

큰느타리버섯의 모의 수출운송과정에서 소포장 적용에 따른 품질변화 비교

우성민¹ · 박윤문^{1*} · 박세원²

¹안동대학교 식품생명공학과, ²건국대학교 응용생명과학부

Comparative Quality Evaluation of King Oyster Mushroom as Affected by Unit Packaging Method during Simulated Export Shipment

Seong-Min Woo¹, Youn-Moon Park^{1*}, and Se Won Park²

¹Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, Andong 760-749, Korea

²Molecular Biotechnology Division, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract. Potential of consumer unit packaging was investigated for quality maintenance during export simulation in king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*). Mushrooms were harvested in late May, pre-cooled to 4°C within 6 hours, and then packaged for shipping in two ways: 2 kg bulk packaging in a polyethylene (PE) bag or three types of unit packaging methods such as 400 g in polypropylene film bag (PPB), 200 g on styrofoam tray + PE shrinkage film wrapping (STW), and 200 g in polyethylene terephthalate (PET) containers (PETC). For local distribution of bulk-packaged commodity, mushrooms were sorted again and packaged into 3 consumer units in the same way as for the initial shipping packages. Simulation of refrigerated container shipping was performed in a walk-in type pilot storage at 0.5°C for 5 weeks, while local marketing simulation was carried out on the shelf at 7°C for 7 days. During the shipment simulation, creation of modified atmosphere (MA) was substantial in 2 kg bulk packages with low O₂ below 2% and high CO₂ over 15% whereas, in PPB and PETC unit packages, relatively higher O₂ concentrations were observed. On the shelf at 7°C, CO₂ concentrations rapidly increased in PPB and PETC packages despite the short marketing period. Overall marketability evaluated by off-flavor, browning, and texture rating was maintained at excellent level when 2 kg bulk packaging in PE or unit packaging in PPB and PETC were used for shipment. In contrast, establishment of MA was very slight in STW packages during shipment and local distribution resulting in poor quality after export simulation. The results suggested that shipment using adequate consumer unit packaging is more practical and economically beneficial than using bulk packaging in the export program consisting of 5-week shipment and 7-day local distribution.

Additional key words: browning, export simulation, modified atmosphere, off-flavor, *Pleurotus eryngii*, shelf life

서 언

버섯은 생리활성이 높아(Hardenburg et al., 1986), 수확 후 예냉 처리와 최적 저온저장 조건이 갖추어져도 품질유지 기간이 매우 짧은 것으로 평가되고 있다(Adamicki, 2004). 수확 후 품질 변화 속도는 버섯 종류에 따라 다르지만(Cho et al., 1998; Choi and Kim, 2003; Park and Jhune, 2010; Park et al., 2004), 내수용 장기저장 또는 해외수출을 위한

장기 해상운송을 위해서는 controlled atmosphere(CA) 저장 혹은 modified atmosphere packaging(MAP, MA 포장) 기술 적용이 필수적으로 수반되어야 한다.

CA 저장 실험을 통해 제시된 버섯의 적정 대기 환경으로는 양송이버섯의 경우 3-21% O₂ + 15% CO₂, 3% O₂ + 10% CO₂, 또는 8% O₂ + 10% CO₂ 등 연구자에 따라 다르게 나타나고 있다(Adamicki, 2004). 한편, MAP 적용 시 양송이버섯의 생리적 장애를 회피하는 한계 수준으로 O₂ 0.5%(Beaudry,

*Corresponding author: park123@andong.ac.kr

※ Received 20 April 2012; Revised 13 September 2012; Accepted 25 September 2012. 이 논문은 농림수산식품부 농림기술개발사업 지원으로 연구되었음.

2000), CO₂ 20%(Watkins, 2000)로 보고된 바 있다. 느타리버섯의 적정 대기조성도 연구방법에 따라 다소의 차이를 보여, MAP 연구에서는 15% O₂ + 5% CO₂(Villaescusa and Gil, 2003), 최적조건 예측 연구에서는 2.5-4.5% O₂ + 11.5-13.0% CO₂(Lee et al., 2003)로 조사되었다. 느타리버섯의 CA 저장 연구는 아직까지 폭넓게 이루어지지 않고 있는데 최근 발표한 논문에서는(Park and Jhune, 2010) 5% O₂ + 10% CO₂ 환경이 4주 저장 + 1주 유통 기간 중 품질유지에 효과적이라고 하였으며 CO₂ 농도를 15%로 높였을 때의 추가적인 효과는 매우 제한적이라고 하였다.

과일이나 채소의 저장시설에서는 적합한 CA 환경을 정밀하게 제어할 수 있으나 포장하여 취급하는 신선 농산물에 정확한 CA 환경을 조성하는 일은 기술적으로 한계가 있다. 반면, MA 포장기술은 신선 식품을 포장단위로 바로 밀봉함으로써 대기환경을 조성하는 작업의 단순성과 편리성은 있으나 포장 내부의 산소와 이산화탄소 농도를 정밀하게 조절하기 어려우므로(Beaudry, 2000) 장애를 유발하지 않으면서 계획한 기간 동안 품질을 유지하는 기준설정이 마련되어야 한다. 특히 느타리버섯과 양송이버섯은 MA 포장 상태로 상온 유통 시 이취가 빠르게 진행되고(Park et al., 2004, 2009), 이산화탄소 장애에 민감한 표고버섯은 9% 이상의 CO₂ 농도에서 오히려 부패가 증가하므로(Ares et al., 2006) 버섯의 종류에 따라 적합한 MA 환경의 조성이 필요하다.

최근 수출물량이 증가하는 느타리버섯은 2kg 단위의 청색 PE 필름 봉지에 포장하여 미국과 유럽 시장으로 운송된다. 본 연구의 기초자료를 획득하기 위한 예비 실험에서는, 2kg MA 포장 내 산소와 이산화탄소 조성 농도는 CA 저장연구에서(Park and Jhune, 2010) 제시된 최적화 범위와 매우 유사하여 운송 직후까지는 전반적인 품질유지에 큰 어려움은 없는 것으로 조사된 바 있다. 그러나 필름 봉지 대포장은 필름 내면에 접촉되는 버섯 조직의 붕괴현상, 봉지 밀봉도가 부적합한 경우 전체 물량의 폐기 처분 등 위험성을 내포하고 있다. 또한 수출 버섯의 경우 현지 시장에서는 무포장 또는 소단위 재포장을 통해 판매될 것이므로 수출용 MA 포장이 해제된 후 유통과정에서의 품질 변화에 대한 정확한 예측이 필요하다.

본 연구에서는 느타리버섯의 5주 해상운송과 현지유통 7일로 설정한 모의수출과정에서 기존의 수출용 대단위 봉지 포장 방법과 현지유통에서 활용될 것으로 판단되는 소비 단위 소포장 방법을 운송과정과 판매유통과정에 적용할 때 MA 환경조성의 변화와 그에 따른 품질유지 효과를 비교 분석하였다.

실험재료 및 처리

수출용 느타리버섯 2호 품종을 재배하는 안동지역 농가에서 5월 28일 수확하여 수출 모의실험에 사용하였다. 수출에 적합한 품질 규격에 따라 버섯을 선별한 후(Table 1) 기본적인 수확후 처리기술로서 walk-in 규모의 파일럿 저온 저장실에서 6시간 동안 4°C까지 차압예냉을 거쳤다.

포장방식은 모의 수출운송과 현지 유통의 2단계로 나누어 운송용 대포장과 소비용 단위포장을 연계하는 2단계 처리와 운송 시점부터 소비용 단위포장 방식을 적용하는 1단계 처리로 구분하였다(Table 2). 기존에 활용되는 2kg 단위 대포장은 15.0 × 17.0cm 크기의 30μm 청색 저밀도 polyethylene(LDPE) 필름 백을 사용하였으며 소비판매용 소포장으로는 최근 국내에서 통용되는 400g 단위 polypropylene 필름(30μm) 봉지(25.5 × 30.0cm) 포장방법(PPB), 200g 단위 styrofoam tray(17.5 × 19.5cm) 담기 및 열수축필름(LDPE 10μm) 랩핑 포장방법(STW), 200g 단위 polyethylene terephthalate (PET) 경질 사각용기(L × D × H: 13.0 × 17.0 × 4.8cm, 용적 750mL, 두께 300μm) 포장방법(PETC) 등 세가지 방식을 활용하였다. 포장의 밀봉은 2kg 대포장과 PP 백 소포장의 경우 끈 묶음처리 방법을 사용하였고, PET 용기는 밀착 뚜껑식 덮개에 직경 0.44mm 바늘구멍을 1개 처리하여 적정 수준의 MA 환경이 유지되도록 하였다.

모의 수출은 4-5주 해상운송과 현지유통 7일로 설정하였고 운송은 0°C, 현지 유통은 7°C 환경에서 수행하였다.

포장 내부 기체 환경 조사

포장 내 산소, 이산화탄소와 에탄올 농도는 1mL 주사기로 포장내부 가스 시료를 채취한 후 가스크로마토그래프(gas chromatograph, GC)를 사용하여 조사하였다.

산소와 이산화탄소 농도는 molecular sieve 5A column과 porapak Q column이 장착된 TCD GC(model 600D, Young Lin Instrument Co., Ltd., Anyang, Korea), 에탄올 농도 측정은 capillary column(DB-1, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)이 장착된 FID(flame ionization detector) GC(model GC-17A, Shimadzu Corp., Tokyo, Japan)을 사용하여 분석하였다. TCD 분석은 oven 80°C, injector 90°C, detector 90°C 조건에서, FID 분석은 oven 180°C, injector 200°C, detector 200°C 조건에서 각각 수행하였다.

품질 평가

이화학 지표로서 버섯 줄기조직의 경도는 물성분석기(EZ

Table 1. Quality of king oyster mushroom at harvest.

Harvest date	Quality attributes			Respiration rate (CO ₂ mL·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
	Water content (%)	Flesh firmness (N·cm ⁻¹)	CIE L*	
May 28	88.3 ± 0.5 ^z	3.4 ± 0.2	86.9 ± 0.2	112.2 ± 5.3

^zMeans ± S.E. (n = 6).

Table 2. Experimental packaging treatment.

Packaging treatment during export simulation			Remarks
Shipment	Local distribution (consumer packaging)		
Bulk packaging (2 kg, LDPE 30 µm, blue color)	Unit packaging		Different packaging methods between shipping and local distribution
	PPB		
	STW		
	PETC		
Unit packaging ^z	Unit packaging		Same packaging methods during shipping and local distribution
	PPB	PPB	
	STW	STW	
	PETC	PETC	

^zInitially applied for shipment, exactly in the same way as for the unit packaging for local distribution packaging. PPB, 400 g in 30 µm polypropylene film bag; STW, 200 g on styrofoam tray with 10 µm PE film wrapping; PETC, 200 g in a PET container with one needle hole.

test/CE, Shimadzu Corp, Japan)를 사용하여, 직경 2mm plunger가 투과속도 2mm·s⁻¹의 속도로 50-60mm 깊이까지 뚫고 들어갈 때의 투과력(penetration force)을 측정된 후 누적 적분값을 투과 깊이로 나눈 값을 뉴턴(N)으로 표시하였다(Park and Ha, 2008).

관능평가 품질은 평소에 버섯 품질에 대해 이해를 하고 있고 직접 버섯 품질조사에 참여하고 있는 연구원 4명을 활용하여 이취, 갈변도, 조직감, 종합적인 상품성에 대해 각각의 요인에 대한 강도 및 선호도를 1-5점으로 나누어 평가하였다. 이취와 갈변도 점수 기준은, 1점 = 갈변되지 않거나 이취가 없는 수준, 3점 = 갈변이 되거나 이취가 느껴지지만 판매는 가능한 수준, 5점 = 갈변이 심하거나 이취가 심해 판매가 불가능한 수준으로 구분하였다. 조직감과 전반적인 상품성(구매지수)는, 1점 = 조직이 붕괴되거나 구매의사가 전혀 없는 수준, 3점 = 약간 무른 느낌이지만 소비관능에 적합한 한계로서 구매할 의사가 있는 수준, 5점 = 조직이 단단하며 구매지수가 높은 경우로 구분하였다.

통계분석

2 × 2 완전임의배치 요인분석실험 설계에 의거, 2원분산 분석법과 Duncan의 다중비교법을 활용하여(SAS, 1990), 요인의 효과와 평균간 차이를 검정하였다. 모의 수출운송 직후의 품질비교는 운송용 대포장과 단위포장 3개 처리 등 4

개 처리에 대해 평균간 다중비교를 하였고 현지 모의유통 후에는 운송포장 요인과 소비포장 요인으로 구분하여 2원분산분석법을 적용하였다. 모든 처리는 포장단위를 1반복으로 하여 4반복 실험으로 수행하였다.

결과 및 고찰

4주 및 5주 0°C 모의 수출운송 직후 포장 내 산소 농도는 2kg 대포장의 경우 각각 1.4, 1.6%였던 데 비해 소비용 소포장 PPB는 7.6, 5.1%, PETC에서는 14.1, 9.4%로 상대적으로 높게 유지되었다(Table 3). 특히, STW포장에서는 산소 농도가 19.7% 수준으로서 MA 효과가 거의 없는 것으로 조사되었다. 모의 운송 후 이산화탄소는 2kg 대포장에서 10% 이상 높게 유지되었고 PPB와 PETC 소포장에서도 4주 후에는 9.9, 7.6%에서 5주 후에는 10% 이상으로 증가하였다. 다만, STW 포장에서는 산소농도가 거의 변화가 없었던 만큼 이산화탄소 농도의 증가도 1% 이하에 그쳤다.

운송 후 현지 유통을 위한 PPB와 PETC 소포장 상태에서 7°C, 7일 유통 후 산소 농도는 1.8-3.6% 범위를 나타내었고 이산화탄소 농도는 16.3-20.1%까지 비교적 높게 조성되었다(Table 3). 이에 비해 STW 포장에서는 운송기간 중의 MA 조성 범위와 유사한 산소 농도 11.4-19.0%, 이산화탄소 농도 1.1-3.2%에 그쳤다. 큰느타리버섯의 CA 저장 실험을

Table 3. Changes in gas concentrations inside packages of king oyster mushroom during simulated shipment plus 7-day shelf life influenced by packaging method.

Shipping packaging	Distribution packaging	4 weeks		4 weeks + 7 days		5 weeks		5 weeks + 7 days	
		O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)
2 kg bulk (PE 30 μm)	PPB			1.8 b	17.6 bc			2.0 d	18.6 a
	STW	1.4 c ^y	11.4 a	11.4 a	2.5 d	1.6 c	10.4 a	19.0 a	1.1 b
	PETC			3.2 b	16.3 c			3.6 c	18.4 a
Unit packaging ^z	PPB	7.6 bc	9.9 a	1.8 b	19.5 ab	5.1 bc	11.6 a	1.9 d	17.9 a
	STW	19.7 a	0.6 b	13.9 a	3.2 d	19.7 a	0.7 b	12.9 b	2.2 b
	PETC	14.1 ab	7.6 ab	3.3 b	20.1 a	9.4 b	11.2 a	2.8 cd	17.9 a
Significance									
Shipping packaging (S)				NS	**			NS	**
Consumer packaging (C)				**	**			**	**
S × C				NS	NS			**	NS

^zSame as in Table 2.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^{NS,**}Nonsignificant or significant at $P \leq 0.01$.

Table 4. Ethanol concentrations inside packages and off-flavor ratings of king oyster mushroom after simulated shipment plus 7-day shelf life as influenced by packaging method.

Shipping packaging	Distribution packaging	4 weeks		4 weeks + 7 days		5 weeks		5 weeks + 7 days	
		Ethanol (μL·L ⁻¹)	Off-flavor ^x	Ethanol (μL·L ⁻¹)	Off-flavor	Ethanol (μL·L ⁻¹)	Off-flavor	Ethanol (μL·L ⁻¹)	Off-flavor
2 kg bulk (PE 30 μm)	PPB			1543.7 a	1.7 bc			1504.2 a	1.5 bc
	STW	510.7 a ^y	2.0 a	367.7 b	1.3 bc	433.7 a	1.5 a	285.6 b	1.0 c
	PETC			1179.6 a	2.0 ab			496.6 b	2.1 ab
Unit packaging ^z	PPB	207.0 b	1.0 b	604.9 b	1.0 c	256.6 a	1.0 a	302.5 b	1.3 c
	STW	235.9 b	1.0 b	287.8 b	1.0 c	155.0 a	1.0 a	271.4 b	1.3 c
	PETC	185.9 b	2.0 a	550.7 b	2.8 a	208.2 a	1.5 a	372.9 b	2.5 a
Significance									
Shipping packaging (S)				**	NS				NS
Consumer packaging (C)				*	**				**
S × C				NS	*				NS

^zSame as in Table 2.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^xOff-flavor rating: 1 = none; 3 = detectable, but still acceptable for consumption; 5 = very severe and non-salable.

^{NS,**,*}Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.01, respectively.

통해 제시된 품질유지에 적합한 대기 조성은 산소 5% 이하, 이산화탄소 10-15% 수준이라는 보고를 참조할 때(Park and Jhune, 2010), 모의 수출운송기간 중에는 소포장 단위에서는 PPB 소포장 방식이 적정 대기 조성과 가장 근접한 MA 환경이 조성되는 것으로 나타났고, 2kg 대포장은 이산화탄소 농도는 적정 수준인데 반해 산소 농도가 2% 이하로 조성되어 저산소에 의한 이취 발생 등 장해 우려가 있는 것으로 추정되었다.

4주와 5주 0°C 모의운송 직후 포장 내부의 에탄올 농도는 대포장 운송 시 각각 510μL·L⁻¹, 434μL·L⁻¹로 높았고 소단위 포장 운송 시에는 모든 포장방식에서 300μL·L⁻¹ 이하로 낮은 경향을 보였다(Table 4). 이러한 차이는 운송기간 중 대포장 내부의 산소 농도가 낮았기 때문으로 해석된다.

한편, 2kg 대단위 포장형태로 운송 후 재포장하여 저온유통 7일 경과 후 조사한 소포장 내부의 에탄올 농도는, PPB에서는 1,500μL·L⁻¹ 수준까지 상승하였고, PETC에서는 4주 + 7일 유통 후 1,200μL·L⁻¹, 5주 + 7일 유통 후에는 500μL·L⁻¹

수준이었다(Table 4). 이에 비해 STW 포장에서는 4주 + 7일 유통 후 $368\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, 5주 + 7일 유통 후에는 $286\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로서 PP백이나 PET 용기포장보다는 낮은 수준이었다. 대포장 운송 + 현지 판매용 소포장에 비해, 운송 초기부터 소포장을 적용한 경우에는 포장 내부의 에탄올 농도가 4주 + 7일 유통 후에는 $600\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하, 5주 + 7일 유통 후에는 $400\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하로 대포장 운송 후 재포장을 실시한 포장에 비해서 낮은 경향이였다.

버섯의 이취 지수는 에탄올 농도가 낮게 유지되는 STW 포장에서 낮은 경향을 보였다. 그러나 2kg 대포장 형태로 4주 운송 후 재포장한 PPB와 PETC 포장 내 에탄올 함량과 이취 지수 관계($1543.7\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, 이취 지수 1.7; $1179.6\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$; 이취 지수 2.0)와 처음부터 PPB, PETC 소포장 형태로 운송한 버섯의 에탄올 함량과 이취($604.9\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, 이취 지수 1.0; $550.7\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$, 이취 지수 2.8)를 비교해보면(Table 4), 이취지수가 미약한 수준에서는 포장 내 에탄올 축적량과 이취 지수 간에 연관성이 크지 않은 것으로 나타났다.

버섯의 장기 보관 중 나타나는 이취현상은 주로 부적합한 MA 조건에서 혐기성 호흡으로 인한 에탄올과 아세트알데히드 화합물의 축적에서 기인된다(Choi and Kim, 2003; Mattheis and Fellman, 2000). 느타리버섯에서는 산소 농도 2% 이하의 MA 환경에서 에탄올 이취가 발생한다고 하였고(Villaescusa and Gil, 2003), 특히 양송이버섯은 MAP 내부 에탄올 농도가 $100\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하에서도 이취지수가 4.0 이상(판매가 불가능한 수준)을 보인다고 하였다(Park et al., 2009). 이에 비해 CA 저장 큰느타리버섯의 PET 용기포장 유통실험에서는 포장 내부에 축적되는 에탄올 농도가 2,000

$\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상으로 축적될 때에야 판매에 지장을 초래하는 수준까지 이취가 증가하는 것으로 조사된바 있다(Park and Jhune, 2010). 본 연구에서 평가한 MAP 저장 큰느타리버섯의 이취 지수 역시 에탄올 축적량에 비해서는 비교적 미약한 정도에 그쳐 상품성 저하를 초래하지는 않는 것으로 나타나(Table 4), 느타리버섯이나 양송이 버섯의 저장과 유통 과정에서 보고된 심한 이취에 비해서는(Park et al., 2004, 2009) 매우 미미한 수준으로 볼 수 있다. 이러한 연구결과를 종합해볼 때, 큰느타리버섯은 MAP 적용 시 포장 내부 에탄올이 $1,500\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 수준까지 축적되어도 이취 증상은 적은 특성을 지니고 있는 것으로 판단된다.

모의 수출 운송 직후 조사한 줄기조직의 경도는 대포장과 소포장 방식 간 차이가 없었다(Table 5). 저온유통 과정에 적용한 소포장 형태 별로는 PPB와 PETC 포장 버섯이 STW 포장 버섯에 비해 줄기의 조직이 높았다.

샐러드나 조리 시 품질 구성요인으로서 조직감을 반영하는 버섯의 경도는 저장 및 유통 기간 중 지속적으로 감소하며 포장 내부의 응결수분 부위와의 접촉이나 미생물에 의한 부패는 조직을 무르게 하여 경도를 떨어뜨린다. 과일에 있어서 적정 수준의 CA 또는 MA 환경은 에틸렌에 의해 유기되는 세포벽 분해를 억제함으로써 조직감을 유지하는 효과를 보인다(Mir and Beaudry, 2004; Park and Yoon, 2006). 버섯에 있어서는 그 기작이 명확하게 밝혀진 바 없으나 양송이 버섯과 느타리 버섯에서의 저장실험에서도 고농도 이산화탄소 MA 환경은 조직 경도와 조직감 유지에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Choi and Kim, 2003; Kim et al., 1995). 이와는 대조적으로 버섯의 경도는 CA 또는 MA 환

Table 5. Stem firmness of king oyster mushroom after simulated shipment plus 7-day shelf life as influenced by packaging method.

Shipping packaging	Distribution packaging	Firmness (N·cm ⁻¹)			
		4 weeks	4 weeks + 7 days	5 weeks	5 weeks + 7 days
2 kg bulk (PE 30 μm)	PPB		2.8 a		3.0 ab
	STW	3.0 a ^y	2.4 ab	3.1 a	2.7 b
	PETC		2.8 a		2.9 b
Unit packaging ^z	PPB	3.0 a	2.8 a	2.8 a	2.8 b
	STW	3.0 a	2.3 b	3.2 a	2.8 b
	PETC	2.9 a	2.8 a	3.0 a	3.2 a
Significance					
Shipping packaging (S)			NS		*
Consumer packaging (C)			NS		**
S × C			NS		*

^zSame as in Table 2.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

NS,*,** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.01, respectively.

Table 6. Browning rating of king oyster mushroom after simulated shipment plus 7-day shelf life as influenced by packaging method.

Shipping packaging	Distribution packaging	Browning rating ^x			
		4 weeks	4 weeks + 7 days	5 weeks	5 weeks + 7 days
2 kg bulk (PE 30 μm)	PPB		2.3 a		1.8 bc
	STW	2.0 ab ^y	2.5 a	1.5 b	2.6 b
	PETC		2.3 a		1.3 c
Unit packaging ^z	PPB	1.8 ab	2.0 a	1.3 b	1.8 bc
	STW	2.3 a	2.5 a	2.8 a	4.3 a
	PETC	1.3 b	1.8 a	1.5 b	1.5 c
Significance					
Shipping packaging (S)			NS		*
Consumer packaging (C)			NS		**
S × C			NS		*

^zSame as in Table 2.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^xRating score 1 = none; 3 = slight browning, but still acceptable for sale; 5 = severe.

NS, *, ** Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$ or 0.01, respectively.

정보다는 온도 요인에 의해 결정된다는 관점이 제시된 바 있고(Park et al., 2009; Park and Jhune, 2010), 표고버섯과 느타리버섯의 경우 이산화탄소 농도가 지나치게 높아지는 MA 포장에서는 오히려 줄기 조직의 경도가 낮아지는 장해 현상이 관찰되기도 하여(Ares et al., 2006; Lee et al., 2003) 정밀한 온도조절과 함께 적정 수준의 MA 조성이 중요함을 시사하고 있다. 본 연구에서 관찰된 PPB와 PETC 포장 버섯 줄기조직의 경도 유지는 산소 농도가 낮고 적정수준까지 이산화탄소 농도가 높아지는 MA 효과에서 비롯된 것으로 추정되었다.

버섯 줄기조직의 갈변지수는 4주 운송 + 7일 유통의 경우에는 모든 처리에서 적합수준(지수 3.0 미만)을 유지하였고 처리 간 큰 차이가 없었으나 5주 운송 + 7일 유통 후에는 운송시점부터 STW 포장을 한 버섯에서 심한 갈변현상이 관찰되었다(Table 5). 이에 비해 운송과정에는 2kg bulk 포장을 하고 현지 모의유통과정에서만 STW 포장을 한 경우에는 갈변지수 2.6으로 상품성은 있는 것으로 나타났다. 이에 비해 PETC 단위 포장방법은, 대포장 운송 후 현지 유통을 위해서 적용하거나 운송시점부터 적용한 경우 모두 갈변 억제에 뚜렷한 효과를 보였다. 버섯의 갈변 정도를 객관적으로 평가하기 위해 조사한 CIE L* 값은 4주 또는 5주 운송 후 7일 유통 시까지 모든 처리에서 80 이상으로 측정되었고 처리간 유의성도 없었다(자료 미제시).

수출운송과 현지 유통과정에서 나타나는 버섯의 갈변은 운송과정과 유통과정에서 얼마나 빨리 적정 MA 환경이 조성되는가에 따라 달라지는 것으로 판단된다. 버섯의 갈변현상은 10-15% CO₂ CA 환경에서 억제되는 것으로 보고된 바

있으나(Adamicki, 2004), 큰느타리버섯의 경우, 10% 이상의 고농도 이산화탄소에 의한 갈변 억제효과는 제한적이라고 하였다(Park and Jhune, 2010). 본 연구에서 운송포장으로서 PP 봉지나 PET 용기를 사용한 경우 산소농도는 운송 직후까지 5% 이상 비교적 높게 형성되었음에도 불구하고 갈변현상이 억제된 것은 이산화탄소 축적이 높게 형성되었기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

이취, 갈변 정도와 육안에 의한 조직감을 반영한 전반적인 상품성은 포장 시점과 상관없이 STW 포장 버섯에서 현저하게 낮게 평가되어 갈변 지수 조사 결과와 일치하는 경향을 보였다(Table 7). 이에 비해 대포장 운송 후 PPB나 PETC 포장 혹은 처음부터 PPB 또는 PETC를 사용한 포장 방법에서는 상품성 지수 4.0 이상의 좋은 품질이 유지되는 것으로 나타나, 수출을 위해 예냉 처리한 버섯의 LDPE 필름 포장 후 품질유지 기간을 조사한 결과와(Baik et al., 2009) 비슷한 경향을 보였다. 다만, 운송 직후 2kg 대포장 버섯의 상품성은 처음부터 PPB, PETC 포장을 적용한 버섯에 비해서는 낮은 경향이있음에도 불구하고 재포장 + 7일 유통 후 상품성은 소포장 버섯과 유사한 이유는 운송 후 재포장 과정에서 품질이 저하된 개체를 제외하였기 때문이므로 2kg 포장 버섯 전체를 대상으로 평가하는 상품 손실률을 고려해야 할 것이다. 실제로 연구 수행과정에서 조사한 2kg 대포장의 모의수출 후 손실률은 시료에 따라 상이하였으나 심한 경우 20% 수준으로 나타났다(자료 미제시).

연구 결과를 종합해보면, 기존의 2kg 대포장 버섯의 운송 직후 상품성은 4주 또는 5주까지도 상품성이 우수한 수준을 유지했으나(상품지수 4.0), 운송 후 7일 유통 과정에서의 상

Table 7. Marketability of king oyster mushroom after simulated shipment plus 7-day shelf life as influenced by packaging method.

Shipping packaging	Distribution packaging	Marketability rating ^x			
		4 weeks	4 weeks + 7 days	5 weeks	5 weeks + 7 days
2 kg bulk (PE 30 μ m)	PPB		3.7 a		4.0 ab
	STW	4.0 b ^y	3.5 a	4.0 ab	3.0 b
	PETC		4.0 a		4.0 ab
Unit packaging ^z	PPB	5.0 a	4.0 a	4.8 a	4.0 ab
	STW	4.3 b	3.0 b	3.3 b	1.8 c
	PETC	4.3 b	4.0 a	4.8 a	4.3 a
Significance					
Shipping packaging (S)			NS		NS
Consumer packaging (C)			**		**
S \times C			NS		NS

^zSame as in Table 2.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^xMarketability score 1 = very poor, 3 = moderate, acceptable for sale; 5 = excellent.

^{NS,**}Nonsignificant or significant at $P \leq 0.01$.

품성을 적합수준으로 유지하기 위해서는 소포장 전에 재선별 작업이 필요한 것으로 조사되었다. 이 경우, 4주 운송을 전제로 했을 때는 200g 단위의 STW 포장도 가능한 것으로 나타났으나 5주 운송을 전제로 했을 때는 STW 포장에서 뚜렷한 품질 저하가 나타나므로 400g 단위 PPB 또는 200g 단위 PETC 포장을 활용하는 것이 적합한 것으로 조사되었다. 한편 수출 운송기간이 4주보다 짧은 경우에는 처음부터 STW 포장방법을 적용해도 이후 7일 저온유통 시점까지 적합한 수준의 상품성 유지가 가능하였으나 5주 운송 + 현지 7일 유통 프로그램에서는 상품성이 급격히 저하되므로 운송기간이 4주를 초과할 경우에는 PPB나 PETC 포장기술을 활용해야 할 것으로 판단되었다. 결론적으로, 큰느타리버섯의 5주 운송 + 현지유통 7일로 설정한 수출과정에서 운송에 적합한 포장방법으로는 기존 방식인 30 μ m PE 2kg 대포장 방식보다는 30 μ m PP 필름 백이나 PET 용기 소포장 방식이 작업효율이나 품질유지에 보다 유리한 것으로 판단되었다.

초 록

큰느타리버섯 수출과정에서의 운송 포장방법으로서 현지 판매에 바로 적용할 수 있는 소포장 기술의 적용 가능성을 조사하였다. 5월 하순에 수확하여 4 $^{\circ}$ C로 예냉한 버섯을 2kg 단위 PE 필름봉지 대포장과 판매용 소포장 3개 방식을 적용한 후 4주 및 5주 모의운송 기간을 거쳤다. 기존의 2kg 대포장 버섯은 운송 후 소포장을 하였고 운송 단계에서부터 소포장을 적용한 버섯은 그 상태로 각각 7일간 저온유통 후 품질을 비교하였다. 소포장 방법은 400g 폴리프로필렌 봉지

(PPB), 200g 스티로폼 트레이 + 랩핑(STW) 및 200g PET 용기(PETC) 포장으로 구분하였다. 운송 조건은 0.5 $^{\circ}$ C로 설정한 소형 저장실에서 수행하였고 현지 저온유통은 7 $^{\circ}$ C로 설정한 저온 챔버를 활용하여 모의하였다. 모의 운송 중 포장 내부 MA 환경은 2kg 봉지 대포장의 경우 O₂ 2% 이하 + CO₂ 10% 이상으로써 장해 발생이 우려되는 수준까지 조성된 반면, PPB, PETC 소포장 운송 시에는 O₂ 농도가 상대적으로 높은 경향이었고 STW 소포장에서는 MA 조성이 미미하였다. 유통 7일간 적용한 소포장의 내부 MA 환경은 짧은 기간임에도 불구하고 PPB, PETC 포장에서 CO₂ 농도가 매우 높은 수준으로 상승하는 경향을 보였다. 이취, 갈변 정도를 반영한 전반적인 상품성은 2kg 대포장 운송 후 현지에서 재선별을 거쳐 소포장을 하는 방식과 운송초기부터 PPB, PETC 소포장 방식을 적용한 경우 모두에서 우수 수준 이상의 품질이 유지되었고 처리 간 뚜렷한 차이는 없었다. 다만, MA 조성 효과가 낮았던 STW 포장에서는 품질 저하가 빠르게 진행되어 운송 포장으로는 부적합한 것으로 판단되었다. 현장 적용 시 작업 효율과 안정적인 품질유지를 고려할 때, 큰느타리버섯의 5주 운송 + 현지유통 7일로 설정한 수출과정에서 운송에 적합한 포장방법으로는 기존 방식인 30 μ m PE 2kg 대포장 방식보다는 30 μ m PP 필름 백이나 PET 용기 소포장 방식이 보다 실용적인 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 갈변, 수출 모의실험, modified atmosphere, 이취, *Pleurotus eryngii*, 유통기간

인용문헌

- Adamicki, F. 2004. Mushrooms, In: K.C. Gross, C.Y. Wang, and M. Saltveit (eds.). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agr. Handbook No. 66. (Website version, revised in April, 2004). USDA-ARS, Beltsville, USA.
- Ares, G., C. Parentelli, A. Gambaro, C. Lareo, and P. Lema. 2006. Sensory shelf life of shiitake mushrooms stored under passive modified atmosphere. *Postharvest Biol. Technol.* 41:191-197.
- Baik, K.Y., Y.K. Lee, J.W. Kim, I.S. Park, and S.D. Kim. 2009. Effects of vacuum cooling on shelf life of *Pleurotus eryngii* during PE packaging storage. *Korean J. Food Preserv.* 16:166-171.
- Beaudry, R.M. 2000. Response of horticultural commodities to low oxygen limits to the expanded use of modified atmosphere packaging. *HortTechnology* 10:491-500.
- Cho, S.H., D.S. Lee, S.D. Lee, N.G. Kim, and J.S. Ryu. 1998. Modified atmosphere packaging for keeping freshness of Enoki mushroom (*Flammulina velutipes*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27:1137-1142.
- Choi, M.H. and G.H. Kim. 2003. Quality changes in oyster mushrooms during modified atmosphere storage as affected by temperatures and packaging materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35:1079-1085.
- Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Handbook No. 66. USDA, Beltsville, USA p. 41-42.
- Kim, J.H., J.K. Kim, K.D. Moon, T.H. Sohn, and J.U. Choi. 1995. Effects of MAP and CA storage on quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol. Agri. Products* 2:225-232
- Lee, H.D., H.S. Yoon, W.O. Lee, H. Jeong, K.H. Cho, and W.K. Park. 2003. Estimated gas concentrations of MA (modified atmosphere) and changes of quality characteristics during the MA storage on the oyster mushroom. *Korean J. Food Preserv.* 10:16-22.
- Mattheis, J. and J.K. Fellman. 2000. Impact of modified atmosphere packaging and controlled atmospheres on aroma, flavor, and quality of horticultural commodities. *HortTechnology* 10:507-510.
- Mir, N. and R.M. Beaudry. 2004. Modified atmosphere packaging, In: K.C. Gross, C.Y. Wang, and M. Saltveit (eds.). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Agr. Handbook No. 66. (Website version, revised in April, 2004) USDA-ARS, Beltsville, USA.
- Park, Y.M. and C.S. Jhune. 2010. Quality changes of king oyster mushroom as influenced by controlled atmosphere regimens during storage and shelf temperature conditions. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:70-76.
- Park, Y.M. and S.Y. Ha. 2008. Relationship between sensory texture and instrumental evaluation of firmness in king oyster mushroom. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26(Suppl.):39. (Abstr.)
- Park, Y.M. and T.M. Yoon. 2006. Impact of storage method and shelf temperature on quality attributes and physiological metabolism of 'Fuji' apples. *Hort. Environ. Biotechnol.* 47:138-143.
- Park, Y.M., C.J. Lee, and C.S. Jhune. 2009. Marketability of *Agaricus bisporus* mushrooms influenced by controlled atmosphere storage and shelf temperature conditions. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50:127-131.
- Park, Y.M., S.W. Park, S.J. Hong, and J.H. Hong. 2004. Evaluation of storability and shelf life of oyster mushroom under simulated shipment and marketing environment. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45:9-15.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS user's guide. Statistical Analysis Systems Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Villaescusa, R. and M.I. Gil. 2003. Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. *Postharvest Biol. Technol.* 28:169-179.
- Watkins, C.B. 2000. Response of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *HortTechnology* 10:501-506.