

# 1-Methylcyclopropene 처리와 미세천공 필름 포장에 큰느타리버섯의 저장기간 중 품질에 미치는 영향

최지원<sup>1</sup>, 전창성<sup>2\*</sup>, 홍윤표<sup>2</sup>, 조미애<sup>1</sup>, 김지강<sup>1</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예작물부, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

## Effect of 1-methylcyclopropene and microperforated film packaging on postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*)

Ji-Weon Choi<sup>1</sup>, Chang-Sung Jhune<sup>2\*</sup>, Yoon-Pyo Hong<sup>2</sup>, Mi-Ae Cho<sup>1</sup> and Ji-Kang Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticultural Crop Research, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, 440-706

<sup>2</sup>Department of Herbal Crop Research, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, 369-873

(Received November 15, 2012, Revised November 23, 2012, Accepted November 25, 2012)

**ABSTRACT:** This study was carried out to investigate proper modified atmosphere condition of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) during cold storage and distribution. King oyster mushrooms were divided into two treatments: 1 µL/L 1-methylcyclopropene for 20 hours at 0°C (1-MCP), while the other treatment was left at 0°C (control). They were packaged with 30 µm oriented polypropylene (OPP, 1238.0 cc/m<sup>2</sup>·day·atm O<sub>2</sub>), and microperforated (MP3, 3179.9cc/m<sup>2</sup>·day·atm O<sub>2</sub>) film. Quality and sensory evaluation parameters of weight loss, stem firmness, skin color, off-flavor, overall quality were monitored after 3, and 4 weeks storage at 0°C and plus 3 days on the shelf at room temperature. 1-MCP treated mushroom packaged with MP3 film kept 3.6~10.9% O<sub>2</sub> and 9.0~13.3% CO<sub>2</sub> concentration in the bag during storage, and showed high overall quality at 4 weeks storage at 0°C + 3 days on the shelf at room temperature because of the lowest development of off-flavor, stem discoloration, and cap softening among the treatments.

**KEYWORDS :** *Pleurotus eryngii*, Shelf life, Storage

## 서론

큰느타리버섯은 분류학적으로 주름버섯목 느타리과 느타리속에 속하는 주요 농산버섯으로 우리나라에서는 일반 상품명인 “새송이버섯”이라 불리운다. 다른 느타리버섯에 비하여 줄기 부분의 육질이 치밀하고 향과 품질이 우수하며(Zadrazil, 1974), 단백질을 비롯한 식이섬유, 각종 비타민 및 무기성분을 풍부하게 함유하고 있는 반면 지방성분은 거의 없는 저칼로리 식품으로 소비자의 선호도가 증가하여 소비가 급격히 확산되었다(김 등, 2004; Khan and Tania, 2012). 2000년 이후 병버섯 재배 형태의 인공재배가 확립되고 대규모 시설재배가 가능해지면서 안정생산이 이루어지고 가격 및 품질 면에서 경쟁력이 확보되어 2005년 이후 활발한 해외시장 개척과 더불어 수출도 증가 추세이다(김 등, 2008). 주요 수출국은 미국, 호주, 네덜란드 등으로 운송 및 현지 유통기간을 확보하려면 최소한 수확부터 20~24일을 신선하게 보관할 수 있어야 한다.

큰느타리버섯을 비롯한 버섯류는 수확 후에도 생명활동

을 유지하고 있어 호흡 등 생리대사를 지속하고 있다. 그 결과 갈변이나 퇴색, 짓무름, 중량 감소 등의 변화가 생겨 신선도에 영향을 주게 된다. 큰느타리버섯에 대한 장기간 품질 유지를 위한 구체적인 연구는 많지 않다. 감압 예냉처리(백 등, 2009), controlled atmosphere(CA) 조건 구멍(박과 전, 2010), 그리고 MA포장재에 대한 연구결과가 보고되어 있다. -1°C에서 40분간 감압 예냉 하였을 때 신선도 유지에 효과적이었고, CA조건은 5 kPa O<sub>2</sub> + 10~15 kPa CO<sub>2</sub> 조성 환경에서 4주 저장 + 7일 저온유통이 가능하였다.

Modified atmosphere packaging(MAP)에 의한 선도유지는 호흡작용을 활용하여 포장 내부에 적절한 가스 조성을 만들어냄으로써 작물의 호흡량과 에틸렌 발생량을 감소시키며 포장내부 습도를 유지시켜 작물의 유통 및 판매에 이르기까지 품질을 유지시키는 기능을 가지고 있다(Rai와 Shashi, 2007). 조 등(2001)은 PVC 랩과 20 µm polyolefin계열 필름을 이용하여 밀봉저장하였을 때 0, 5, 10°C에서 O<sub>2</sub>농도 1%이하, CO<sub>2</sub>농도 6~10%를 나타내었으며 0°C에서 50일 저장이 가능하였다고 하였다. Adamicki(2004)는 양송이버섯을 1% 이하의 산소에 보관하였을 때 이취가 발생되어 상품성이 떨어진다고 하였다. 유통 중 사용되는 포장재로는 국

\* Corresponding author <csjhune@korea.kr>

내 시장조사 결과 느타리버섯에 방담성 30 $\mu$ m 두께 oriented polypropylene(OPP) 필름을 이용한 봉지형태가 주로 사용되고 있다. 이 포장재를 사용시 갈변, 기증균사 발생, 그리고 증산을 억제하는 장점이 있지만 포장 내부 산소농도를 낮추어 유통 중 무기호흡에 의한 심한 이취 발생, 갓조직 붕괴 등 상품성 저하를 일으키기도 한다. 최근에는 신선도 유지 포장재로 microperforated(MP) 필름 및 산소투과율을 조절할 수 있는 필름 등이 개발되어 품목별 호흡특성을 고려한 맞춤형 포장이 가능하다. 미세천공 가공 방법에는 미세 열침, 유압식 다이아몬드 롤 압착, CO<sub>2</sub> 레이저 방식이 있으며 포장재 표면에 초미세 가공 레이저로 구멍 개수 및 깊이에 따라 산소투과율이 조정된 통기성필름을 제조하는 기술(Sohn 등, 2008) 등이 보고되었다.

버섯은 수확후 호흡량이 매우 높아 중량감소가 빠르게 진행되는 작물이다. 성숙 및 노화 호르몬인 에틸렌 발생량은 매우 적으나 내생 또는 외생 에틸렌에 대해 매우 민감하여 갈변이 빠르게 진행된다. 1-methylcyclopropene(1-MCP)은 에틸렌의 무독성 길항제로 과실, 채소 등 여러 원예작물에 처리 후 에틸렌 수용체에 결합하여 에틸렌 작용을 억제하는 물질로서 연화 억제, 선택유지, 중량감소 억제 등의 효과가 확인되었다(Watkins, 2006). 에틸렌 발생량이 적은 당근과 같은 작물에서도 1-MCP 처리시 에틸렌에 의해 유도되는 생리장해가 억제되었고(Fen과 Mattheis, 2000) 비호흡급등형 작물에 처리하여도 신선도 유지에 효과적임이 보고되었다(Cho 등, 2008). 1-MCP 처리와 다양한 수확후 관리 기술을 복합 처리하여 저장수명 및 성분 유지에 미치는 영향에 대해 연구되고 있으나 버섯에 대해서는 거의 검토되지 않았다.

본 실험은 수출시 필요한 운송 및 현지유통기간 확보를 위하여 성숙 및 노화 호르몬인 에틸렌의 무독성 길항제인 1-MCP 처리와 미세천공 가공으로 산소투과도를 높이도록 조정된 방담 30 $\mu$ m OPP필름 처리를 복합하여 선도유지기간을 연장하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험재료

본 실험에 사용한 큰느타리버섯은 경기도 수원지역 재배 농가에서 2011년 10월 13일에 수확하였다. 수확한 버섯은 통풍이 양호한 플라스틱 박스에 담아 수확 즉시 실험실로 옮겨 실험에 사용하였다.

### 1-MCP 처리

가스조절 챔버(40×70×40cm)를 사용하였으며 선별한 큰느타리버섯 5kg을 수확용 플라스틱 박스(52×36.5×30.6cm)

에 적재한 후 1 $\mu$ L/L의 1-MCP 처리를 0℃에서 20시간동안 처리하였다. 1-MCP는 분말 상태(SmartFresh™, AgroFresh Inc., USA)로 구입하였고 사용량 70mg/m<sup>3</sup> 기준으로 1-MCP를 정량하여 100mL들이 삼각플라스크(반응용기)에 넣고 25mL의 증류수를 부은 다음 마개를 닫고 몇 번 흔들어 주어 녹인 후 마개를 뽑고 처리하고자 하는 챔버에 넣고 밀폐하였다. 처리시 분말 1-MCP는 물에 접촉함과 동시에 1-MCP 가스를 발생시키므로 흔들어 녹이는 과정과 처리용기에 넣는 시간을 최대한 신속하게 하도록 주의하였다. 대조구의 큰느타리버섯은 1-MCP 처리시간 동안 처리구와 같은 조건의 챔버에서 반응용기에 증류수만 넣어서 20시간 동안 유지하였다. 처리 도중 큰느타리버섯의 호흡에 의한 이산화탄소 축적을 최소화하기 위해 12시간 처리 후 밀폐를 해제하고 환기시킨 후 다시 새로운 1-MCP를 같은 농도로 처리하여 나머지 8시간을 유지시켰다.

### 포장처리 및 저장

실험에 사용한 포장재는 실제 농가에서 사용하는 30 $\mu$ m 두께 OPP필름 봉지(가로: 25.6cm, 세로: 31.5cm)를 대조구로 하였고, 30 $\mu$ m 두께 OPP필름에 미세 천공을 위하여 femtosecond 펄스 레이저 방식을 적용하여 산소투과율을 조정된 MP3필름 봉지(가로: 23cm, 세로: 33cm)를 대량포장산업(Gwangju, Korea)에서 제공받아 사용하였으며 포장재 종류별 산소투과율 특성은 Table 1에 나타내었다. 방담성 30 $\mu$ m 두께 OPP필름은 산소투과율이 1238.0cc/m<sup>2</sup>·day·atm로 확인되었으며, 미세 천공한 MP3필름은 3179.9cc/m<sup>2</sup>·day·atm로 산소투과율이 2.5 배 정도 높은 특성을 가졌다.

봉지 당 배지가 부착된 형태의 큰느타리버섯 300±10g을 넣은 후 관형 봉지는 입구 110mm 안쪽을, 미세 천공필름 봉지는 입구 95mm 안쪽을 비닐접착기로 밀봉하였다. 포장 후 저장은 0℃에서 4주 수행하였고 저온저장 3, 4주 후 3일간 추가 유통과정은 20℃ 상온환경에서 수행하였다.

### 기체조성 및 품질분석

저장 및 유통 기간 중 포장 내 기체조성(O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub>)은 포장 필름 표면에 septum을 부착한 뒤 헤드스페이스 가스 분석기(CheckMate 9900, PBI Dansensor Co, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다. 중량감소율은 저장초기 중량에 대한 감소량을 백분율로 환산하였으며, 큰느타리버섯 줄기의 표면 색도는 표준백판 (L\* 97.75, a\* -0.43, b\* 0.29)으로 보정된 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 CIE L\*(lightness) 값을 측정하였다. 줄기조직의 경도는 갓 아래 약 2cm부위를 2mm 탐침을 이용하여 Texture Analyzer(TA XT2, UK)로 투과속도 3mm/sec로 변형 깊이

10mm 깊이까지 뚫고 들어갈 때의 투과력을 측정한 후 단위는 Newton(N)으로 표현하였다.

### 관능평가

큰느타리버섯 저장 및 유통 중 시료에 대한 관능적 품질평가는 버섯 품질조사에 참여하고 있는 3명의 연구원을 활용하여 시료 포장용 개봉한 뒤 곧바로 이취를 평가하였고 이어 갈변도 및 전체적 품질을 평가하였다. 이취 점수 기준은 5단계 점수를 부여하여(0점 = 이취가 전혀 없음, 1점 = 이취를 약간 발생, 2점 = 이취를 느낄 수 있으나 상품화 가능, 3점 = 이취 발생이 심함, 4점 = 매우 심한 이취 발생) 평가하였고, 갈변도 점수 기준은 5단계 점수를 부여하여(5점 = 전혀 변색되지 않음, 4점 = 약간 변색됨, 3점 = 일부 변색되었으나 상품화 가능, 2점 = 갈변 발생이 심함, 1점 = 갈변 발생이 매우 심함) 평가하였다. 전체적 품질은 이취와 외형을 종합적으로 판단하여 Meilgaard 등(11)의 방법에 의해 9단계 점수를 부여하여(9점 = 매우 신선, 실렴초기 상태, 7점 = 신선, 선도 약간 저하, 5점 = 보통, 판매가능, 3점 = 나쁨, 식용 불가능, 1점 = 매우 나쁨, 부패 및 변질) 평가하였고, 점수 5는 상품성의 한계로 간주되었다.

### 통계 분석

모든 처리는 포장단위를 반복으로 하여 3반복 수행하였고 포장재내 가스조성은 평균값을 구한 후 표준오차(standard error, SE)로 나타내었으며, 품질 및 관능 평가 결과는 SAS 통계 프로그램(version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 2원분산분석법과 5% 수준에서 Duncan의 다중비교법을 실시하여 요인의 효과와 평균간 차이를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 포장내 가스조성 변화

0°C 저장 기간 동안 밀봉 포장된 큰느타리버섯의 포장재내 기체조성 변화는 Fig. 1 과 같이 산소 농도는 호흡으로 소비되어 감소하고 이산화탄소 농도는 반비례적으로 증가하여

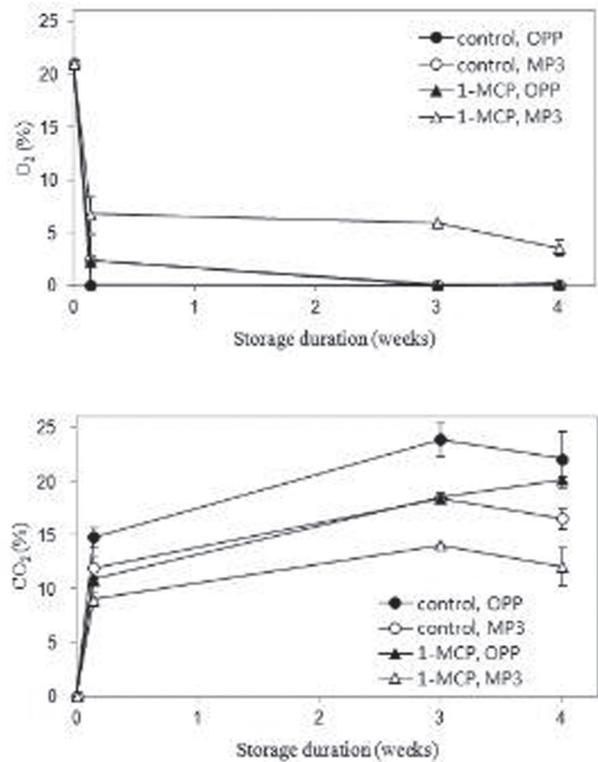


Fig. 1. Changes in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> compositions within the packages of king oyster mushrooms after 1 day, 3, and 4 weeks storage at 0°C depend on 1 μL/L 1-MCP treatment and packaging films. Values are means±standard errors of three replicates.

정체하는 전형적인 상태를 나타내었다. 그러나, 1-MCP와 포장재 처리에 따라 감소와 증가되는 정도에 차이가 있어 산소농도는 저장 초기 21%에서 저장 1일 후 OPP필름 포장의 경우, 무처리 0.04% 였던 데 비하여 1-MCP 처리는 2.3%로 다소 높은 수준을 보였고, MP3필름 포장의 경우도 무처리 2.4% 였던 데 비하여 1-MCP 처리에 의해 10.9%를 보였다. 그러나, 저장 21일 후 1-MCP 처리 후 MP3필름을 제외하고는 모두 산소농도가 급격히 감소하여 0%에 가까웠다. 또한 이산화탄소 농도는 저장초기 0.03%에서 점차 증가하여 저장 1일 후 모든 처리에서 9%이상으로 증가하였고 저장 21일 후 무처리 OPP필름은 23.9%로 증가하였으며, 각 필름처리 내 1-MCP 처리에 의하여 이산화탄소 농도 증가는 억제되었으

Table 1. Values of oxygen transmission rates of packaging films.

Films <sup>a</sup>	Thickness (μm)	Oxygen transmission rate <sup>b</sup> (cc/m <sup>2</sup> · day · atm)
OPP	30	1238.0±7.0
MP3	30	3179.9±131.5

<sup>a</sup>OPP: oriented polypropylene film, MP3: microperforated film; <sup>b</sup>Measured at 23±2°C.

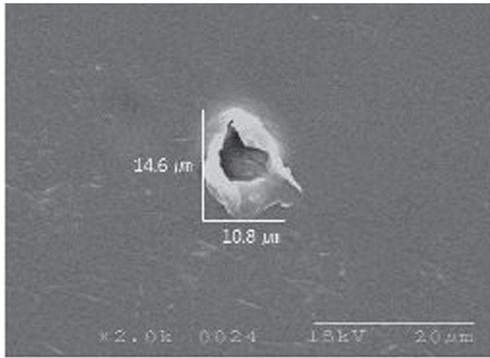


Fig. 2. Scanning electron micrograph of micro hole on the surface of microperforated (MP3) film. (×2000)

며, OPP필름보다 MP3필름의 경우 포장재 내 이산화탄소 농도가 더 낮게 유지되었다. 1-MCP 처리와 물리적 장벽이 되는 포장필름의 기체투과율이 밀봉한 포장재 내부의 기체조성 변화에 큰 영향을 준다고 볼 수 있다.

미세천공 필름의 미세구멍은 약 14.6×10.8μm 크기로 확인하였으며(Fig. 2), 산소투과율이 1238.0cc/m<sup>2</sup>·day·atm 인 방담성 OPP필름(30μm) 표면에 눈에 보이지 않는 작은 미세천공의 크기, 간격 및 개수를 조절하여 산소투과율을 3179.9cc/m<sup>2</sup>·day·atm로 산소투과율이 2.5 배 정도 높은 것을 알 수 있었다. 최근의 CA 저장 연구에서 5kPa O<sub>2</sub> + 10kPa CO<sub>2</sub> 및 5kPa O<sub>2</sub> + 15kPa CO<sub>2</sub> 조성 환경에 의한 모의 운송 후 전반적인 상품성이 매우 우수하였다고 하였는데(박과 전, 2010), 1-MCP 처리 후 MP3필름 포장에 의해서 저장 1일 부터 저장 4주 까지 포장재 내 산소 농도 3.6~10.9%,

이산화탄소 농도 9.0~13.8% 수준이 유지되어 제시한 환경에 보다 근접하는 것으로 나타났다.

**품질 및 관능 평가**

큰느타리버섯의 생체중 감소는 모든 처리에서 저장 4주 후까지 1.1% 이하로 육안으로 보이는 시들음은 볼 수 없었다(Table 2). 4주 저장 + 3일 상온 유통 후 1-MCP 처리가 무처리에 비하여 포장필름 종류에 관계없이 중량감소가 억제되는 경향이었으나 유의차는 없었다. 생체중 감소는 유통, 저장 중 내적, 외적 품질 변화에 영향을 주어 상품성 저하를 가져오는 중요한 요소이다. 원예산물 저장 중 중량감소는 증산과 호흡에 의한 것으로 특히 증산의 영향을 많이 받으며 포장재 기밀 정도의 밀폐가 클수록 낮아지는 것으로 알려져 있다(Bhowmik과 Jung, 1992) 본 실험의 경우 밀폐 포장의 영향으로 수분 증발이 감소하여 영향을 많이 받지 않은 것으로 보인다. 큰느타리버섯의 줄기조직 경도는 저장 3주 후 1-MCP 처리에 의해 경도가 유의적으로 높았으며 포장 필름 종류도 영향을 주는 것으로 나타났으나 3주 저장 + 3일 상온 유통, 4주 저장, 4주 + 3일 상온 유통 시 처리에 의한 차이는 없었다(Table 2). 수분감소에 따른 위조가 외형 변화와 조직연화 등의 품질변화를 유발하는 주요 요인으로 알려져 있는데(Kader, 2002) 실험 초기 줄기의 경도가 4.2N이었던 것에 비하여 생체중 감소가 적었던 저장 4주 후까지 3.9~4.3N을 유지하고 있었으며 생체중 감소가 컸던 4주 + 3일 상온 유통 후 경도가 낮아져 3.5~3.8N이었으나 크게 저하하지는 않았다. 박과 전(2010)은 4주 저장 후 7일 저온이나 상온유통 과정 동안에도 조직감 지수가 판매 적

**Table 2.** Changes in weight loss and stem firmness of king oyster mushroom after 3, and 4 weeks storage at 0°C and plus 3 days on the shelf at room temperature depend on 1 μL/L 1-MCP treatment and packaging films.

1-MCP	Packaging film	Weight loss(%)				Stem firmness (N)			
		Storage period				Storage period			
		3 week		4 week		3 week		4 week	
		Days on the shelf							
		0	3	0	3	0	3	0	3
control	OPP	0.4 a <sup>a</sup>	1.0 a	0.9 a	3.4 a	3.6 b	3.8 a	3.9 a	3.5 a
	MP3	1.1 a	1.1 a	0.6 a	3.1 a	4.7 a	4.1 a	4.3 a	3.8 a
1-MCP	OPP	0.3 a	0.9 a	0.8 a	1.8 a	3.9 ab	4.0 a	4.1 a	3.8 a
	MP3	0.7 a	1.3 a	0.8 a	1.8 a	4.5 a	4.5 a	4.1 a	3.8 a
Significance									
1-MCP (M)	NS <sup>b</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Packaging film (P)	*	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
M × P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>a</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p = 0.05. NS, \*, \*\* Nonsignificant, or significant at p ≤ 0.05 or 0.01, respectively.

**Table 3.** Changes in stem surface lightness and browning rating of king oyster mushroom after 3, and 4 weeks storage at 0°C and plus 3 days on the shelf at room temperature depend on 1 μL/L 1-MCP treatment and packaging films.

1-MCP	Packaging film	CIE color (L*)				Browning index <sup>a</sup>			
		Storage period				Storage period			
		3 week		4 week		3 week		4 week	
		Days on the shelf							
		0	3	0	3	0	3	0	3
control	OPP	89.5 a <sup>b</sup>	86.0 a	86.9 ab	85.9 b	3.9 a	2.3 b	1.7 b	2.0 b
	MP3	88.9 a	86.2 a	84.6 b	87.3 ab	3.8 a	3.0 ab	2.7 a	2.8 a
1-MCP	OPP	89.3 a	86.5 a	88.2 a	87.0 ab	4.0 a	3.3 a	3.0 a	3.0 a
	MP3	90.0 a	87.7 a	87.2 ab	88.0 a	3.9 a	3.5 a	2.8 a	2.8 a
Significance									
1-MCP (M)	NS	**	**	**	NS	**	*	*	
Packaging film(P)	NS	NS	**	**	NS	NS	**	**	
M × P	NS	NS	**	**	NS	NS	**	**	

<sup>a</sup>Browning rating: 5 = none, 3 = moderate, still acceptable, 1 = severe, not salable.

<sup>b</sup>Mean 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 4.** Changes in off-flavor rate of king oyster mushroom after 3, and 4 weeks storage at 0°C and plus 3 days on the shelf at room temperature depend on 1 μL/L 1-MCP treatment and packaging films.

1-MCP	Packaging film	Off-flavor rating <sup>a</sup>				Overall quality index <sup>b</sup>			
		Storage period				Storage period			
		3 week		4 week		3 week		4 week	
		Days on the shelf							
		0	3	0	3	0	3	0	3
control	OPP	1.5 a <sup>c</sup>	2.8 a	3.0 a	3.3 a	5.7 b	4.0 b	3.0 c	2.7 c
	MP3	0.2 b	0.8 b	0.0 c	2.0 b	6.3 ab	5.0 a	4.0 b	4.0 b
1-MCP	OPP	0.2 b	0.8 b	0.7 b	1.0 c	7.0 a	5.3 a	5.0 a	4.0 b
	MP3	0.0 b	1.2 b	0.0 c	1.2 c	6.7 a	5.7 a	5.3 a	5.0 a
Significance									
1-MCP (M)		**	**	**	**	*	**	**	**
Packaging film (P)		**	**	**	**	NS	*	**	**
M × P		**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>a</sup>Off-flavor rating: 0=none, 1=slight, 2=moderate, still acceptable, 3=strong, 4=very strong.

<sup>b</sup>Overall quality rating: 9=excellent, 7=very good, 5=good, limit of marketability, 3=fair, 1=very poor.

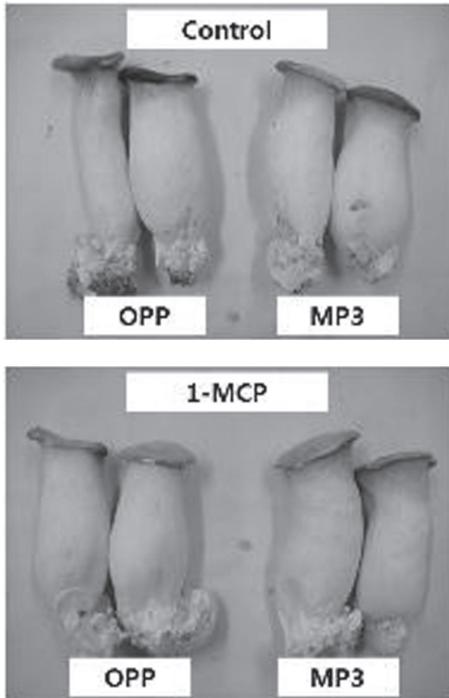
<sup>c</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $p = 0.05$ .

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

합한 수준으로 나타나 큰느타리버섯의 정도와 조직감은 수확 후에도 비교적 오래 유지되는 특성을 갖는다고 하였던 것과 유사하였다.

큰느타리버섯의 수확후 품질 변화 중 상품성에 큰 영향을 미치는 갈변현상은 줄기표면의 명도 L\*값을 측정하였을 때 저장 3주, 3주 저장 + 3일 상온유통 후 처리에 의한 유의차

없었으나 저장 4주 후 MP3필름 포장에서 명도 값이 높았으며, 4주 저장 + 3일 상온유통 후 무처리 OPP필름 포장에 비하여 1-MCP 처리 후 MP필름 포장에서 명도 값이 높은 경향을 보였다(Table 3). 눈으로 판단한 갈변도 지수는 무처리 OPP필름 버섯의 갈변도가 3주 저장 + 3일 상온유통, 4주 저장, 4주 저장 + 3일 상온유통 후 유의적으로 낮게 평가



**Fig. 3.** Appearance of king oyster mushrooms after 3 weeks storage plus 3 days on the shelf at room temperature depend on 1  $\mu\text{L/L}$  1-MCP treatment and packaging films. OPP: oriented polypropylene film, MP3: microperforated film.

되었다. 큰느타리버섯의 줄기조직 갈변도에는 4주 저장 이후 1-MCP, 포장 필름의 영향을 모두 영향을 주는 것으로 나타났다. 버섯 표면의 색도 변화는 polyphenol oxidase(PPO) 효소가 관여하는 효소적 갈변과 성분 상호간의 화학적 변화에 의해 발생하는 비효소적 갈변으로 나누어지는데, 주로 갈변효소에 의해 발생한다고 하였다(Martinez와 Whitaker, 1995). 특히, 효소는 온도에 크게 영향을 받으며 고농도의  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ 가스를 단기간 처리하는 것에 의해서도 PPO 활성을 억제시킨다고 하였다. Murr 과 Morris(1974)에 의하면 CA저장시  $\text{CO}_2$  5%이상에서 PPO 활성이 억제되더라도 변색이 심해진다고 보고된 바, 본 시험에서도  $\text{CO}_2$  축적량이 높은 무처리 OPP필름 포장이 4주 저장 + 3일 상온유통 후 변색이 심해져 같은 경향을 나타내었다. 서로 다른 균주 버섯의 수확시 백색도와 페놀화합물함량, PPO 활성은 일치하였으나 수확후 변색과 이러한 요인 간 상관관계는 보이지 않았다고 하였으며 이는 효소와 페놀화합물이 세포내 서로 다른 구획에 격리되어 존재하며 수확 후 노화함에 따라 세포내 막이 붕괴되어 반응하게 됨으로써 변색하게 된다고 하였다(Burton 등, 1993).

큰느타리버섯의 이취 및 전체적인 품질은 Table 4에 나타내었다. 무처리 후 OPP필름 포장은 저장 3주에 이취가 발생

하였고 3주 저장 + 3일 상온유통 후, 4주 저장, 4주 저장 + 3일 상온유통 후 심한 이취 발생과 갓무름 발생으로 전체적인 품질에 영향을 주어 상품성을 상실하였다. 전체적인 품질을 관능평가한 결과 저장 4주까지 1-MCP 처리가 포장재 종류와 관계없이 높은 점수를 나타내었으며 3주 저장 + 3일 상온유통까지는 무처리 후 OPP필름 포장을 제외하고는 처리간 유의차 없이 상품성을 유지하고 있었다(Fig. 3). 3주 운송기간을 전제조건으로 할 경우 단독 1-MCP 처리나 미세천공(MP3)필름 포장을 활용하여 큰느타리버섯의 품질과 상품성을 접합한 수준으로 유지할 수 있어 적용 가능한 기술로 생각된다. 4주 저장 + 3일 상온유통 하였을 때 1-MCP 처리 후 미세천공(MP3)필름이 가장 높은 전체적 품질점수를 나타내었으며 상대적으로 낮은 이취발생, 갈변과 갓무름이 적어 높은 점수를 얻는데 영향을 준 것으로 보인다.

1-MCP는 작용기작에 의해 에틸렌 수용체를 저해하여 작물의 호흡량과 에틸렌 발생을 억제함으로써 신선도를 유지하는 것으로 알려져 있으며, 저온 뿐만 아니라 상온 유통시 신선도 유지에 효과적이어서 저온유통이 체계적으로 이루어지지 않는 상황에서 더욱 실용적이라고 할 수 있다. 큰느타리버섯의 품질을 저하시키는 주요한 요인인 이취는 주로 산소가 부족한 환경에서 호흡 과정이 혐기성으로 변하여 휘발성 물질인 에탄올과 아세트알데히드 생성에 의하여 발생하는 것으로 알려져 있다. 양송이버섯을 1% 이하의 산소 농도와 15% 이상의 이산화탄소 농도 조건에서 저장할 경우 이취와 조직 붕괴를 초래한다고 하였다(박과 윤, 1998). 큰느타리버섯의 갈변, 갓무름과 이취 발생을 억제하기 위해서는 호흡이 일어나지 않도록 온도를 낮추고 산소투과율이 지나치게 낮지 않은 필름을 선택하는 것이 필요하다. 본 실험의 경우 1-MCP 처리로 인한 호흡 억제와 산소투과율  $3179.9\text{cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$  수준의 미세천공(MP3) 필름에 의해 지나친  $\text{O}_2$  감소와  $\text{CO}_2$  축적을 막을 수 있어 이취발생을 억제하면서 저장 및 유통 중 발생하는 갈변과 갓무름과 같은 노화 현상의 억제에도 효과적인 것으로 판단된다. 1-MCP는 수확후 처리되는 성장조절제로 큰느타리버섯의 장기저장과 유통 중 품질을 유지하기 위한 목적으로 사용되기 위해서는 생리적 반응에 대한 연구와 인식의 전환을 비롯한 경제성 분석 등의 문제가 남아있다고 판단된다.

## 적요

수확후 큰느타리버섯의 3주 이상 저온 저장 및 유통 중 품질 유지를 확보하기 위하여 포장 내부의 적정 산소와 이산화탄소 농도를 유지하는 MAP 기술적용 체계를 확립하고자 하였다. 이를 위하여  $1\mu\text{L/L}$  1-methylcyclopropene

(1-MCP, 20시간, 0℃)을 처리하고 방담성 30 $\mu$ m oriented polypropylene(OPP, 1238.0cc/m<sup>2</sup> · day · atm O<sub>2</sub>) 필름과 미세천공(MP3, 3179.9cc/m<sup>2</sup> · day · atm O<sub>2</sub>) 필름으로 포장한 후 0℃에 저장 3주, 4주 저장 후 3일 상온유통을 실시하고 큰느타리버섯의 색도, 경도, 이취 등 품질변화를 관찰하였다. 1-MCP 처리 후 미세천공필름 포장에 의해서 저장 기간 동안 포장재 내 산소 농도 3.6~10.9%, 이산화탄소 농도 9.0~13.8% 수준이 유지되었으며 4주 저장 + 3일 상온유통 후 무처리 OPP 필름보다 갓무름과 갈변, 이취 발생이 적어 상품성을 유지하였다.

### 감사의 말씀

이 연구는 2010-2012년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원(과제번호: PJ007710)의 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

김경필, 전창곤, 김연중, 한혜성, 채상현. 2008. 새송이버섯 계열화 수출전문조직 운영모델 및 매뉴얼. 농수산물유통공사 연구용역보고서, pp. 6-7.

김재용, 문광덕, 이상대, 조숙현, 강해인, 이성태, 서원일. 2004. 큰느타리버섯(*Pleurotus eryngii*)의 이화학적 특성. 한국식품저장유통학회지 11 : 347-352.

박윤문, 윤석원. 1998. 양송이버섯의 절단가공, MA포장 및 유통 온도에 따른 모의 유통중 품질변화. 안동대학교 농업과학기술연구논문집 5 : 99-107.

박윤문, 전창성. 2010. 큰느타리버섯의 controlled atmosphere 저장환경과 유통온도가 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 28 : 70-76.

백경연, 김재원, 이예경, 박인식, 김순동. 2009. 큰느타리버섯의 PE 포장 저장 중 선도에 미치는 예냉처리 효과. 한국식품저장유통학회지 16 : 166-171.

조숙현, 이상대, 류재산, 김낙구, 이동선. 2001. 큰느타리버섯의 MA저장중 품질변화. 한국식품저장유통학회지 8 : 367-373.

Adamicki, F. 2004. Mushrooms. In The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks (Website version, Revised April 2004), ed. K.C. Gross, C.Y. Wang, and M. Saltveit, USDA-ARS.

Bhowmik, S.R. and Jung, C.P. 1992. Shelf life of green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. J. Food Sci. 57 : 948-953.

Burton, K.S., Love, M.E. and Smith, J.F. 1993. Biochemical changes associated with mushroom quality in *Agaricus* spp. Enzyme and Microbial Technology 15 : 736-741.

Cho, M.A., Hurr, B.M., Jeong, J., Lim, C. and Huber, D.J. 2008. Postharvest senescence and deterioration of 'Thoroughbred' and 'Carlo' green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to 1-methylcyclopropene. 43(2) : 427-430.

Fen, X. and Matthesis, J.P. 2000. Reduction of ethylene-induced physiological disorders of carrots and 289 iceberg lettuce by 1-methylcyclopropene. Hort-Science 35 : 1312-1314.

Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops 3rd edition, University of California, California, USA.

Khan, M.A. and Tania, M. 2012. Nutritional and Medicinal Importance of *Pleurotus* Mushrooms: An Overview. Food Reviews International 28 : 313-329.

Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. Trend Food Sci Technol 6 : 195-200.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1991. Sensory evaluation techniques. 2nd ed. CRC Press Inc., Boca Raton, Fla. USA. pp. 211-217.

Murr, D.P. and Morris, L.L. 1974. Influence of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on o-diphenol oxidase activity in mushrooms. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 155-158.

Rai, D.R. and Shashi, P. 2007. Packaging requirements of highly respiring produce under modified atmosphere: a review. J. Food Sci. Tech. Mys. 44 : 10-15.

Sohn, I.B., Noh, Y.C., Choi, S.C., Ko, D.K., Lee, J. and Choi, Y.J. 2008. Femtosecond laser ablation of polypropylene for breathable film. Applied Surface Science 254 : 4919-4924.

Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. Biotechnology Advances 24 : 389-409.

Zadrazil, F. 1974. The Ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae*, and *Pleurotus eryngii*. Mushroom Sci. 9 : 621-655.