

1-methylcyclopropene 처리의 수삼의 신선도 유지 및 저장성 연장 효과

박미희^{1*} · 신유수² · 김선주³ · 김지강¹

¹국립원예특작과학원 채소과, ²국립원예특작과학원 인삼특작이용팀, ³충남대학교 생물환경화학과

Effect of 1-methylcyclopropene Treatment on Extension of Freshness and Storage Potential of Fresh Ginseng

Me-Hea Park^{1*}, Yu-Su Shin², Sun-Ju Kim³, and Ji-Gang Kim¹

¹Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

²Herbal Crop Utilization Research Team, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Eumseong 369-873, Korea

³Department of Bio Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract. Fresh ginseng has a limited storage life due to the quality change caused by microbial spoilage as well as physiological deterioration. The present study investigated the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment, an inhibitor of ethylene action, on the microbial growth and quality maintenance of fresh ginseng during storage. Harvested fresh ginsengs were treated with $1 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP for 20 hours at 4°C and then stored at room temperature (RT) for 18 days or low temperature (4°C) for 160 days. After 18 days of storage at RT, the percentage weight loss in 1-MCP treated fresh ginseng (8.3%) is lower than that of control (10.1%). During long-term storage at 4°C , weight losses were increased slightly until 120 days without difference between non-treated and 1-MCP ginsengs. In contrast, after 120 days of storage at 4°C , higher increase in weight loss was observed in non-treated ginsengs than in 1-MCP treated ginsengs. Respiration rate and ethylene production of fresh ginseng were reduced by 1-MCP treatments at RT. The 1-MCP treatment also resulted in lower microbial population compared to those of non-treated ginsengs at RT. However, in ginsengs stored at 4°C for short-term (45 days), no differences were noted in weight loss and microbial population between 1-MCP treated and non-treated ginsengs. Major ginsenosides was not changed by 1-MCP treatment during the 7 days of storage at RT. Results suggest that 1-MCP treatment can be used to maintain the freshness of ginseng at room temperature for short term storage and at low temperature for long term storage. 1-MCP treatment could be applied on fresh ginseng to avoid deleterious effect of exogenous ethylene during storage and shipping.

Additional key words: ethylene, ginsenosides, microbial population, respiration, weight loss

서 언

인삼(*Panax ginseng*, C.A. Meyer)은 항암활성, 항 당뇨 및 항산화 효능을 가지고 있는 고대부터 내려오는 중요한 약용작물의 하나이다. 최근 웰빙시대를 맞이하여 한약재로 쓰이던 인삼이 기능성 식품소재로서 소비자의 인식이 제고 되어 수삼의 수요가 늘어가고 있는 추세이다. 실제로 4-5년 근 인삼의 약 50% 이상이 수삼으로 유통되고 있으며, 연중 수요가 요구될 것으로 보인다. 지금까지 인삼은 재배지에서 수확한 즉시 건조를 한 후 한약재로 사용되거나 가공품으로

이용되었다. 수삼은 70% 이상의 수분을 함유하고 있어, 수확 후의 호흡 등의 대사활동으로 인해 수분손실, 뇌두의 무름, 부패가 일어나기 쉬워 장기보존이 어렵다(Oh et al., 1981). 또한 수삼은 주로 9-11월에 수확하며 재배기간이 4-6년 소요되므로 수확 후 손실을 최소화하면서 장기보존할 수 있는 수확 후 관리 기술이 필요하다.

수삼의 신선도 연장을 위한 연구는 controlled atmosphere (CA) 및 modified atmosphere(MA) 저장에 관한 것이 대부분이며, 포장재질에 따른 품질변화에 관한 보고가 있다(Jeon and Lee, 1999; Kim et al., 2005; Yun and Lee, 1999). 또한

*Corresponding author: poemmich@korea.kr

※ Received 15 November 2012; Revised 4 February 2013; Accepted 8 February 2013.

CA 저장 시 수삼의 품질이 MA 저장보다 우수하며, 3개월 간 저장이 가능하다는 보고가 있다(Jeon and Lee, 1999). 또한 수삼을 이산화탄소, 산소, 질소(24:5:70)의 혼합가스 충전포장에 보관 시 장기간 품질의 유지가 가능한 것으로 밝혀졌다(Sohn et al., 2001). 이러한 방법은 수삼의 호흡특성을 이용하여 인위적으로 기체조성을 조절하여 신선도를 유지시키는 방법이다. 작물은 수확 후 호흡에 의해 수분을 소모하고 에틸렌 발생을 통하여 노화되면서, 부패가 발생한다. 따라서 적절한 호흡과 에틸렌 발생의 억제는 수확 후 작물의 신선도 유지에 중요한 요인이 된다.

1-methylcyclopropene(1-MCP)는 에틸렌 수용체의 저해제로서 에틸렌에 의해 유기되는 숙성을 억제하는 것으로 알려져 있으며, 과수, 채소 그리고 화훼의 광범위한 범위의 작물의 신선도 유지에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Watkins, 2006). 특히, 사과와 배 등과 같이 호흡이 급등하는 급등형(climacteric) 작물에서는 1-MCP 처리 시 에틸렌 발생이 효과적으로 억제되며 호흡속도를 저하시켜 노화를 지연시키는 것으로 나타났다(Rupasinghe et al., 2000).

채소작물에서는 토마토에 1-MCP 처리 시 에틸렌의 발생이 감소되어 저장기간이 연장되었고(Mir et al., 2004; Sisler et al., 1996), 여름호박은 저온저장 중 발생하는 저온장해 또는 에틸렌 작용으로 인한 품질 저하가 1-MCP 처리에 의해 억제되는 것으로 나타났다(Massolo et al., 2012).

또한 비급등형(non-climacteric) 작물이면서 에틸렌 감응성이 높은 수박의 경우, 1-MCP 처리 시 에틸렌 발생에 따른 부패를 피할 수 있다는 보고가 있다(Zhou et al., 2006). 즉, 수박이 외부 에틸렌에 노출되기 전에 1-MCP 처리 시 에틸렌에 유도된 미생물의 발생이 저지되었다. 에틸렌 발생량이 적은 작물에 있어서도 수송중의 상처 등에 의한 에틸렌 발생을 억제하는 것에 1-MCP의 사용이 효과적인 것으로 나타났다(Zhou et al., 2006). 이는 작물의 에틸렌 발생률과 함께 에틸렌 감응성이 수확 후 관리에 중요한 요인으로 작용하는 것으로 보인다. 또한 수삼과 같이 뿌리를 이용하는 당근의 경우에도 에틸렌 발생은 낮으나, 1-MCP 처리 시 에틸렌에 의해 유도되는 생리장해가 억제되었다는 보고가 있다(Fan and Mattheis, 2000b). 본 연구는 수삼에 1-MCP 처리 시 품질변화에 미치는 영향을 조사하여 신선도 유지를 위한 1-MCP의 활용 가능성을 검토해 보고자 하였다.

재료 및 방법

식물재료 및 1-MCP 처리

본 실험에 사용된 수삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 충

남 부여에서 채굴된 재래종으로써, 2004년 11월 중순에 파종하여 2005년 1년 동안 묘삼으로 재배한 후 2006년 3월에 본포에 이식하였다. 수삼은 해가림시설에서 재배하여, 2009년 3월에 수확된 4년근을 시험재료로 이용하였다. 수확 직후 40g 내외의 건전한 수삼을 선별하여 표면에 묻어 있는 흙을 제거한 다음 밀폐형 플라스틱 용기에 넣어 $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP를 4°C에서 20시간 처리하였다. 처리 후 수삼을 두께 80 μm nylon/PE(Ny/PE) 다층 필름백(20 × 30cm)에 5개 채씩 넣어 밀봉한 후 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 상온과 4°C의 저온에서 각각 저장하면서 중량감소율, 외관, 일반 세균수 측정 및 ginsenosides 함량을 조사하였다. 시중에서 수삼판매 시 부패가 시작되기 전 20일 이내 판매를 완료하기 때문에 상온 보관시의 중량감소율을 이 기간 내에서만 측정하였다. 반면에 저온에서 단기 저장용 수삼은 상대적으로 부패율과 중량감소율이 서서히 일어날 것으로 예측하여 45일간 측정하였다. 호흡량, 에틸렌 발생량의 측정용 수삼은 1-MCP 처리된 개체와 처리하지 않은 개체를 플라스틱 용기에 담아 저장하였으며, 정확한 호흡량과 에틸렌 발생량의 측정을 위해 중량감소율도 함께 측정하였다. 저온에서 장기저장시의 수삼의 중량감소율은 1-MCP를 처리한 수삼과 처리하지 않은 수삼을 밀폐형 플라스틱 용기에 넣은 채 160일간 4°C에 저장하면서 조사하였다.

미생물 번식에 대한 1-MCP의 영향을 검증하기 위한 에틸렌 혼용실험에 사용된 수삼은 충북 음성군의 국립원예특작과학원 인삼특작부 포장에서 관행 재배하여 2012년 9월에 수확한 재래종 4년근을 이용하였다. 수확 직후 30g 내외의 건전한 수삼을 선별한 후 $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP를 4°C에서 20시간 처리하였다. 에틸렌 혼용처리는 $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP를 20시간 처리 후 $10\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 에틸렌을 상온에서 4시간 처리하였으며 에틸렌 단독처리는 무처리로 20시간 4°C에 보관된 수삼에 $10\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 에틸렌을 상온에서 4시간 처리하였다. 처리된 수삼은 80 μm Ny/PE 필름에 넣어 상온과 저온에서 각각 저장하였다.

이취

이취는 몇 명의 훈련된 평가원에 의해 필름포장 개봉 직후와 개봉 후 10분 경과 시에 관능 평가하여(-, 개봉 직후 이취가 전혀 없음; +, 개봉 시 약한 이취가 있으나 10분 후 사라짐; ++, 개봉 시 강한 이취와 함께 10분 후 약하게 남음, +++ 개봉 시 강한 이취가 10분 후에도 강하게 존재, ++++ 개봉 시 강한 이취와 함께 물러짐 등의 부패구가 있음) 5단계로 구분하여 조사하였다.

호흡 및 에틸렌 측정

수삼의 호흡특성을 조사하기 위해 수확 직후의 수삼을 밀폐용기에 넣고 24시간 동안 상온에 보관하면서 측정시간에 포집된 가스를 호흡량과 에틸렌 발생량의 분석용으로 사용하였다. 1-MCP 처리에 의한 호흡량과 에틸렌 발생량의 변화는 수확 직후의 수삼에 1-MCP를 처리한 직후, 1-MCP를 처리한 수삼과 무처리 수삼을 상온에서 1시간 30분 거리의 가스측정 실험실과 인접한 저장고로 이동 후, 저온과 상온으로 각각 저장하면서 3일 간격으로 측정하였다.

호흡량과 에틸렌 발생량은 1.5L 용기에 수삼을 3개씩 넣은 후 1시간 동안 밀폐시킨 다음 측정된 가스 1mL를 포집하여 gas chromatograph(450-GC, BRUKER)로 측정하였다. 호흡량은 TCD 검출기로 주입온도는 110°C, 컬럼 온도는 70°C 그리고 검출온도는 150°C로 측정하였다. 에틸렌 발생량은 주입온도 110°C, 컬럼 온도는 70°C 그리고 검출온도는 250°C의 GC 조건에서 FID 검출기로 측정하였다.

미생물측정

미생물 균의 조사는 각 처리구에서 수삼 20g을 무균적으로 취하여 멸균백에 넣은 뒤 180mL의 멸균수를 가하여 균질기(BACcT, NBT, Japan)로 2분간 shaking한 후 여과된 멸균수를 단계별로 희석하여 1mL을 접종하였다. 희석액을 일반 세균수용 건조필름배지(aerobic count plate, 3M Microbiology, USA)에 접종한 후 35 ± 1°C에서 48시간 배양한 후, colony 수를 측정하여 colony-forming units(cfu)을 log 단위로 환산하여 표시하였다.

Ginsenoside 함량분석

수삼의 ginsenosides 분석을 위한 전처리는 1-MCP 처리 또는 처리하지 않은 수삼을 동결건조기로 건조한 후, 분쇄기로 분쇄하였다. 분말화된 샘플 250mg을 50mL falcon tube에 각각 담고 99.5% HPLC grade MeOH(J.T. Baker, USA)을 첨가하여 실내에서 이동 및 교반 등 외부 움직임 없이 한곳에 두어 화합물들이 용출용매에 녹아 나오게 하는 방법인 실내정기추출법으로 24시간 동안 3반복으로 추출하였다. 각 튜브를 교반한 후, 각 튜브로부터 5mL를 취하여 Acrodisc LC PVDF로 여과한 후 최종 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. 용매는 HPLC grade acetonitrile(J.T. Baker, USA)과 methanol(S. K. Chemicals, Korea)을 사용하였으며, 표준 시약품은 진세노사이드 8종, Rg₁, Re, Rf, Rg₂, Rb₁, Rc, Rb₂, Rb₃ 그리고 Rd(Sigma-Aldrich, USA)를 사용하였다. 수삼의 ginsenosides 분석은 Agilent HPLC 1100(Agilent Technologies, USA)으로 분석하였다. HPLC 분석조건은 컬

럼 zorbax-SB C18(4.6 × 250mm, 5µm, Agilent, Santa Clara, CA, USA)에 10µL의 시료를 자동주입 하였고, 이동상의 조건은 acetonitrile(A)와 water(B)를 10%(A)에서 100%(B)의 기울기 용리로 50분간 추출하였다. 이동상의 유속은 1.0mL·min⁻¹, 컬럼 온도는 40°C로 하였고 UV 검출기는 203nm으로 설정하였다.

통계분석

중량감소율의 통계분석은 SAS 프로그램(statistical analysis system, version 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 사용하여 ANOVA 분석을 수행하였다. 평균간 유의차 검증은 LSD로 유의성 $P < 0.05$ 수준에서 분석되었다.

결과 및 고찰

중량감소율 및 외적 품질변화

1-MCP 처리 후 80µm Ny/PE 필름으로 수삼을 포장한 상태로 상온저장 시 무처리구는 10.1%, 1µL·L⁻¹ 1-MCP 처리구는 8.3%의 중량감소율을 나타냈으나, 단기간 저온저장의 경우는 1-MCP 처리구와 무처리구간의 차이는 없었다(Table 1). 이러한 수삼의 중량감소율은 필름 포장한 수삼에 비하여 무포장상태로 저장된 수삼이 현저히 높게 나타났다(Fig. 1). 호흡측정용으로 1-MCP 처리 후 무포장상태로 상온과 저온에 보관된 수삼의 무게를 측정한 결과, 상온저장 시 중량감소율은 저장초기 4일째에 1-MCP 처리구와 무처리구 모두 급격하게 감소하였다. 무포장으로 상온에서 20일간 저장된 수삼의 중량감소율은 대조구가 60.4%에 비해 1-MCP 처리구는 55.3%를 나타냈으며(Fig. 1A), 무포장으로 4°C에 저장한 수삼은 저장기간 45일 동안 대조구와 처리구간의 중량감소율의 유의한 차이는 보이지 않았다(Fig. 1B). 한편 동일한 20일 저장기간에서 저온저장 된 수삼의 중량감소율은 무처리구가 22.9% 그리고 1-MCP 처리구가 24.2%로 상온저장에 비해 각각 37.5%와 31.1%가 낮게 나타나, 수삼의 저장초기의 급격한 중량감소율을 낮추기 위해서는 저온저장이 유효하였다.

수삼을 장기저장하기 위해 밀폐형 플라스틱에 수삼을 넣고 저장기간 동안의 중량감소율을 측정한 결과, 160일까지는 1-MCP 처리구와 무처리구간의 중량감소율이 차이가 나타나지 않았으나, 저장후기 120일부터 무처리구는 중량감소율이 급격히 증가하였으며 1-MCP 처리구의 중량감소율은 낮게 나타났다(Fig. 2).

저온에 단기 저장 시에는 호흡량의 감소에 따른 중량감소율의 급격한 변화가 일어나지 않았으며, 1-MCP 처리구와

Table 1. Effect of 1-MCP and storage treatments on weight loss of Ny/PE film packaged four-year-old fresh ginseng cultivated under shade structure at Buyeo.

Temperature	Storage condition		Weight loss ^z (%)	Off odors ^y
	Treatment	Period (Days)		
Room temp. (25 ± 2°C)	Control	7	1.35 ± 0.4	+++
		18	10.1 ± 0.5	++++
	1 μL·L ⁻¹ 1-MCP	7	0.2 ± 0.0	-
		18	8.3 ± 0.9	+++
Low temp. (4°C)	Control	20	0.2 ± 0.1	+
		45	0.9 ± 0.0	+
	1 μL·L ⁻¹ 1-MCP	20	0.4 ± 0.0	+
		45	0.4 ± 0.0	+
Significance				
Temperature (A)			***	
Treatment (B)			NS	
Period (C)			***	
A × B × C			***	

^zResults are mean ± SD (n = 10).

^ySeverity of off-odors :-, not detected; +, very low and dissipating readily under aeration; ++, medium and persisting; +++, strong and persisting; +++++ very strong and soft.

NS, *, **, *** Non significant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

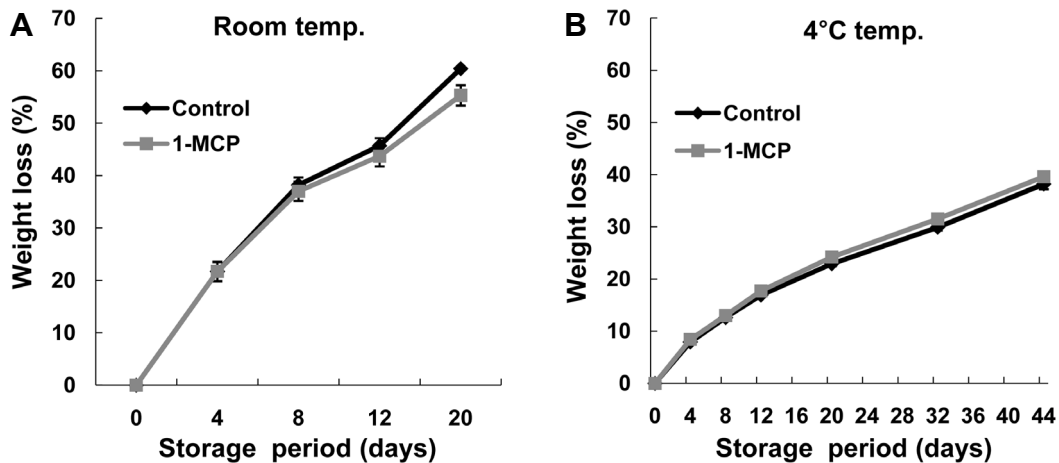


Fig. 1. Effect of 1-MCP treatments on the weight loss of unpackaged four-year-old fresh ginseng stored at room temperature (A) and at 4°C temperature (B). Ginsengs cultivated and harvested under shade structure at Buyeo were used in this experiment. The values are the means of three replicates and the vertical bars represent standard errors.

대조구 간의 차이를 볼 수 없었다. 그러나, 호흡량이 많은 상온저장 시에는 포장, 무포장 모두 1-MCP 처리구가 낮은 중량감소율을 보이며, 부패율도 낮은 1-MCP 처리가 상온저장 시 유효한 것으로 보인다. 이러한 1-MCP의 중량감소율 억제 효과는 외부의 에틸렌에 노출되었을 때 뚜렷하게 나타났다. 수삼에 10μL·L⁻¹ 에틸렌 단독처리 또는 1-MCP와 혼용처리한 후 상온에 7일간 보관 시, 수삼의 중량감소율은 무처리구가 6.3%, 1-MCP 단독 처리구는 4.6%, 에틸렌 단독처리구는 13.0% 그리고 1-MCP와 에틸렌 혼용처리구는 4.9%로

나타났다. 외부 에틸렌의 처리에 따른 급격한 중량감소율은 수삼이 외부의 에틸렌에 노출되기 전에 1-MCP를 처리함으로써 억제되었다(데이터 미제시).

외적인 품질변화는 Ny/PE 필름 포장하여 상온저장 시 무처리구는 7일째부터 포장필름이 팽창하기 시작하였고, 12일째부터 뇌두가 무르기 시작하였으며 이취가 나타났다. 1-MCP 처리구는 상온저장 10일부터 포장필름이 팽창하며, 12일째부터 뇌두와 잔뿌리가 물러지기 시작하였다. 저온저장은 무처리구와 1-MCP 처리구 모두 20일째부터 이취가

나기 시작하였으나 45일 동안 뇌두의 무름 현상은 나타나지 않았다(Table 1). 이취의 발생은 포장 내부의 저농도의 산소와 고농도의 이산화탄소 조건하에서 발생하는 혐기성 호흡의 결과로 볼 수 있으며, 저장기간에 영향을 받는다(Kim et al., 2004). 본 연구에서 수삼을 필름 포장하여 상온저장 시 수삼의 호흡에 의해 필름포장 내부의 이산화탄소의 농도가 높아지고 혐기성호흡으로 전환되어 이취가 발생한 것으로 보이며, 1-MCP 처리구는 무처리구에 비해 상대적으로 호흡률이 낮아 이취의 발생이 지연된 것으로 보인다. 또한 저온저장에서는 수삼의 호흡률이 억제되어, 이취의 발생이 낮은 것으로 판단된다. 수삼을 저온에서 보관 시 1개월 경과 후에는 뇌두와 표피의 손상부위에서 곰팡이가 발생하기 시작하여 amylase 활성이 증가하여 수삼의 품질이 떨어지는 것으로 보고되었으나 (Sohn et al., 2001), 본 연구결과로부터 수삼의 수확 후 장기저장 시 1-MCP 처리가 외관품질과 중량

보존에 유효한 것으로 판단된다.

호흡량과 에틸렌 발생량의 변화

수삼의 수확 시 특성을 구명하고자, 수확 직후 24시간 동안 호흡과 에틸렌의 변화양상을 측정하였다. 수삼은 수확 직후 24시간이 경과하면서 호흡량은 수확 당시에 비해 $27.9 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 부터 $67.4 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 증가하는 양상을 보였다(Fig. 3A). 반면에 에틸렌 발생량은 수확 직후 24시간 동안 $0.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 아래로 낮게 유지되었다(Fig. 3B). 1-MCP 처리에 의한 호흡량의 억제는 급등형 작물에서 주로 나타나며, 비급등형 작물에서도 작물의 성숙과 형태에 따라 호흡량의 억제가 나타나는 경우가 있다(Cho et al., 2008).

1-MCP 처리에 따른 호흡량의 변화는 상온과 저온에서 저장되면서 각각 측정되었으며 상온에서 저장된 수삼은 측정 개시일부터 대조구가 $54.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 인데 비하여 1-MCP 처리구가 $46.3 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 으로 낮게 나타났으며, 이러한 경향은 20일간의 저장기간 동안 유지되었다(Fig. 4A). 반면에 저온에서는 45일간의 저장기간 동안, $20.0 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 아래의 낮은 호흡량을 유지하면서 무처리구와 1-MCP 처리구간의 유의한 차이는 없었다(Fig. 4B).

저장초기에 수삼의 평균 호흡량은 기존의 연구에서는 20°C 에서 $42.17 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 정도이며, 5°C 에서 $9.1 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 으로 (Hong et al., 2002; Kim et al., 2007), 본 연구결과에는 비해 높은 수치를 나타냈으며 수확시기에 따라 호흡량이 상이한 것으로 판단된다. 본 연구에서 수삼의 호흡량은 상온저장과 저온저장 모두 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 채굴 직후 성장기 호흡패턴이 유지되고 물리적 스트레스에 방어하는 체내대사가 활발한 것에 기인한 것으로 보이며 그 후 저장기간이 경과함에 따라 대

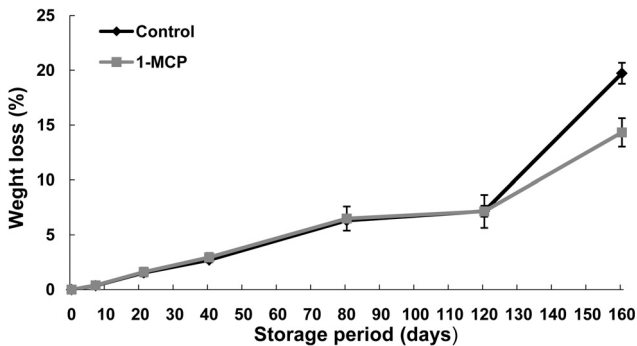


Fig. 2. Change of weight loss in four-year-old fresh ginseng treated with or without 1-MCP for long term storage at 4°C temperature. Ginsengs were cultivated and harvested under shade structure at Buyeo and were stored in an air tight plastic boxes for 160 days at 4°C temperature. The values are the means of ten replicates and the vertical bars represent standard errors.

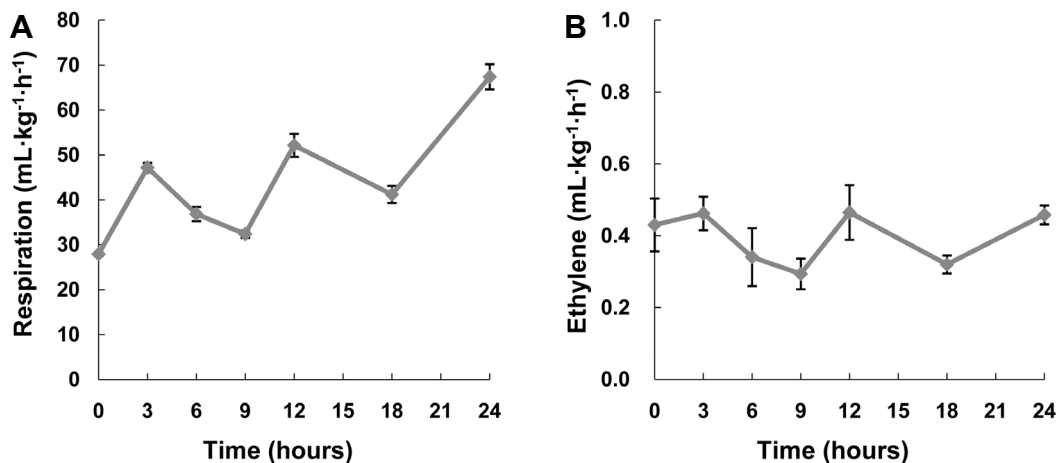


Fig. 3. Changes of the respiration (A) and ethylene evolution (B) in four-year-old fresh ginseng during 24 h after harvest. Ginsengs cultivated and harvested under shade structure at Eumseong were used in this experiment. The values are the means of three replicates and the vertical bars represent standard errors.

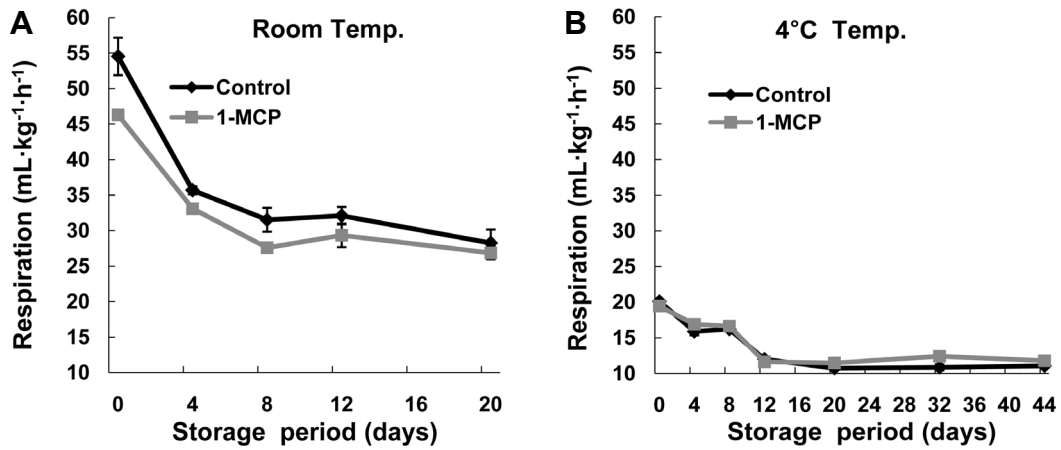


Fig. 4. Effect of 1-MCP treatments on the respiration of unpackaged four-year-old fresh ginseng stored at room temperature (A) and at 4°C low temperature (B). Ginsengs cultivated and harvested under shade structure at Buyeo were used in this experiment. The values are the means of three replicates and the vertical bars represent standard errors.

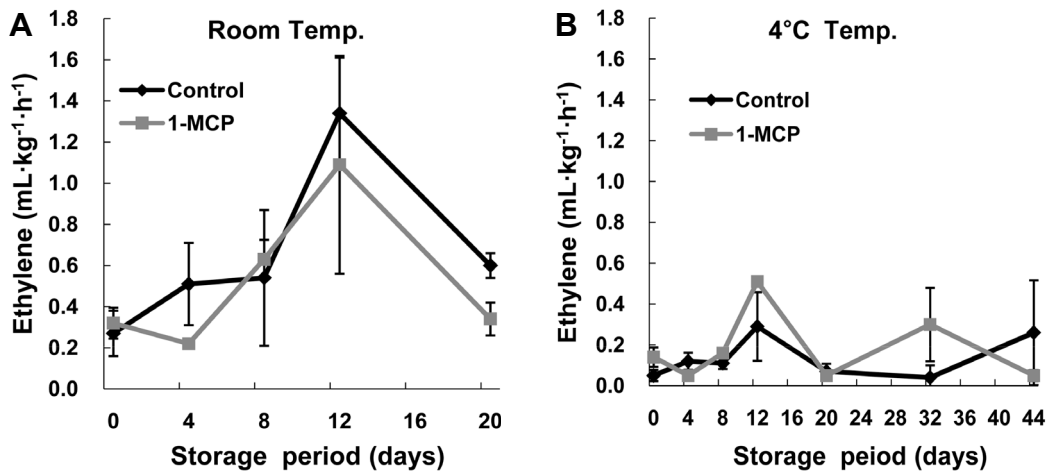


Fig. 5. Effect of 1-MCP treatments on ethylene evolution of four-year-old fresh ginseng stored at room temperature (A) and at 4°C low temperature (B). Ginsengs cultivated and harvested under shade structure at Buyeo were used in this experiment. The values are the means of three replicates and the vertical bars represent standard errors.

사작용이 안정화된 것으로 판단된다.

에틸렌 발생량은 상온저장 12일째에 대조구와 1-MCP 처리구 모두, 개체간의 큰 차이를 보이며 큰 폭으로 급등하는 경향을 보였으며(Fig. 5A), 저온저장의 경우에도 상온저장과 같이 12일째에 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5B). 저온저장 시는 대조구와 1-MCP 처리구 모두 상온에 비하여 에틸렌 발생량이 0.5nL·kg⁻¹·h⁻¹ 아래로 낮게 나타났으나, 1-MCP 처리구와 대조구 간의 유의한 차이는 없었다(Fig. 5B). 1-MCP는 작용기작에 의해 에틸렌 수용체와 결합하여 작물의 에틸렌 작용을 억제함으로써 작물의 신선도를 유지하는 것으로 알려져 있다(Watkins, 2006). 또한 작물에 따라서 호흡량의 억제를 통해 중량 보존 및 부패를 억제하는 효과가 있는 것으로 보고되었다(Fan and Mattheis, 2000a). 본 연구에서 에틸렌 발생이 많은 상온저장 시는 수삼이 1-MCP 처리에 의해 호흡량과 에틸렌 발생이 효과적으로 억제되는

것으로 나타나, 수확 후 상온에서 수삼을 단기간 저장할 때는 1-MCP 처리가 중량 및 부패방지에 효과적인 것으로 판단된다. 이는 수삼이 외부의 에틸렌에 노출되었을 시, 1-MCP 처리가 효과적으로 에틸렌에 의해 유도되는 현상들을 억제하여 품질유지에 기여할 수 있을 가능성을 제시한다.

일반 세균수의 변화

1-MCP 처리에 따른 미생물군의 변화를 상온저장과 저온저장으로 나누어서 일반 세균수를 측정하였다. 그 결과, 상온저장 시에는 18일간 저장 시 1-MCP를 처리한 수삼의 일반 세균수는 5.4log/cfu/g로써 대조구의 5.7log/cfu/g에 비해 일반 세균수가 적게 나타났다(Fig. 6). 반면에 저온저장 시에는 1-MCP 처리구와 대조구간의 일반 세균수의 유의한 차이가 없었다. 저온저장과 상온저장을 비교 시, 상온에 18일간 저장 시 수삼의 일반 세균수는 1-MCP 처리구와 대조구 모두

5.3log/cfu/g 이상인데 비해, 저온저장 시는 3.5log/cfu/g 미만으로서, 상온저장에 비하여 일반 세균수가 적었다(Fig. 6). Kim et al.(2007)의 연구에 의하면 세척수삼의 초기 세균수가 개체당 5.3 log/cfu/ea 그리고 곰팡이 및 효모는 3.3log/cfu/ea이며, 0-10°C에서 45일간 저장한 경우 세균수는 5.8-7.3log/cfu/ea로 조사되었다. 일반적으로 채소류 및 과채류에서 검출되는 세균수는 10^4 - 10^9 cfu/g, 대장균 균주수는 10^3 - 10^5 cfu/g 그리고 효모는 10^3 cfu/g 이하로 보고되어 있으며 (Sakai, 1995) 본 연구에서는 수삼의 상온저장 시 18일까지 그리고 저온저장 시 45일 후까지도 일반세균수가 기준치 이하 값을 나타냈다.

1-MCP 처리에 의한 미생물수 발생의 억제효과를 검증하기 위해 외부의 에틸렌 처리 시의 일반 세균수의 변화를 조사하였다. 그 결과, 수삼을 상온에 7일간 저장 시 일반 세균수는 무처리구가 6.2, 1-MCP 단독처리구는 6.1, 에틸렌 단독처리구는 6.4 그리고 1-MCP와 에틸렌 혼용처리구는 6.1 log/cfu/g로 나타났다. 저온에서 30일간 저장 시 일반 세균수는 무처리구가 4.6, 1-MCP 단독처리구는 4.6, 에틸렌 단독처리구는 4.7 그리고 1-MCP와 에틸렌 혼용처리구는 4.3

log/cfu/g로 나타났다(Table 2). 즉, 수삼이 외부의 에틸렌에 노출되기 전에 1-MCP를 처리한 경우, 내외부의 에틸렌에 의해 유발된 미생물의 증가가 억제되는 것으로 나타났다.

수삼의 부패를 유발하는 요인으로 저장기간 동안 미생물수의 증가가 원인이 되며, 미생물의 증가가 공기조성의 변화를 촉진하는 것으로 추측된다. 수삼은 공기조성을 조정된 MA저장 시, 5개월 후 곰팡이에 의해 부패가 일어나는 것으로 보고되었다(Yun et al., 1999). 에틸렌 발생이 많은 사과 는 수확 후 1-MCP의 처리에 의해 미생물의 발생이 저하되었다고 보고되었다(Roberts, 1990). 수박은 에틸렌 발생률이 거의 없어 수확 후 1-MCP를 처리 시 유의한 미생물수의 변화를 볼 수 없었으나, 저장기간 중 에틸렌 노출되기 전에 1-MCP를 먼저 처리한 경우에 있어서는 미생물의 증식이 감소하는 것으로 나타났다(Zhou et al., 2006). 수삼도 저온에서는 미생물의 발생이 낮은 것으로 판단되며, 1-MCP 처리에 의한 미생물 발생의 억제효과는 없는 것으로 보인다(Fig 6B). 반면에 에틸렌 발생률이 상대적으로 많은 상온저장 시 1-MCP 처리에 의한 호흡의 억제가 나타났으며, 에틸렌을 처리했을 시 1-MCP에 의한 미생물 발생의 억제 효과가 뚜

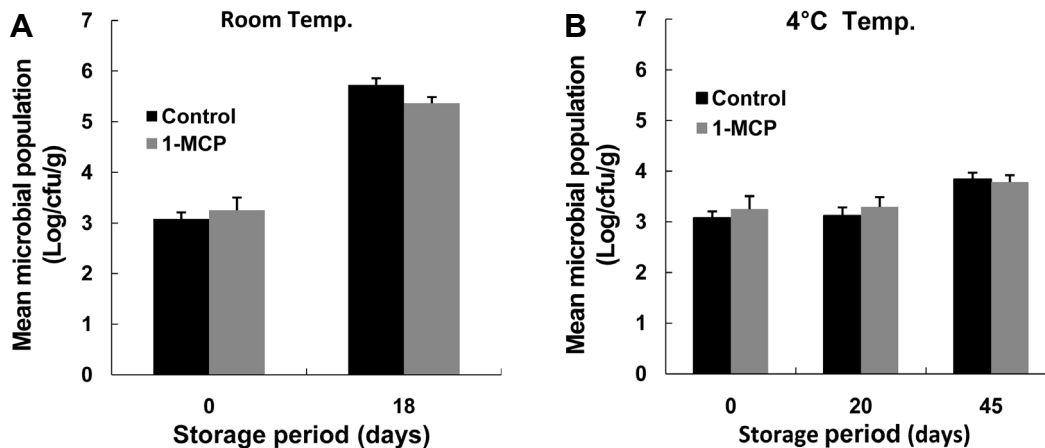


Fig. 6. Effect of 1-MCP treatments on microbial growth of Ny/PE film packaged four-year-old fresh ginseng stored at room temperature (A) and at 4°C temperature (B). Ginsengs cultivated and harvested under shade structure at Buyeo were used in this experiment. The values are the means of five replicates and the vertical bars represent standard errors.

Table 2. Effect of 1-MCP and storage duration on microbial population of Ny/PE film packaged four-year-old fresh ginseng cultivated under shade structure in Eumseung.

Treatments	Initial (Log/cfu/g)	Storage days at room temperature (Log/cfu/g)		Storage days at 4°C (Log/cfu/g)	
		7	7	7	30
Control	3.6 ± 0.2 ^z	6.2 ± 0.1	4.2 ± 0.0	4.6 ± 0.1	
1 L·L ⁻¹ 1-MCP	4.0 ± 0.3	6.1 ± 0.0	4.1 ± 0.3	4.6 ± 0.1	
10 L·L ⁻¹ Ethylene	3.9 ± 0.4	6.4 ± 0.0	4.2 ± 0.3	4.7 ± 0.2	
1 L·L ⁻¹ 1-MCP + 10 L·L ⁻¹ Ethylene	3.4 ± 0.1	6.1 ± 0.1	4.1 ± 0.2	4.3 ± 0.2	

^zThe values are the means of five replicates and the vertical bars represent standard errors.

렷하게 나타났다(Fig. 6A and Table 2). 즉, 1-MCP의 처리에 따른 미생물 발생의 억제 효과는 미생물의 번식에 좋은 상온 보관 시에 억제효과가 유의하게 나타났다. 또한 수삼의 수송 또는 저장기간 중 발생할 수 있는 미생물의 증식과 같은 에틸렌의 유해한 효과를 억제하는데 효과적인 것으로 판단된다.

Ginsenosides 함량의 변화

1-MCP 처리에 따른 수삼의 ginsenosides 성분함량을 비교하였다. 1-MCP를 처리한 후 7일간 상온에 저장한 수삼의 8가지 주요 ginsenoside(Rg1, Re, Rf, Rb1, Rc, Rb2, Rb3, Rd) 성분의 함량을 측정된 결과 뿌리에 미량으로 존재하는 것으로 보고 된(Hu et al., 2008), Rd 성분을 제외하고는 대조구와 비교 시 유의한 함량차이는 없는 것으로 나타났다(Fig. 7). 수삼은 기능성 성분이 풍부한 약용작물로서, 저장기간 내 성분의 변화는 상품성의 중요한 영향을 미친다. 약제처리와 성장조절제 처리에 의한 신선도 유지 시 기능성 성분의 변화를 일으키는 경우가 있으나(Fan and Mattheis, 2000b), 1-MCP 처리는 수삼의 유효성분의 변화 없이 신선도를 유지하는 것으로 생각된다.

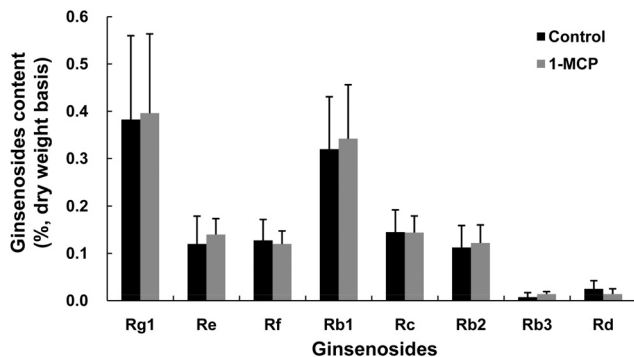


Fig. 7. Effect of 1-MCP treatments on ginsenosides content of Ny/PE film packaged four-year-old fresh ginseng stored at room temperature for 7 days. Ginsengs cultivated and harvested under shade structure at Buyeo were used in this experiment. The values are the means of replicates and vertical bar represent standard errors (control, n = 4; 1-MCP, n = 7).

초 록

수삼은 생리적인 노화와 미생물군에 의한 부패에 따른 품질의 변화로 인해 상대적으로 낮은 저장력을 가지고 있다. 본 연구는 에틸렌 작용 억제제인 1-methylcyclopropene(1-MCP) 처리가 수삼의 저장기간 동안 품질 및 미생물군에 미치는 영향을 조사하였다. 수확된 수삼은 $1\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 1-MCP를 4°C 에서 20시간 처리 후 상온에서 18일간, 저온(4°C)에서 160

일간 저장하였다. 상온에서 18일간 저장 시 1-MCP가 처리된 수삼의 중량감소율은 8.3%로 무처리구의 10.1%에 비해 낮게 나타났다. 수삼을 4°C 에서 장기저장 시, 중량감소율은 저장 120일까지는 1-MCP 처리구와 무처리구간의 차이 없이 약간 증가하였다. 반면에 4°C 에서 120일 이상 저장 시는 1-MCP 처리구에 비해 무처리구가 높은 중량감소율이 나타났다. 수삼의 호흡량과 에틸렌 발생량은 상온저장 시 1-MCP 처리구가 대조구에 비해 낮았다. 또한 1-MCP 처리는 상온저장 시 대조구에 비해 미생물군이 적게 나타났다. 반면에 저온에서 단기저장 시(45일간)에는 1-MCP 처리구와 무처리구간의 중량감소율과 미생물 군에서의 유의한 차이는 없었다. 1-MCP 처리에 따른 중요한 ginsenosides 함량의 변화도 없었다. 본 연구결과는 1-MCP가 상온에서 단기저장 시 및 저온에서 장기저장 시 수삼의 신선도 유지를 위해 사용될 수 있음을 제시한다. 또한 1-MCP 처리는 수삼이 저장 및 수송 중에 접할 수 있는 외부 에틸렌의 유해한 영향을 방지하기 위해 수삼에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

추가 주요어 : 에틸렌, ginsenosides, 미생물 군, 호흡, 중량 감소

인용문헌

- Cho, M.A., B.M. Hurr, J. Jeong, C. Lim, and D.J. Huber. 2008. Postharvest senescence and deterioration of 'Thoroughbred' and 'Carlo' green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to 1-methylcyclopropene. *HortScience* 43:427-430.
- Fan, X. and J.P. Mattheis. 2000a. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. *HortScience* 35:885-887.
- Fan, X. and J.P. Mattheis. 2000b. Reduction of ethylene-induced physiological disorders of carrots and iceberg lettuce by 1-methylcyclopropene. *HortScience* 35:1312-1314.
- Hong, S.I., H.W. Park, and D.M. Kim. 2002. Respiratory characteristics and storage quality of Korean fresh ginseng as influence by harvest time and plastic film packing. *Food Sci. Biotechnol.* 11:494-499.
- Hu, J.N., J.H. Lee, J. A. Shin, J. E. Choi, and K. T. Lee. 2008. Determination of ginsenosides content in Korean ginseng seeds and roots by high performance liquid chromatography. *Food Sci. Biotechnol.* 17:430-433.
- Jeon, B.S. and C.Y. Lee. 1999. Shelf-life extension of American fresh ginseng by controlled atmosphere storage and modified atmosphere packaging. *J. Food Sci.* 64:328-331.
- Kim, E.J., G.H. Kim, and D.M. Kim. 2007. Effect of surface washing treatment on quality of fresh ginseng during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39:380-385.
- Kim, E.J., J.Y. Seo, S.I. Hong, and D.M. Kim. 2005. Effects of picking season, size and storage conditions on respiratory characteristics of Korean fresh ginseng (*Panax ginseng* C.A. Myer). *Kor. J. Food Preserv.* 12:529-533.

- Kim, J.G., Y. Luo, and K.C. Gross. 2004. Effect of package film on the quality of fresh-cut salad savoy. *Postharvest Biol. Technol.* 32:99-107.
- Massolo, J.F., A. Concellon, A.R. Chaves, and A.R. Vicente. 2012. Use of 1-methylcyclopropene to complement refrigeration and ameliorate chilling injury symptoms in summer squash. *CyTA-J. Food* 10:1-8.
- Mir, N., M. Canoles, R. Beaudry, E. Baldwin, and C.P. Mehla. 2004. Inhibiting tomato ripening with 1-methylcyclopropene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129:112-120.
- Oh, H.I., H.W. Noh, J.H. Do, S.D. Kim, and S.K. Hong. 1981. Physico-chemical and microbiological changes during storage of fresh ginseng. *J. Ginseng Res.* 5:99-107.
- Roberts, R.G. 1990. Postharvest biological control of gray mold of apple by *Cryptococcus laurentii*. *Phytopathology* 80:526-530.
- Rusasinghe, H.P.V., D.P. Murr, G. Paliyath, and L. Skog. 2000. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75:271-276.
- Sakai, S. 1995. Application and development of electrolyzed-oxidizing water. *Food Ind.* 30:35-41.
- Sisler, E.C., M. Serek, and E. Dupille. 1996. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. *Plant Growth Regul.* 18: 169-174.
- Sohn, H.J., E.H. Kim, K.B. Nho, K.S. Jung, and J.H. Kim. 2001. Influence of physical property of soft film and packaging method on the storage stability of individually packaged fresh ginseng. *J. Ginseng Res.* 25:45-52.
- Watkins, C.B. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advance.* 24:389-409.
- Yun, S.D. and S.K. Lee. 1999. MA storage for Korean fresh ginseng. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 40:689-692
- Zhou, B., J.L. McEvoy, Y. Luo, R.A. Saftner, H. Feng, and T. Beltran. 2006. 1-methylcyclopropene counteracts ethylene-induced microbial growth on fresh-cut watermelon. *J. Food Sci.* 71:180-184.