

## ‘대석조생’ 자두(*Prunus salicina* L.)의 숙기에 따른 1-Methylcyclopropene 처리효과

오소영<sup>†</sup> · 임병선 · 이재욱 · 이지현  
농촌진흥청 원예연구소 저장이용과

### The Effects of 1-Methylcyclopropene on the Quality of 'Ooishiwase' Plums (*Prunus salicina* L.) with Different Ripening Stage

Soh-Young Oh<sup>†</sup>, Byung-Seon Lim, Jae-Wook Lee and Ji-Hyun Lee  
Postharvest Technology Division, National Horticultural Research Institute, Suwon 440-706, Korea

#### Abstract

'Ooishiwase' plum (*Prunus salicina* L.) fruits were harvested at three pre-climacteric stages of ripeness (stages 1, 2, and 3) and treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP, 1  $\mu$ L/L) for 24 hours at 10°C before storage to evaluate the effectiveness of 1-MCP in extending shelf-life at 10°C. Ethylene production and respiration rates were significantly lower after 1-MCP treatment compared to those of control fruit, throughout the entire storage period. Also, 1-MCP delayed plum softening and color changes. However, the chemical 1-MCP had no effect on fruit soluble solid content changes. The preservative 1-MCP is an effective tool for quality improvement in plums, and extension of shelf life of the fruit, and plums can safely be harvested at stage 3 of ripening, at which time the most desirable organoleptic attributes have been developed.

**Key words :** plum, ripening stage, 1-MCP, storage, quality, ethylene

#### 서 론

자두는 성숙과 노화가 에틸렌의 작용에 의해 촉진되며 호흡형은 수확기에 호흡량이 크게 증가하는 급등형과실로 수확, 저장 중 취급에 주의가 필요하다(1). 과실 및 채소류의 수확 후 연화는 수송, 저장, 유통기간을 결정하는데 매우 중요하다. 과실의 연화는 에틸렌과 밀접한 관련이 있으며, 특히 외부 에틸렌에 의해 빠르게 촉진된다. 자두와 같이 에틸렌 생성이 많은 과실은 에틸렌 생성이 적은 과실보다 빠르게 연화와 노화가 진행 된다(1,2). 1-Methylcyclopropene (1-MCP)는 에틸렌 수용체와 가역적으로 결합하여 과실조직의 에틸렌에 대한 반응을 억제한다(3). 이미 절화(4,5), 사과(6), 바나나(7), 토마토(8) 등 여러 작물에 대한 1-MCP의 연화 억제, 선택유지, 중량감소억제, 호흡억제 등의 효과가

보고되었으며, Dong 등(9)은 1-MCP가 살구와 자두의 노화를 지연시킨다고 하였다. 사과의 숙기에 따른 1-MCP 처리 효과에 대한 보고에 의하면 climacteric 이나 post-climacteric 단계 보다 pre-climacteric 단계에서 1-MCP에 의한 효과가 좋다고 하였다(10). 자두에서 1-MCP 처리에 의해 과실 품질이 유지되었다는 보고는 있으나(2, 9, 11), 숙기에 따른 1-MCP 처리효과에 대한 보고는 거의 없다. 최근 Valero 등(12)이 자두의 숙기에 따른 1-MCP의 효과를 보고하였으나, 대석조생에 관한 보고는 없다.

자두는 수확 후 품질의 변화가 매우 빠르게 진행되어 착색이 시작되는 시기의 미숙과를 수확하여 유통시키고 있는 실정이다. 유통 중 품질의 저하를 억제하는 것으로 알려진 1-MCP이용하면 좀 더 맛있는 과일을 수확하여 유통시킬 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 '대석조생' 자두의 숙기에 따른 1-MCP 처리 효과를 조사하기 위한 것으로, 세 가지 숙기의 자두에 대한 1-MCP 처리 효과를 조사하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : osy74@chol.com,  
Phone : 82-31-240-3663, Fax : 82-31-240-3670

## 재료 및 방법

### 재료

‘대석 조생’ 자두(*Prunus salicina* L.)의 생리적 특성을 조사하기 위하여 경북 김천의 농가에서 2006년 6월 14일부터 7월 7일 간격으로 첫 수확할 때 까지 약 한달 동안 한번에 20개의 과실을 수확하여 크기, 색, 에틸렌생성량, 호흡량, 산도, 가용성고형물 함량, 경도 등을 조사하였다.

숙기에 따른 1-MCP에 대한 반응을 알아보기 위한 실험에 사용한 자두는 2006년 7월 4일 수확하였으며, 수확 즉시 실험실로 옮겨 숙기별로 구분 한 후 가스조절챔버(10°C)로 옮겼다. 중심부에 붉은색으로 착색이 시작한 것은 stage 1, 붉은색 착색정도가 1/3 이하인 것은 stage 2, 2/3이상 착색된 것은 stage 3으로 구분하였으며, 처리별로 30 kg의 과실을 이용하였다. 일반적으로 농가에서 수확하여 출하하는 과실은 stage 1에 해당한다. 가스조절 챔버로 옮긴 후 과실 온도가 10°C로 낮아진 후 1  $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 1-MCP를 24시간 동안 처리하였다. 사용한 1-MCP는 AgroFresh Inc(Smartflesh, Korea)에서 제공받았으며, 무처리 대조구의 과실은 1-MCP 처리시간동안 처리구와 같은 조건의 챔버에서 24시간동안 유지하였다.

### 에틸렌 생성과 호흡량 조사

호흡량과 에틸렌 생성량의 조사를 위하여 처리구별로 각각 3개의 과실을 1 L 용기에 넣어 1시간 동안 밀폐시킨 후 용기 내에서 1 mL의 공기를 취하여 호흡량은 TCD, 에틸렌은 FID detector로 분석(GC, Hewlett-packard 5890, USA)하였다. 각 처리당 조사는 5반복으로 실시하였다.

### 과실 품질 변화 조사

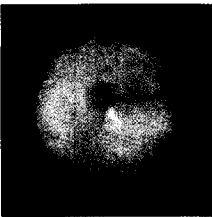
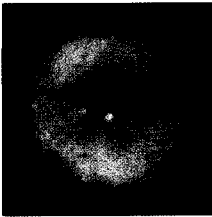

경도는 과실의 적도면 과피를 제거한 후 TA-XT2 Texture Analyzer(25 kg load cell과  $\phi 5$  mm cylindrical probe, Surrey, U.K.)를 이용하여 변형 깊이 10 mm, 속도 2 mm/sec로 측정하였다. 산함량은 5배 희석한 과즙을 0.1N sodium hydroxide를 이용하여 pH 8.2로 적정하여 계산하였으며, 가용성고형물은 디지털 당도계(Atago, Japan)를 사용하여 측정하였다. 유리당 함량은 3배 희석한 과즙을 HPLC(Younglin CTS30, Korea)를 이용하여 분석하였다. 색도는 적도면의 과피를 Chroma meter(Cr-300, Minolta Corp., Japan)로 과실 하나당 3반복으로 조사하였다. 저온장해와 부패 발생에 관한 1-MCP의 영향을 알아보기 위하여 내부갈변(Internal breakdown) 및 부패 발생 여부를 조사하였다. 모든 실험은 5반복으로 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 숙기에 따른 생리적 특성

과실의 생화학적 특성을 조사한 결과는 Table 1에 나타내었으며 숙기에 따른 경도, 색도, 유리당 함량을 제외한 특성의 차이는 나타나지 않았다( $P < 0.05$ ). 에틸렌 생성량과 호흡량을 조사한 결과 실험에 사용한 모든 숙기는 pre-climacteric 단계임을 확인할 수 있었으며, stage 3의 에틸렌 생성량이 가장 높았으나, 숙기에 따른 에틸렌 생성량과 차이의 통계적 유의성은 없었다. 그러나 stage 3은 climacteric의 초기 단계로 에틸렌 생성량이 증가하기 시작하는 단계임을 알 수 있었다.

Table 1. The physiological change which it follows in ripening stage of the plums

Ripening stage	Stage 1	Stage 2	Stage 3
			
Firmness (N)	7.6 $\pm$ 0.77 <sup>a</sup>	5.1 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	2.0 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>
Color (a)	-8.11 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	-5.68 $\pm$ 0.91 <sup>b</sup>	9.38 $\pm$ 2.40 <sup>c</sup>
Ethylene (nL g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	1.38 $\pm$ 1.16 <sup>a</sup>
Respiration (mL kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	20.80 $\pm$ 0.52 <sup>a</sup>	21.76 $\pm$ 1.95 <sup>a</sup>	23.07 $\pm$ 1.75 <sup>a</sup>
Soluble solid content (%)	9.8 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	9.7 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	10.4 $\pm$ 0.67 <sup>a</sup>
Free Sugars (mg/g fw)	0.063 $\pm$ 0.001 <sup>a</sup>	0.062 $\pm$ 0.001 <sup>a</sup>	0.076 $\pm$ 0.002 <sup>b</sup>
Titrateable acidity (%)	0.7 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.8 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.7 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>
Vertical diameter (mm)	49.3 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>	48.8 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	48.9 $\pm$ 0.60 <sup>a</sup>
Width diameter (mm)	49.0 $\pm$ 0.72 <sup>a</sup>	50.4 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	48.1 $\pm$ 0.87 <sup>a</sup>
Weight (g)	69.6 $\pm$ 1.82 <sup>a</sup>	70.9 $\pm$ 1.59 <sup>a</sup>	70.5 $\pm$ 3.08 <sup>a</sup>

Values within a row with same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**에틸렌 생성과 호흡량**

조사기간 동안 1-MCP 처리 과실은 0 ~ 0.6 nL · g<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>로 숙기에 관계없이 대조구에 비해 에틸렌 생성이 매우 적었다 (Fig. 1A). 에틸렌 생성이 1-MCP에 의해 억제 되었으나, 숙기에 따른 효과의 차이는 유의성이 없었다. 대조구 과실의 경우 에틸렌 생성량이 숙기에 따라 큰 차이를 나타내어, 숙기 3의 경우 저장 3일 이후 에틸렌 생성량이 급격히 증가 한 반면 숙기 1, 2의 경우 저장 5일 이후부터 서서히 증가하였다. 이상의 결과로 1-MCP는 자두 과실의 수확 후 에틸렌 생성을 억제하거나 지연시킴을 알 수 있었다. 숙기 3의 에틸렌 생성량이 초기에 감소한 것은 온도(10℃)에 의한 영향으로 생각되며, 3일 이후 1-MCP 처리 과실은 에틸렌 생성이 낮게 유지된 반면 대조구 과실은 점차 증가 하였다 (Fig. 1A). 이는 1-MCP가 에틸렌 생성을 억제할 뿐만 아니라 에틸렌 생성에 온도보다 더 많은 영향을 미친다는 것을 나타낸다.

위와 유사한 결과가 호흡량에서도 관찰되었다(Fig. 1B). 전반적으로 모든 과실에서 호흡량의 변화가 적었으나, 1-MCP 처리 과실의 호흡량은 1 ~ 5 mg CO<sub>2</sub> · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>인 반면 무처리 대조구의 과실의 호흡량은 5 ~ 16 mg CO<sub>2</sub> · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>로 1-MCP 처리과실보다 호흡량이 많았다. 에틸렌과 마찬가지로 초기에는 온도에 의한 영향으로 호흡량이 감소하였으나 3일 이후부터 증가하였으며, 1-MCP 처리구는 호흡량이 억제 되었다.

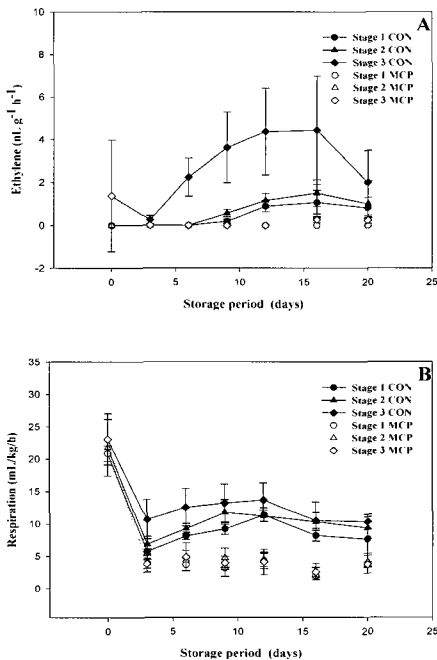


Fig. 1. Changes in ethylene (A) and CO<sub>2</sub> (B) evolution rate of ‘Ooishiwase’ plum fruit during storage at 10°C treated by 1-MCP according to 3 different ripening stages.

**과실 품질 변화**

1-MCP 처리에 따른 자두의 저장 중 경도변화를 측정 한 결과 숙기에 관계없이 모든 처리과실의 연화를 지연시켰다 (Fig. 2). 대조구 과실의 연화는 모든 숙기에서 매우 빠르게 진행되어, 초기 경도 8.1, 5.1, 2.2 N에서 5일째까지 급격히 감소하여 12일 후에는 모든 숙기의 과실이 1.3 N으로 물러졌다. 반면 1-MCP 처리 과실은 초기 경도 8.1, 5.1, 2.2 N에서 유통 20일 후까지 4.9, 2.6, 2.3 N의 경도를 보여 대조구에 비하여 확실한 경도 유지 효과를 나타내었다. 이러한 결과는 Skog 등(13)과 Dong 등(11)의 보고와 일치한다. Moran 과 McManus(14)는 1-MCP에 의한 연화의 억제 또는 지연은 에틸렌 생성에 대한 1-MCP 처리효과와 밀접한 관계가 있다고 하였다.

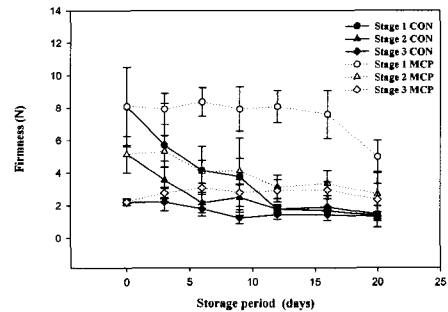


Fig. 2. Changes in firmness of ‘Ooishiwase’ plum fruit during storage at 10°C treated by 1-MCP according to 3 different ripening stages.

1-MCP는 산도유지 효과도 나타내었다(Fig. 3A). 처음 7일 동안은 온도의 영향으로 모든 과실에서 산도가 유지되어 처리간 차이가 나타나지 않았으나, 이후 무처리 과실에서 산도가 급격히 감소되었다. 반면 1-MCP 처리 과실에서는 조사 마지막까지 높은 산도가 유지 되었다. 또한 1-MCP는 색깔변화를 지연시켰다(Fig. 3B, 4). 숙기 3의 경우 유통 기간동안 처리간 유의차가 인정되지 않았으나, 숙기 1, 2의 경우 1-MCP 처리에 의해 색의 변화가 유의성 있게 지연되었다. 그러나 1-MCP 처리과실의 경우 에틸렌 생성은 조사 마지막까지 억제된 반면, 색도 변화는 일정기간 후 급격히 변화하여, 이들의 변화 양상이 일치하지 않아 에틸렌 생성과 색도변화 사이의 관계는 명확하지 않았다. Abdi 등(2)은 급등형 또는 비급등형 자두에 관한 보고에서 에틸렌생성 전부터 과피 색도변화를 관찰한 결과, 자두에서 에틸렌은 색소의 생성과 클로로필 감소에 관여한다고 하였다. Dong 등(9)도 ‘Royal Zee’자두에 대한 보고에서 유사한 결과를 나타내어 색도변화와 에틸렌의 관계가 명확하지 못하다고 하였으며, 따라서 1-MCP에 의한 자두의 색도변화 억제효과는 1-MCP의 에틸렌 생성 억제효과 외에 다른 작용에 의한 결과라고 하였다.

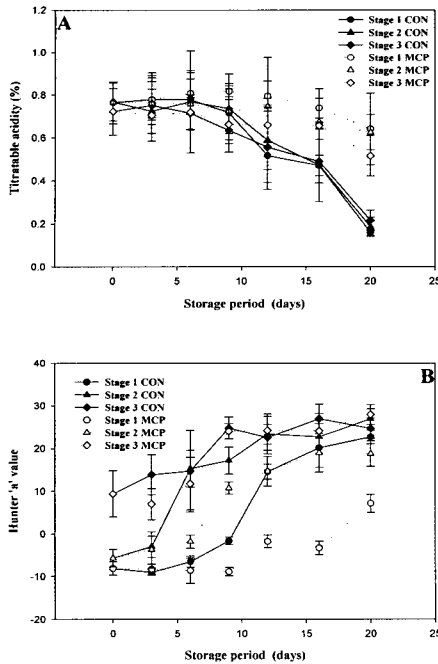


Fig. 3. Changes in titratable acidity (A) and color change (B) at 10°C in 'Ooishiwase' plum fruit treated by 1-MCP according to 3 different ripening stages.

본 연구에서는 1-MCP는 가용성 고형물 함량에는 어떠한 영향을 미치지 않았으며 (Table 2), Dong 등(11)이 'Red Rosa' 자두에서 유사한 결과를 발표한 바 있다. 부패와 생리장애는 모든 과실에서 발생하지 않아 1-MCP에 의한 영향은 알 수 없었다.

결론적으로 1-MCP는 자두의 숙기와 관계없이 에틸렌 생성을 억제하고 연화, 색도변화, 산도유지 등의 전반적인 품질유지 효과를 나타내었다. 따라서 유통 중 빠른 품질변화로 인해 숙기 1정도의 미숙과를 수확, 유통하고 있는 현실

을 비추어볼 때, 1-MCP를 적용한다면 좀 더 맛있을 때 수확하여 유통시킴으로 고품질의 자두를 소비자에게 공급할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 1-MCP는 과실의 노화과정 중 품질과 밀접한 관련이 있는 식물호르몬인 에틸렌의 역할을 이해하고, 제어하기 위한 연구에 유용하게 이용할 수 있을 것이다.

Table 2. Decay incidence, soluble solids content and internal breakdown at 10°C after 20 days affected to 1-MCP treatment immediately after harvest

Ripening stage	Treatment	Decay incidence (N)	Soluble solids content (%)	Internal breakdown
Stage 1	Control	0 a <sup>2</sup>	11.90 a	none
	1-MCP	0 a	12.45 a	none
Stage 2	Control	0 a	11.84 a	none
	1-MCP	0 a	11.27 a	none
Stage 3	Control	0 a	12.71 a	none
	1-MCP	0 a	11.99 a	none

<sup>2</sup>Mean within the same letter were not significantly different at P<0.05.

요 약

Pre-climacteric 단계의 '대석조생' 자두(*Prunus salicina* L.)를 착색정도 따라 3단계로 구분하여 1-Methylcyclopropene (1-MCP, 1 μL · L<sup>-1</sup> for 24 hours at 10°C)을 처리한 후 10°C에서 유통시키면서 에틸렌 생성량, 호흡량, 경도, 산도, 색도 변화 등의 품질변화를 관찰하였다. 1-MCP 처리에 의한 에틸렌 생성과 호흡량 감소가 모든 숙기에서 유의성이 인정되었다. 또한 1-MCP는 숙기와 관계없이 경도, 산도, 색도를 유지시키고, 가용성 고형물함량에는 아무런 영향을 미치지

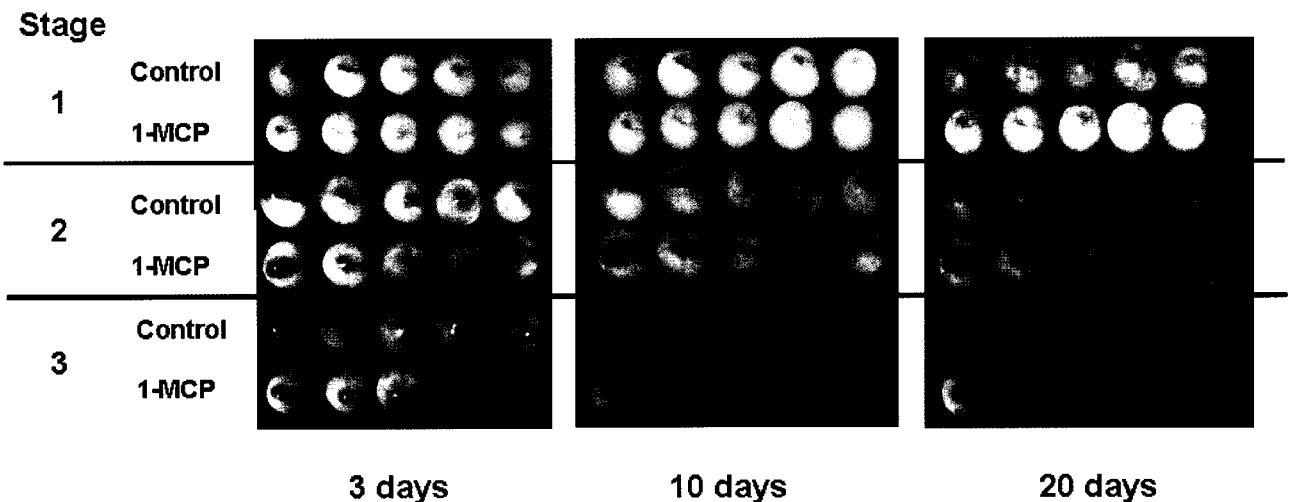


Fig.4. Changes of color at 10°C in 'Ooishiwase' plum fruits treated by 1-MCP according to 3 different ripening stages.

않아, 악영향 없이 자두의 품질유지 효과를 나타내었다. 따라서 1-MCP를 적용하면 자두의 유통기간을 연장 할 수 있으므로 수확시기를 늦춰 맛있는 자두를 수확 하여 유통시켜 소비자에게 좀 더 맛있는 자두를 공급할 수 있을 것으로 예상되었다.

### 감사의 글

본 연구는 2006년도 농촌진흥청(원예연구소) 박사후연구과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

### 참고문헌

1. Abdi, N., Holford, P., McGlasson, W.B. and Mizrahi, Y. (1997) Ripening behavior and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. *Postharvest Biol. Technol.*, 12, 21-34.
2. Abdi, N., McGlasson, W.B., Hoford, P., Willians, M. and Misrahi, Y. (1998) Response of climacteric and suppressed- climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.*, 14, 29-39.
3. Serek, M., Sisler, E.C. and Reid, M.S. (1995) 1-Methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruits, cut flowers and potted plants. *Acta Hort.*, 394, 337-345.
4. Serek, M., Sisler, E.C. and Reid, M.S. (1995) Effects of 1-MCP on the vase life and ethylene response of cut flowers. *Plant Growth Regul.*, 16, 93-97.
5. Sisler, E.C. and Serek, M. (1997) Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plant*, 100, 577-582.
6. Song, J., Tian, M.S., Dilley, D.R. and Beaudry, R.M. (1997) Effects of 1-MCP on apple fruit ripening and volatile production. *ASHS Ann Meeting* 23-28 July, 1997. University of California, USA.
7. Blankenship, S. M. and Dole, J. M. (2003) 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.*, 15, 293-303
8. Guilléna, F., Castilhoa, S., Zapataa, P.J., Martínez-Romeroa, D., Serranob, M. and Valeroa, D. (2007) Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 43, 23-27
9. Dong, L., Lurie, S. and Zhou, H.W. (2002) Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of Canino apricots and Royal Zee plums. *Postharvest Biol. Technol.*, 24, 135-145.
10. Mir, N.A., Curell, E., Khan, N., Whitaker, M. and Beaudry, R. M. (2001) Harvest maturity, storage temperature and 1-MCP application frequency after firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'redchief delicious' apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 126, 618-624.
11. Dong, L., Zhou, H.W., Sonogo, L., Lers, A. and Lurie, S. (2001) Ripening of 'Red Rosa' plums: effect of ethylene and 1-methylcyclopropene. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28, 1039-1045.
12. Valero, D., Martínez-Romero, D., Valverde, J.M., Guillen, F. and Serrano, M. (2003) Quality improvement and extension of self life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. *Innov. Food Sci. Emerging Technol.*, 4, 339-348.
13. Skog, L.J., Schaefer, B.H. and Smith, P.G. (2001) 1-Methylcyclopropene preserves the firmness of plums during postharvest storage and ripening. *Acta Hort.*, 553:171-172.
14. Moran R.E. and McManus, P. (2005) Firmness retention, and prevention of coreline browning and senescence in 'Macoun' apples with 1-methylcyclopropene. *Hort. Sci.*, 40, 161-163.

(접수 2007년 7월 19일, 채택 2007년 9월 28일)