 (Fig. 4). Minamide등에 따르면 생표고버섯의 수확 후 저장 동안 품질열화는 갈변화로 이루어져서, 버섯 주름 부분에서 갈변화가 진행되고 어두운 색택으로 변하며, 표면이 물러져서 품질이 나빠진다고 보고하였다^{7,8)}. 반면에 Gong 등¹¹⁾은 생표고버섯의 갈변화는 MAP에 의해 억제되지 않으며, 높은 이산화탄소 농도 하에서 조직 내 알코올 축적에 의해 품질 열화가 진행된다고 보고하였다. Fig. 4에서 보듯이 비예건 생

**Fig. 4.** Visual quality of packaged shiitake mushroom having experienced 49 hours distribution and storage after harvest.

표고버섯에서는 마스터 포장이 버섯의 색깔을 선명하게 하고 뚜렷한 갖의 모양을 유지시켰으며, 대조구 포장에서는 갖이 많이 퍼지고 일부 부패가 진행되는 것으로 관찰되었다. 이는 Kim등⁶⁾이 제시한 2% 산소 및 2%의 이산화탄소 농도에 가까운 마스터 포장 시스템에서의 MA 조건이 버섯의 품질보존에 좋은 영향을 미치는 것으로 보인다.

본 연구에서는, MAP의 효과는 예건처리의 유무에 따라 달라지는 것으로 나타났으므로, MAP와 예건처리의 상호관련성에 대한 추가적인 연구가 앞으로 필요한 것으로 생각된다. 아울러 마스터 포장이 갖는 물리적 보호 효과에 대해서도 검토할만한 가치가 있을 것이다.

결 론

생표고버섯의 품질보존을 위해 농가로부터 판매처에 이르기까지의 실제 유통체인에서 마스터 포장 시스템을 적용하였다. 유통 과정 중 냉장 온도조건이 잘 유지되지 못한 문제가 있었지만, 이산화탄소 흡수제를 포함한 마스터 포장 시스템은 버섯 주위의 MA 조건이 2% 산소 및 2% 이산화탄소 농도의 적정조건에 가깝게 유지되어 비예건 버섯의 품질 보존에서는 긍정적 기여를 하였다. 하지만 예건 버섯에 대해서는 공기조성을 유지한 대조구와 비교하여 차이가 없었다. 성공적인 마스터 포장 시스템의 적용을 위해서 유통온도조건에 대한 고려와 함께 예건 전처리와의 조화가 필요한 것으로 파악되었다.

요 약

농가로부터 판매처까지의 유통단계에서 변화하는 온도 조건에 노출된 생표고버섯의 저장성향상을 확보하기 위해 개별포장과 2차 포장을 결합시킨 마스터 포장 시스템을 적용하였다. 온도가 저온으로 유지되는 수송과 저장 단계에서는 1차와 2차 포장의 결합 형태로 유통되고, 온도가 높은 판매 단계에서는 외부 2차 포장을 해체한 후 1차 포장 조건에서 적절한 가스농도를 확보할 수 있는 개념으로 설계하고, 2차 마스터 포장 내에는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 이산화탄소 흡수제를 포함시켰다. 유통흐름 중에서 포장의 온습도와 기체조성을 측정하고, 마지막 단계인 판매처에서 포장을 개봉하여 버섯의 품질을 측정하였다. 공기조성을 유지하는 관행적인 통기성 천공 포장을 대조구로 함께 유통흐름을 거치게 하여 저장 후 품질을 비교하였다. 초기의 수송 및 저장 단계에서 적절한 저온조건이 유지되지 못한 것으로 나타났으나, 유통의 전체 과정에서 버섯 주위에 산소 농도 0.4~4.2%, 이산화탄소 농도 0.7~1.7%로 품질보존에 도움이 되는 기체조성이 유지되었다. 포장 전 예건처리가 버섯의 품질보존에 효과가 있는 반면에, 마스터 포장 시스템의 긍정적 효과는 비예건

버섯에 뚜렷이 나타났다. 보다 효과적인 버섯 품질보존을 위해서 예건 처리 및 온도관리와 함께 조화된 마스터 포장 시스템의 설계가 추가적으로 이루지고 검토될 필요가 있는 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 융복합연구센터지원사업에 의하여 이루어졌음(Project #710003).

참고문헌

1. Jeong, M.J., An, D.S., Lee, S.J. and Lee, D.S. 2011. A master packaging system for preserving strawberries in the fresh produce supply chain. *J. Food Agri. Environ.* 9(3&4): 114-117.
2. Jeong, M.J., An, D.S., Lee, S.J. and Lee, D.S. 2012. The quality of king oyster mushrooms stored with a master packaging system consisting of inner individual packs and an outer liner bag to be dismantled at a retail display. *Food Sci. Technol. Res.* 18: 535-541.
3. Kim, H.K., An, D.S., Lee, S.J. and Lee, D.S. 2012. Dependence of individual primary package atmosphere on retail display temperature and micro-perforations in a master packaging system for chestnuts. *J. Food Agri. Environ.* 10(3&4): 168-172.
4. Jeong, M., An, D.S., Ahn, G.H. and Lee, D.S. 2013. Master packaging system for sweet persimmon applicable to produce supply chains. *Postharvest Biol. Tec.* 86: 141-146.
5. Antmann, G., Ares, G., Lema, P. and Lareo, C. 2008. Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms. *Postharvest Biol. Tec.* 49: 164-170.
6. Kim, D.M., Baek, H.H., Yoon, H.H. and Kim, K.H. 1989. Effect of CO_2 concentration in CA conditions on the quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 461-467.
7. Minamide, T., Tsuruta, M. and Ogata, K. 1980. Studies on keeping freshness of shiitake (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) after harvest. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 27: 498-504.
8. Minamide, T., Nishikawa, T. and Ogata, K. 1980. Influences of CO_2 and O_2 on the keeping freshness of shiitake (*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.) after harvest. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 27: 505-510.
9. Ares, G., Parentelli, C., Gambaro, A., Lareo, C. and Lema, P. 2006. Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere. *Postharvest Biol. Tec.* 41: 191-197.
10. Parentelli, C., Ares, G., Corona M., Lareo, C., Gambaro, A., Soubes, M. and Lema, P. 2007. Sensory and microbiological quality of shiitake mushrooms in modified atmosphere packages. *J. Sci. Food Agri.* 87: 1645-1652.
11. Gong, Y., Abe, K. and Chachin, K. 1993. Relation between endogenous ethyl alcohol and browning in shiitake (*Lentinus edodes* Sing.) mushroom during storage in polyethylene film bags. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 40: 708-712.

: 2014.10.02 /

: 2014.10.15 /

: 2014.11.04