KOREAN J. POSTHARVEST SCI. TECHNOL.
Vol. 8. No. 4, pp.367~373 (2001)

큰느타리버섯의 MA저장중 품질변화

조숙현 · 이상대 · 류재산 · 김낙구 · 이동선*
경남농업기술원, 경남대학교 생명과학부*

Changes in Quality of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*) during Modified Atmosphere Storage

Sook-Hyun Cho, Sang-Dae Lee, Jae-San Ryu, Nak-Goo Kim and Dong-Sun Lee*
Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Chinju 660-360, Korea
**Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea*

Abstract

In order to study the effect of modified atmosphere storage on extending shelf life of King Oyster mushroom was wrapped with PVC film and packed with 20㎛ polyolefin(PD941), and effects of temperature(0, 5, 10℃) in packaging conditions on the respiration and keeping qualities were evaluated. Higher respiratory activity and weight loss were observed at higher temperature. The concentration of O_2 and CO_2 of PVC wrap and polyolefin(PD941) packages for all showed 1~2% and 10~14%, respectively. Polyolefin(PD941) package were superior to the PVC wrap packaging method in Hardness, Hunter L value, Hunter b value and sensory qualities, and reducing weight loss at 0℃, 5℃ and 10℃ compared to PVC wrap. It was found that the optimum shelf-life period of King Oyster mushroom packaged by PVC wrap was estimated to be 50, 28 and 12 days at 0, 5 and 10℃, respectively, and 50, 32 and 21 days in Polyolefin(PD941).

Key words : King Oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, Polyolefin(PD941), MA

서 론

큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii*(De candolle ex Fries) Quelo)은 분류학적으로 진정담자균강, 동담자균아강(모균아강), 주름버섯목, 느타리버섯과('75년 Singer는 송이과로 분류하였으나 '86년 느타리버섯과로 재분류함)에 속하는 담자균버섯으로서 백색목재부후균의 일종이다. 일반명은 King Oyster Mushroom 또는 Boletus of the Steppes로서 왕굴버섯 또는 초원버섯이고, 우리나라에서는 큰느타리버섯, 왕느타리버섯으로 알려져 왔다(1). 국내에서 생력기계화 재배형인 톱밥을 이용한 병재배버섯의 생산량이 매우 급증하였고, 생산량의 증대와 함께 유통중 버섯품질의 유지를 위한 포장기술의 개발이 필요하다.

버섯은 일반적으로 향미가 좋고, 영양가가 풍부하나 수분이나 질소화합물의 함량이 많아 변질되기 쉽고, 조직이 연하여 수확 후 저장수명이 짧은 반면(2), 큰느타리버섯은 자실체의 균사조직이 치밀하고, 육질감이 뛰어나며, 다른 버섯에 비해 수분함량이 낮아서(3), 수출상품화의 개발가치가 매우 높은 버섯이므로, 신선도를

Corresponding author : Sook-Hyun Cho, Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Chinju 660-360, Korea
E-mail : shcho@mail.knrda.go.kr

향상시킬 수 있는 방법을 모색하는 것이 필요한 것으로 생각된다.

버섯의 저장방법으로서 저온저장(4), CA저장(5, 6), MA저장(7, 8), 진공예냉(9), 방사선 조사(10), 빙점강하제를 이용한 저장(11) 등이 있으나 대부분이 양송이, 표고버섯, 송이버섯에 관한 것이고, 큰느타리버섯의 저장 및 포장에 관한 구체적인 연구는 없다.

일반적인 버섯의 포장에 관한 연구로서 Svein 등(12)은 양송이를 0℃에서 CO_2 농도 15~50%, O_2 10~20%의 조건으로 저장하면, 20일이상 기간을 연장할 수 있다고 보고하였고, Yamaguchi 등(13)은 0℃에서 표고버섯을 두께 100㎛ PE필름으로 밀봉하면 포장내의 O_2 농도 1~2%로 감소하고, CO_2 농도는 10~14%로 형성되어 4주일 이상 저장이 가능한 것으로 보고하였다.

본 연구에서는 큰느타리버섯의 신선도를 유지하여 유통기간을 연장하고, 유통중 중량감소를 억제할 수 있는 MA(Modified atmosphere)저장을 이용하여 수출상품화의 가능성을 알아보고, 저장온도에 따른 품질변화를 측정함으로써 큰느타리버섯을 신선한 상태로 장기저장 할 수 있는 방법을 연구하였다.

재료 및 방법

재 료

큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii*, ASI 2302)은 경남농업기술원 버섯연구실에서 수확한 것을 바로 실험실에 옮겨 실험에 사용하였다.

호흡속도 및 호흡특성의 측정

O_2 및 CO_2 농도에 따라 큰느타리버섯의 호흡속도를 나타낼 수 있도록 하기 위하여 Lee와 Lee(14)의 방법에 따라 밀폐병을 이용한 폐쇄계 방법에 의해 효소반응속도론에 기초한 호흡모델 파라미터(K_{ic}, K_{io}, K_{mc}, K_{mo},V_{mc}, V_{mo})를 얻었다.

150 ± 2 g의 큰느타리버섯을 담은 1 ℓ 밀폐병내의 O_2 및 CO_2 농도의 변화를 측정하기 위해서는 1 ㎖의 가스 시료를 syringe로 샘플링하여 gas chromatography (Hewlett-Packard 8690A, Hewlett-Packard Co., 미국)에 의하여 분석하였다. 분리 column으로는 CTR I packed column(Alltech Associates, Inc., Deerfield, IL, 미국)을, carrier gas로는 헬륨을, detector로는 TCD를 사용하였다.

필름 포장재의 가스투과도 측정

큰느타리버섯의 포장필름을 구하여 이들의 산소 및 이산화탄소 투과도를 0, 5, 10℃에서 측정하였고, 투과도의 측정은 Karel 등(15)의 quasi-isostatic method를 따랐다. 필름의 투과도 실험은 두 반복으로 수행하였고, 필름의 두께는 micrometer(Mituto Co. 일본)에 의해서 측정하였다.

저장성 비교시험

시중에서 일반적으로 소매되고 있는 무게인 150 ± 2 g으로 포장하였고, Lee 등(16)이 제시한 모델을 이용하여 포장내에 얻어지는 평형가스농도와 평형도달시간을 구하기 위하여 측정된 호흡특성과 필름투과도를 이용하였다.

버섯포장에 이용되는 플라스틱 봉지의 크기는 20 × 17 ㎝이고, 랩 트레이의 크기는 18.1 ×13.2 ㎝ 이다. 설계된 포장을 제작하여 0, 5, 10℃에서 저장하면서 포장내 기체조성과 품질변화를 측정하였다. PVC wrap 포장은 통기성 대조구 포장으로서 폴리스티렌 트레이에 150 ± 2 g의 버섯을 담고 PVC wrap (polyvinylchloride, (주)럭키, PVC)으로 stretch wrap 포장하였으며, 폴리올레핀계열 20 ㎛ PD941 (cryovac, W.R. Grace, Duncan, SC, 미국)을 사용하여 봉지형태로 포장하였다.

저장중 품질변화 측정

포장내 가스농도 측정은 포장내의 가스 1 ㎖를 syringe로 샘플링하여 gas chromatography를 사용하여 산소와 이산화탄소 농도의 변화를 측정하였다. 중량감소율은 저장전 큰느타리버섯의 중량을 측정하여 포장개봉 후 저장 전 초기중량에서 저장 후 중량을 뺀 중량감소를 초기 중량에 대한 백분율로 나타내었다. 큰느타리버섯의 경도를 측정하기 위해 갓부분과 자루부분을 정확하게 자른 후 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, England)로 조사하였다. 이때 probe size는 ϕ 2mm, head speed는 3.0mm/s, 갓의 표면으로부터 probe가 이동한 거리는 10mm이었다. 색도는 큰느타리버섯의 갓과 자루를 색도계(TC-3600, Tokyo Denshoku Co., Ltd, Japan)를 사용하여 명도(L, lightness)값과 황색도(b, Yellowness)값을 3회 반복 측정하였다. 관능적 품질은 0, 5, 10℃에서 저장된 시료를 사용하여 이취, 색택, 종합

적 품질에 대하여 9점척도법으로 평가하였으며, 관능검사로 측정된 결과는 SAS program을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan's multiple range test에 의해 $p \leq 0.001$ 수준에서 각 처리구간의 유의성을 통계 처리하였다.

결과 및 고찰

필름포장재의 가스투과도와 호흡 특성

Table 1은 밀폐계 실험에 의하여 얻어진 0℃, 5℃, 10℃에서 큰느타리버섯의 호흡 모델 파라미터를 보여주고 있는데 이러한 호흡 모델 파라미터를 이용하여 산소 및 이산화탄소 농도에 따른 호흡속도를 예측할 수 있고, 큰느타리버섯의 호흡을 계산해보면 높은 온도에서 호흡속도가 빠르며, 일반적으로 팽이버섯(17)과 양송이버섯(18)의 경우도 마찬가지였다. 따라서 저온에서의 저장이 호흡 속도를 낮출수 있어서 생리적 품질변화를 억제할 수 있으므로 저온저장과 함께 빠른 예냉이 선도유지에 도움이 된다.

Table 1. Respiration model parameters of King Oyster mushroom obtained by closed system method at 0℃, 5℃ and 10℃

Temperature (℃)	Respiration expression	V_m (mℓ/kg h)	K_m (% O_2)	K_i (% CO_2)
0	O_2 consumption	50.5155	0.6286	18.6580
	CO_2 evolution	27.0385	0.1185	17.0837
5	O_2 consumption	95.8933	7.2333	47.0906
	CO_2 evolution	48.3917	4.1764	26.7350
10	O_2 consumption	147.942	1.7556	99.9646
	CO_2 evolution	99.8123	0.2637	20.0334

Table 2. O_2 and CO_2 permeabilities of available plastic films at 0℃, 5℃ and 10℃

Temperature (℃)	Film	Thickness (㎛)	Gas permeability (mℓ ㎛/m² h atm)		Ratio of CO_2 permeability to O_2 permeability
			O_2	CO_2	
0	PVC wrap	13.7	122.9	833.9	6.8
	Polyolefin (PD941)	20.0	122.9	652.2	5.3
5	PVC wrap	13.7	238.1	1252.0	5.3
	Polyolefin (PD941)	20.0	196.7	891.1	4.5
10	PVC wrap	13.7	290.1	1844.3	6.4
	Polyolefin (PD941)	20.0	256.3	1184.5	4.6

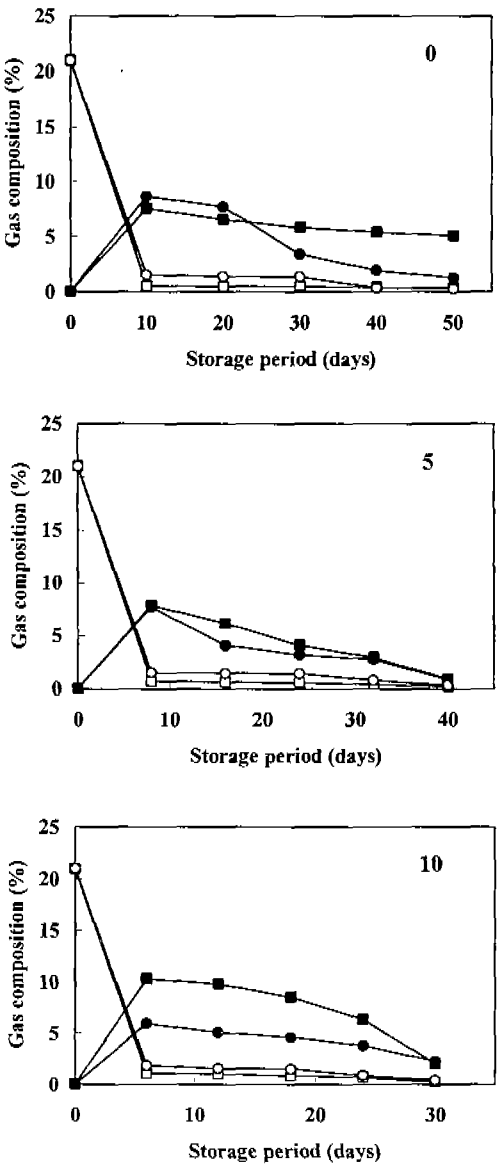

Fig. 1. Changes in gas compositions inside packages of King Oyster mushrooms at 0℃, 5℃ and 10℃.
■-■ : PVC, CO_2 ; ●-● : Polyolefin(PD941), CO_2 ; □-□ : PVC, O_2 ; ○-○ : Polyolefin(PD941), O_2

Table 2는 큰느타리버섯의 밀봉포장에 이용된 PVC wrap 및 Polyolefin계열의 PD941 필름의 가스투과도를 나타내고 있다. Polyolefin계열의 PD941 필름이 PVC wrap 필름에 비해서 낮은 O_2 및 CO_2 투과도의 범위를 보여주며, O_2 투과도에 대한 낮은 CO_2 투과도의 비에서도 낮은 값을 보여주고 있다. 이러한 가스투과도의 영

향과 큰느타리버섯의 호흡특성의 결과로서 Fig. 1과 같은 포장내 기체조성의 변화를 보여주고 있다. 각각 저장 10일, 8일, 6일로부터 PVC wrap 및 PD941 밀봉포장 모두 0, 5, 10℃에서 1~2%이하의 O_2 농도를 보였으며, CO_2 농도의 경우 0℃에서 8~9%, 5℃에서 7~8%, 10℃에서는 PVC wrap 포장의 경우 10~11%, PD941 밀봉포장은 5~6%의 농도를 보였으며, 온도가 높을수록 CO_2 농도가 높았다. Kader(19) 등은 버섯의 최적기체조성은 1% O_2와 15% CO_2라고 보고하였는데, 버섯의 특징에 따라 차이가 날 수 있다고 생각된다.

저장중 품질변화

저장기간에 따른 큰느타리버섯의 중량감소율은 Fig. 2와 같다. 0℃, 5℃, 10℃ 모두 PVC wrap 포장보다는 PD941 밀봉포장이 중량감소가 훨씬 적었다. 그리고 PVC wrap포장의 경우 온도에 관계없이 저장초기에 중량감소가 컸으며, 이것은 Rajarathnam 등(20)의 연구와 일치하였다. PVC wrap의 중량감소가 큰 것은 PVC wrap포장이 트레이와 PVC 필름의 밀착이 완벽하지 않고, 버섯의 증산작용에 의해 발생된 수분이 쉽게 이용되는 것에 기인하는 것으로 생각되고, 저장중 버섯의 중량이 감소되는 주요 원인은 버섯 조직의 수분 증발, 저장 중 호흡에 의한 탄수화물의 분해 등에 의한 것이며(21), 심한 중량 감소는 조직의 수축 등 품질저하의 매우 커다란 원인이 되기도 한다.

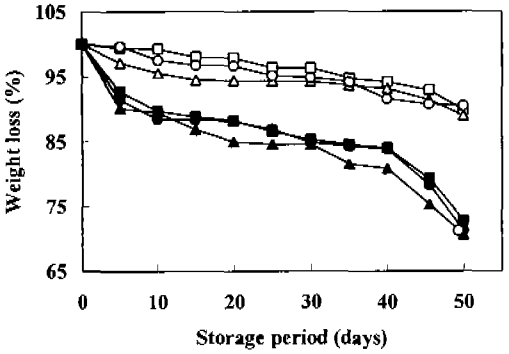

Fig. 2. Changes in weight loss of King Oyster mushrooms stored at 0℃, 5℃ and 10℃.
■-■ : PVC, 0℃; ▲-▲ : PVC, 5℃; ●-● : PVC, 10℃; □-□ : Polyolefin(PD941), 0℃; △-△ : Polyolefin(PD941), 5℃; ○-○ : Polyolefin(PD941), 10℃

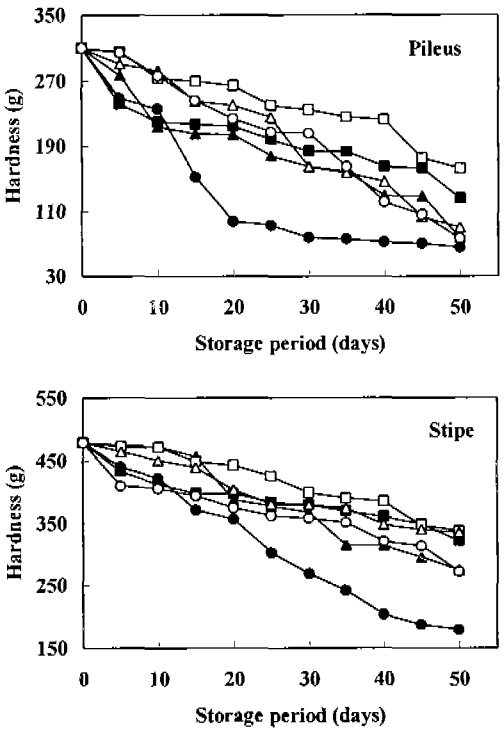

Fig. 3. Changes in hardness for pileus and stipe of King Oyster mushrooms stored at 0℃, 5℃ and 10℃.
■-■ : PVC, 0℃; ▲-▲ : PVC, 5℃; ●-● : PVC, 10℃; □-□ : Polyolefin(PD941), 0℃; △-△ : Polyolefin(PD941), 5℃; ○-○ : Polyolefin(PD941), 10℃

큰느타리버섯의 저장중 갓과 자루의 hardness 변화를 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 버섯은 수확초기에는 단단하여 탄력이 좋으나, 기간이 지남에 따라 수분감소와 함께 경도가 줄어들게 된다. 그림에서 보는 바와 같이 같은 저장일수에서 저장온도가 높을수록 경도가 낮으며 저장기간이 길어짐에 따라 완만한 감소를 보였다. 10℃에서 PVC wrap으로 포장한 갓의 경우 저장 10일이후부터는 경도가 급격히 감소를 보였고, 자루의 경우는 10일이후에 경도가 완만한 감소를 보이다가, 20일이후부터는 급격한 감소를 보였다. 그리고 갓의 경우 앞의 중량감소율과 마찬가지로 PVC wrap 포장이 PD941밀봉포장보다 경도저하가 크게 나타났다. 저장온도가 높은 경우에는 낮은 온도에 비해 호흡작용이나 증산작용이 활발하기 때문에 조직의 분해나 수분손실에 의한 경도저하가 크게 발생하는 것으로 보였다.

산작용이 활발하기 때문에 수분손실에 의한 경도 저하가 크게 발생하는 것으로 보였다.

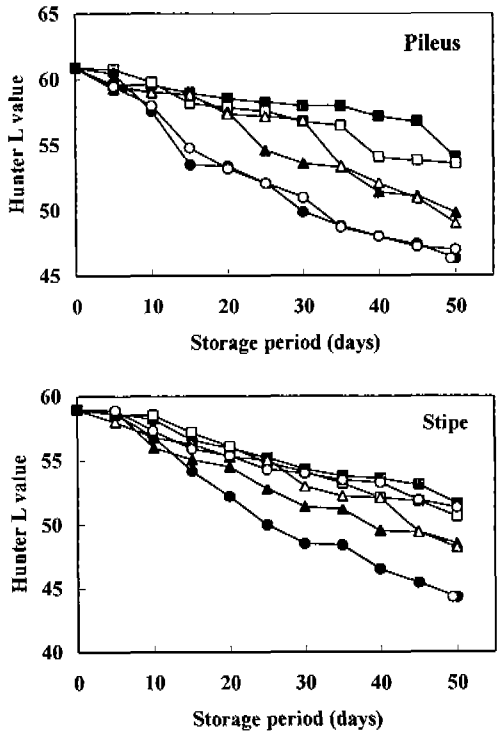

Fig. 4. Changes in Hunter L value for pileus and stipe of King Oyster mushrooms stored at 0℃, 5℃ and 10℃. ■-■ : PVC, 0℃; ▲-▲ : PVC, 5℃; ●-● : PVC, 10℃; □-□ : Polyolefin(PD941), 0℃; △-△ : Polyolefin(PD941), 5℃; ○-○ : Polyolefin(PD941), 10℃

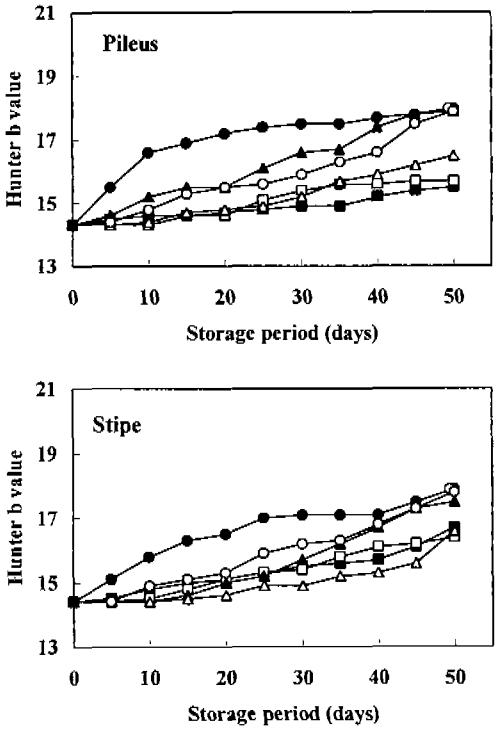

Fig. 5. Changes in Hunter b value for pileus and stipe of King Oyster mushrooms stored at 0℃, 5℃ and 10℃. ■-■ : PVC, 0℃; ▲-▲ : PVC, 5℃; ●-● : PVC, 10℃; □-□ : Polyolefin(PD941), 0℃; △-△ : Polyolefin(PD941), 5℃; ○-○ : Polyolefin(PD941), 10℃

큰느타리버섯의 갓과 자루에 대한 Hunter 색차계의 L값과 b값을 Fig. 4와 5에 나타내었다. L값은 버섯의 색택을 나타내는 지표로 많이 사용되는데, 0℃, 5℃, 10℃ 모든 온도에서 저장기간에 따라 전반적으로 완만하게 감소하는 경향을 보였다. Gormley(22)는 양송이 버섯에 있어서 L값이 80미만이면 도매용으로 적합하지 않으며, 69미만일 경우 소매용으로도 적합하지 않다고 보고한 바 있으나, 본 실험에서는 큰느타리버섯의 저장전 L값이 60.1 정도로 나타나서, 양송이와 큰느타리버섯과는 L값 기준이 다름을 알수 있었다. 10℃의 경우 PVC wrap 으로 포장한 큰느타리버섯의 갓과 자루에서 10일 이후에 L값과 b값이 크게 감소하는 경향을 보였는데, 이는 관능적 특성의 결과와 일치하였다. 그리고 b값도 버섯의 갈변으로 인하여 저장기간에 따라 0℃, 5℃, 10℃ 모든 온도에서 증가하는 경향을 보였다.

Table 3. Changes in sensory properties of King Oyster mushrooms packaged in PVC wrap stored at 0℃, 5℃ and 10℃.

Temperature (℃)	Average hedonic score	Storage Period (days)					
		0	10	20	30	40	50
0	Appearance	9	8	8	7	7	5
	Color	9	8	7	7	6	5
	Odors	9	8	8	7	6	5
	Overall	9.0^{a}	8.3^{ab}	7.8^{b}	7.5^{b}	6.5^{c}	5.2^{d}
	Average hedonic score	Storage Period (days)					
		0	8	16	24	28	40
5	Appearance	9	8	6	6	5	4
	Color	9	8	6	6	5	4
	Odors	9	8	5	5	5	4
	Overall	9.0^{a}	8.3^{a}	5.7^{c}	5.7^{c}	5.3^{cd}	3.7^{e}
	Average hedonic score	Storage Period (days)					
		0	6	12	18	24	30
10	Appearance	9	7	5	4	4	2
	Color	9	7	5	5	4	3
	Odors	9	7	6	4	3	2
	Overall	9.0^{a}	7.3^{b}	5.3^{c}	4.3^{de}	3.7^{e}	2.3^{f}

* 9 : excellent, 1 : Very poor

** Different superscript characters for each quality items mean significant difference at p≤0.001.

Table 4. Changes in sensory properties of King Oyster mushrooms packaged in Polyolefin(PD941) film stored at 0℃, 5℃ and 10℃.

Temperature (℃)	Average hedonic score*	Storage Period (days)					
		0	10	20	30	40	50
0	Appearance	9	8	8	7	7	5
	Color	9	8	8	7	7	5
	Odors	9	8	8	7	6	5
	Overall	9.0^{a}	8.3^{ab}	8.0^{b}	7.7^{b}	6.7^{c}	5.3^{d}
	Average hedonic score*	Storage Period (days)					
		0	8	16	24	32	40
5	Appearance	9	8	7	6	5	4
	Color	9	8	7	6	6	4
	Odors	9	8	7	6	5	3
	Overall	9.0^{a}	8.3^{ab}	7.3^{bc}	6.3^{cd}	5.7^{de}	3.7^{f}
	Average hedonic score*	Storage Period (days)					
		0	6	12	18	21	30
10	Appearance	9	8	7	6	5	3
	Color	9	7	7	6	5	3
	Odors	9	7	7	6	5	2
	Overall	9.0^{a}	7.3^{b}	7.3^{b}	5.7^{c}	5.3^{c}	3.3^{d}

* 9 : excellent, 1 : Very poor
** Different superscript characters for each quality items mean significant difference at $p \leq 0.001$.

버섯의 품질은 앞에서 언급한 여러 가지 특성에 의하여 객관적으로 비교가 가능하지만, 실제 유통과정중에는 객관적인 분석자료에 의한 품질비교는 어렵기 때문에 주로 관능적 특성에 의하여 주관적으로 평가하게 된다. 실제로 버섯의 관능적 특성은 대개 갓의 개열, 이취, 표면색택, 조직감 등이 주요한 지표로 사용되어지며, 갓이 개열되지 않고, 하얀색을 보이며 이취가 나지 않는 경우 상품으로 평가된다(23). Table 3은 PVC wrap 포장한 큰느타리버섯의 저장중 관능적 특성을 나타내었는데 전체 평가의 경우 0, 5, 10℃에서 각각 저장 50일에 5.2, 28일에 5.3, 12일에 5.3으로서 거의 유사한 값을 보였고, 5.2~5.3을 저장한계치로 볼 때 0, 5, 10℃의 저장한계일은 각각 50일, 28일, 12일이었다.

Table 4는 PD941 포장한 큰느타리버섯의 저장중 관능적 특성을 나타내었는데 전체 평가의 경우 0, 5, 10℃에서 각각 저장 50일에 5.3, 32일에 5.7, 21일에 5.3으로서 5℃를 제외하고 거의 유사한 값을 보였고, 5.3~5.7을 저장한계치로 볼 때 0, 5, 10℃의 저장한계일은 각각 50일, 32일, 21일이었다. PVC wrap 과 Polyolefin계열의 PD941 필름 모두 0℃에서는 저장기간에만 차이가 있고 포장재료간에는 차이가 없었으며, 5℃와 10℃에서는 저장기간과 포장재료간에는 차이를 보였다.

이런 결과로 볼 때 Polyolefin계열의 PD941필름과 함께 적절한 포장재와 포장방법을 더욱 개선하여 이용한다면 농가소득증대와 함께 수출상품화의 가능성이 큰 것으로 생각된다.

요 약

큰느타리버섯의 신선도 연장을 위해 PVC wrap과 20 ㎛ Polyolefin계열의 PD941 필름을 이용하여 밀봉한 후 저장온도 0℃, 5℃, 10℃에서 저장하면서 품질변화를 조사하였다. 큰느타리버섯은 저장온도가 높을수록 호흡속도가 빠르며, 중량감소율은 저장온도 0℃, 5℃, 10℃에서 Polyolefin계열의 PD941 밀봉포장이 PVC wrap 포장보다 중량감소가 훨씬 적었다. 포장내 가스농도중 O_2농도는 PVC wrap포장과 Polyolefin계열의 PD941 밀봉포장이 0℃, 5℃, 10℃에서 1%이하로, CO_2농도는 6~10%를 나타내었다. Hardness, Hunter L값, Hunter b값, 관능평가 결과를 고려할 때 Polyolefin계열의PD941 밀봉포장이 PVC wrap 포장에 비해서 우수하였고, 큰느타리버섯의 저장가능기간은 PVC wrap 포장의 경우 0℃에서 50일, 5℃에서 28일, 10℃에서 12일이 가능하고, Polyolefin계열의 PD941 밀봉포장은 0℃에서 50일, 5℃에서 32일, 10℃에서 21일이 가능하였다.

참고문헌

1. 古川久彦 (1992) きのこ學. 共立出版株式會社
2. 포천종균배양소 (1995) 식이버섯의 자실체 및 균사체를 이용한 가공제품 개발. 농림부특정연구과제.
3. 경남농촌진흥원 (1988) 최신버섯재배실용기술. p. 7~9
4. 南出隆久, 垣生俊夫, 緒方邦安 (1980) 數種キノコの鮮度におよぼす貯藏溫度の影響. 日本食品工業學會誌, 27, 281-287
5. Nichols, R. and Hammond, J.B.W. (1973) Storage of mushrooms in pre-packs : the effect of changes in carbon dioxide and oxygen on quality. *J. Sci. Food. Agric.*, 24, 1371-1381
6. 南出隆久, 西川哲夫, 緒方邦安 (1980) シイタケの鮮

度におよぼす炭酸ガス(CO_2)ならびに酸素(O_2) 濃度の影響. 日本食品工業學會誌, 27, 505-510

7. 이세은, 김동만, 김길환 (1991) MA저장중 표고버섯 (*Lentinus edodes*)의 품질변화에 관한 연구. 한국식품영양학회지, 20, 133-138
8. Halachmy, I.P. and Mannhein, C.H. (1992) Is modified atmosphere packaging beneficial for fresh mushrooms?. *Leben-Wiss.u-Technol.*, 25, 426-432
9. Burton, K.S., Frost, C.E. and Atkey, P.T. (1987) Effect of vacuum cooling on mushroom browning. *Int. J. Food Sci & Technology*, 22, 599~606
10. 조한옥, 변명우, 권중호 (1984) 방사선 조사와 자연저온에 의한 송이저장. 한국식품과학회지, 16, 182~184
11. 한국식품개발연구원 (1998) 빙점강하제를 이용한 신선버섯류 및 수삼의 저장기술 개발. KFRI, E1475-1015
12. Sveine, E., Klougart, A. and Rasmussen, C. R. (1967) Ways of prolonging the shelf-life of fresh mushroom. *Mushroom sci*, 6, 463-474
13. 山口優一, 山下市二, 青木章平 (1988) 栽培農家におけるシイタケの鮮度保持に關する研究. 日本食品低溫保藏學會誌, 14, 59~62
14. Lee, J.J. and Lee, D.S. (1996) A dynamic test for kinetic model of fresh produce respiration in modified atmosphere and its application to packaging of prepared vegetables. *Foods and Biotechnol.*, 5, 343-348
15. Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V. (1963) Application of gas chromatography to the measurement of gas permeability of packaging materials, *Food Technol.*, 17, 91-94
16. Lee, K.S., Woo, K.L. and Lee, D.S. (1994) Modified atmosphere packaging for green chili peppers. *Packaging Technol. Sci.*, 7, 51-58
17. 한국식품개발연구원 (1999) 가스충전포장에 의한 신선버섯류 및 최소가공식품의 선도연장기술개발, KFRI, E1511-9908
18. S. Roy, R.C. Anantheswaran and R.B. Beelman (1995) Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. *J. food sci.*, 60, 334-340
19. Kader, A.A, Zagory, D. and Kerbel, E.L. (1989) Modified atmosphere. packaging of fruits and vegetables. *CRC Crit. Rev. food sci. Nutr.*, 28, 1~30
20. 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, 153-161
21. Hammond, J.B.W. (1979) Changes in composition of harvested mushroom(*Agaricus bisporus*). *Phytochem.*, 18, 415-422
22. Gormley, R. (1975) Chill storage of mushrooms. *J. Sci. Food. Agric.*, 26, 401-411
23. Burton, K.S, Frost, C.E and Nichols, R (1987) A combination plastic permeable film system for controlling postharvest mushroom quality. *Biotechnol. Lett.*, 9, 529-534

(접수 2001년 9월 20일)