

1-MCP 및 수확 후 처리가 복숭아(*Prunus persica* Batsch) ‘장호원황도’ 저장 유통 중 품질에 미치는 영향

천종필¹ · 서정석² · 김명선¹ · 임병선³ · 안영직⁴ · 황용수^{1*}

¹충남대학교 원예학과, ²충남농업기술원, ³국립원예특작과학원, ⁴배재대학교 생명환경디자인학부

Effects of 1-MCP and Storage Condition on Shelf Life and Quality of ‘Janhowon Hwangdo’ Peach (*Prunus persica* Batsch)

Jong-Pil Chun¹, Jeong-Seok Seo², Myung-Sum Kim¹, Byung-Sun Lim³,
Young-Jik Ahn⁴, and Yong-Soo Hwang^{1*}

¹Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Chungnam Agricultural Research & Extension Services, Yesan 365-503, Korea

³National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea

⁴Division of Horticulture and Landscape Architecture, Pai Chai University, Daejeon 302-375, Korea

Abstract. This study was conducted to investigate the effect of 1-MCP, an ethylene action inhibitor, and several postharvest treatments including ethylene scrubbing on fruit quality and respiration for keeping marketability in ‘Janhowon Hwangdo’ peach (*Prunus persica* Batsch). 1-MCP at the rate of 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ showed best results in maintenance of fruit firmness and external appearance such as skin color. The ethylene production was strongly reduced by 1-MCP treatment at 0.5 or 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ but respiration rate was only suppressed at 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ during 6 days of shelf life at 20°C. Mature fruits (harvested 1 week before full commercial maturity) were much highly responsive to 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ of 1-MCP compared to those of commercial maturity. At the concentration of 0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ of 1-MCP did not affect fruit marketability compared to untreated control. Beneficial effects of carbon ceramic as an ethylene scrubber were also found such as delay of firmness loss and deterioration of external appearance at 10°C, but these positive effects on fruit quality remained for only 5 days. The application of ethylene scrubber on the shipping carton boxes was effective on keeping firmness of immature fruit pretreated with 1-MCP when compared with mature fruit.

Additional key words: carbon ceramic, ethylene, respiration, ripening

서 언

복숭아는 전형적인 클라이맥터릭형 과실로 성숙이 시작됨과 더불어 뚜렷한 에틸렌 생합성 증가 및 내생에틸렌에 대한 감응성 변화가 일어나며(Rasori 등, 2002), 과색, 향 및 기타 품질과 관련된 생화학적 변화가 발생한다(Mathooko 등, 2001; Ruperti 등, 2001). 우리나라의 대표적인 만생종 황육종인 ‘장호원황도’는 조직의 연화 특성으로 볼 때 연화 과정에서 조직이 심하게 물러져 원형을 유지하지 못하고 물러져버리는 무름(melting)형 과실로 연화가 매우 빠르게 진행되며 수확시기가 지연될수록 부패과의 발생이 증가하기

때문에 유통 중 상품성 유지에 어려움이 있어 유통 중 보구력 증진을 위한 기술 개발이 필요하다(Haji 등, 2005; Kim 등, 2000).

복숭아의 연화는 에틸렌합성의 증가(Brummell 등, 2004)와 더불어 비롯되며 non-melting형의 복숭아에서도 외생에틸렌 처리는 melting형과 유사하게 조직의 연화를 유발한다(Murayama 등, 2009). 조직 연화에 따른 세포벽 구성 다당류의 구조적 변화 및 성분 변화를 수반하는데 세포벽 가수분해 효소인 endo-polygalacturonase(EC3.2.1.15)와 β -galactosidase(EC3.2.1.23)의 작용에 의한 펙틴의 depolymerization(Brummell 등, 2004; Hadfield와 Bennett, 1998; Lester 등, 1994, 1996; Pressey와 Avants, 1978), 그리고 endo- β -1,4-glucanases (EC3.2.1.4) 및 endo- β -1,4-mannanase(EC3.2.1.78) 등 matrix glycan 분해

*Corresponding author: yshwang@cnu.ac.kr

※ Received 24 December 2009; Accepted 24 March 2010.

효소의 활성도 관련이 있다고 알려졌다(Brummell 등, 2004).

한편 1-Methylcyclopropene(1-MCP)는 에틸렌 작용을 억제함으로써 다양한 작물에서 보구력 증진에 긍정적인 효과를 보이고 있는데(Sisler와 Serek, 1997), 1-MCP 처리 효과는 작물의 성숙유형(호흡급등형과 비급등형)은 물론 성숙단계 및 유전적 조성, 처리시기의 내외적 요인에 영향을 받는 것으로 알려졌다(Blankenship과 Dole, 2003). 특히 사과와 복숭아는 모두 호흡급등형 성숙유형을 보이는 과실이지만 1-MCP 처리에 따른 반응은 많은 차이가 있어 사과에서는 1-MCP 처리 효과가 뚜렷하지만(Bai 등, 2005; Choi, 2005; Fan 등, 2002; Jiang과 Joyce, 2002; Watkins 등, 2000) 복숭아의 경우 처리 효과가 제한적인 것으로 보고되고 있다(Choi, 2005; Fan 등, 2002; Mathooko 등, 2001; Ziliotto 등, 2003). 이러한 원인의 하나로 복숭아는 호흡 속도가 빠르고 처리시 처리용기 내부의 CO₂ 농도가 높게 유지되므로 축적된 CO₂가 에틸렌 수용체 합성을 억제하므로(Dal Cin 등, 2006) 혹은 처리용기 내부에 축적된 에틸렌의 영향을 받기 때문으로 추정하였다(Choi, 2005).

따라서 본 연구에서는 복숭아 ‘장호원황도’ 품종을 대상으로 연화과정에서 일어나는 품질 및 세포벽 관련물질의 변화를 조사하고 보구력 증진을 위한 1-MCP 이외의 대안을 실용적 측면에서 모색할 필요가 있어 에틸렌 흡착제 등의 선도유지제와 1-MCP 처리 효과를 종합적으로 검토하여 복숭아 보구력 증진 가능성을 살피고자 하였다.

재료 및 방법

과실재료

본 실험에서 사용한 과실재료는 2007년 경기도 이천시 장호원읍 농가에서 재배된 ‘장호원황도’를 2007년 9월 13일 및 20일 과실을 각각 수확한 후 성숙과와 완숙과로 간주하였다. 수확 후 크기, 착색정도, 과실무게 등을 일정한 것으로 선별하여 실험하였는데 수확 후 1일간 20°C에 음건시킨 과실을 대상으로 실험을 실시하였다.

1-MCP 및 에틸렌제거제 처리

수확시기별 및 1-MCP 처리농도별 반응성 실험은 21L 플라스틱 밀폐통에 과실을 채우고 1-methylcyclopropene(1-MCP, SmartFresh™, AgroFresh Inc., USA) powder를 기화시켜 0.5 및 1.0μL·L⁻¹ 농도로 12시간 상온에서 처리하였다(Choi와 Bae, 2007). 1-MCP 처리 용기에는 소형팬을 설치하여 처리 중 공기를 순환시켰다. 에틸렌 제거와 1-MCP 처리 비교실험에서 에틸렌 제거 처리는 선별 후 1일간 음건시킨 과

실을 1,200L들이 내부 순환 팬을 장착한 저온 저장고에 과실을 넣고 30g의 흡착형 에틸렌 제거제인 carbon ceramic제(Kavotech, Korea)를 설치하여 순환되는 내부 공기가 에틸렌 제거제와 접촉할 수 있도록 처리하였고, 저장 기간 중 2회 교환하였다. 1-MCP 처리는 1.0μL·L⁻¹의 농도로 상온에서 16시간 처리한 과실을 사용하여 그 효과를 비교하였다. 실험에 사용한 과실은 모두 처리 후 10°C에서 20일간 농가 관행저장 방법에 따라 플라스틱 컨테이너 담아 저장하였으며 저장 5, 10, 20일에 경시적으로 품질변화를 관찰하였다. 출하용 골판지 상자(7.5kg 들이) 처리는 골판지 상자에 과실을 담고 에틸렌 제거제(10g)를 부직포에 포장하여 처리하였다.

과실 품질 분석

과육의 경도는 적도면에서 과피를 제거한 후 8mm flat-tipped probe를 사용 Rheometer(CR-100D, Sunscientific, Japan)로 압축강도를 측정하였다. 가용성고형물 함량은 굴절당도계(PR-1, Atago, Japan)로 측정하였고, 산함량은 과즙을 희석 후 0.1N NaOH로 적정하여 사과산 함량으로 계산하였다. 과피의 색도 측정은 과실 적도면을 색차계(CR-300b, Minolta, Japan)로 측정하였다. 과실의 에틸렌 발생량 및 호흡 측정은 각 처리구에서 무작위로 6과를 선택하여 3반복으로 3.4L 용기에 2과씩 넣어 밀폐하고 25°C에서 2시간 방치 후 밀폐된 용기내부의 기체를 주사기로 1ml 포집한 후 각각 FID 및 TCD가 장착된 gas chromatograph(Shimadzu, Japan)로 측정 후 계산하였다(Tamura 등, 2003).

결과 및 고찰

1-MCP 처리농도 및 수확시기별 상온유통 중 품질변화

‘장호원황도’ 복숭아의 수확 시기별 1-MCP 처리반응을 조사하기 위하여 시기를 달리하여 수확한 과실을 대상으로 1-MCP를 0.5 및 1.0μL·L⁻¹ 농도로 나누어 16시간 처리하였다. 경도에 대한 영향은 전반적으로 두 처리농도 모두 무처리구에 비하여 6-8일간의 상온유통기간 동안 경도 감소 방지에 긍정적이었다(Fig. 1). 그러나 수확시기별로 다소 차이가 있어 상업적 수확기에 비해 7일 일찍 수확하였던 성숙과의 경우 1.0μL·L⁻¹ 처리가 0.5μL·L⁻¹ 처리보다 다소 높게 경도를 유지시켰으며 이러한 경향은 8일간의 저장기간 동안 지속적으로 유지되었다(Fig. 1). 무처리구의 경우 저장 6일 이후에는 과실이 부패하거나 곰팡이가 발생이 관찰되어 상품성을 완전히 상실한 것으로 간주하여 실험에서 배제하였다. 또한 완숙과에서도 0.5 및 1.0μL·L⁻¹ 처리구에서 처리 후 4일 동안 무처리에 비하여 경도가 높게 유지되었으나 1-MCP 처

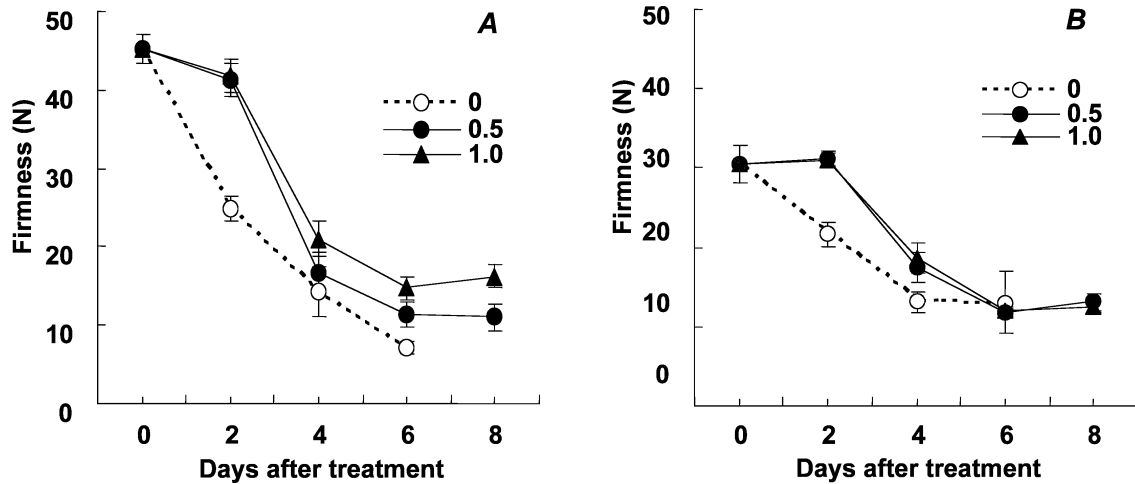


Fig. 1. Effect of 1-MCP treatment on firmness during 8 days of shelf life at 20°C in mature (A) and ripe (B) 'Janghown Hwangdo' peach. Vertical bars represent SE (n=20).

리 농도에 따른 차이는 보여주지 않았고 상온유통 6일째부터는 무처리구와 유사한 수준으로 경도가 저하되어 속도에 따른 차이가 확인되었다(Fig. 1). Kluge와 Jacomino(2002) 또한 유사한 결과를 보고하여 완숙 전에 수확한 과실에서는 1-MCP 처리농도가 0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상에서는 경도유지, 지색 변화 억제 및 부패억제에 긍정적이지만 완숙한 과실에서는 이러한 긍정적인 효과를 얻지 못하였다고 하였다. 한편 Choi(2005)는 백향 품종에서 1-5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리는 과실의 경도에 뚜렷한 효과를 주지 못하였고 반복적으로 처리할 때에만 다소 효과적이라고 하여 복숭아에 대한 1-MCP 처리는 품종에 따라 차이가 있을 가능성도 시사하였다.

본 실험 결과 1-MCP 처리의 경우 0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도에서도 무처리구에 비하여 다소 경도유지 효과를 보여주는 것으로 조사되었는데 예비실험에서 동일 농도로 6시간 처리하였던 경우에는 상온유통 중 경도유지 효과가 떨어지는 것으로 조사되었으므로(자료 미제시) '장호원황도'에 대한 1-MCP 처리는 1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도로 처리하는 것이 효과적일 것으로 생각되었다. 한편 1-MCP 처리는 관행적 수확기보다 다소 일찍 수확한 과실을 이용하여 처리하는 것이 효과적이며(Kluge와 Jacomino, 2002) 그 효과도 6일 이내로 제한적인 것으로 생각되었다.

'장호원황도'의 수확시기별 및 1-MCP 농도별 처리에 따른 상온유통기간의 품질변화를 보면 모든 처리구에서 공통적으로 상온 저장 기간 중 가용성 고형물 함량이 증가하는 경향이었으나 처리기간에는 일정한 유의차를 나타내지 않았는데 수확시기별에 따라서는 적숙기에 수확한 완숙과의 가용성고형물 함량이 다소 높은 경향이였다(Table 1, 2). 산함량의 경우 상온유통 기간 중 무처리구에서 1-MCP 처리에 비하여 낮게 유지되었다.

Table 1. Effect of 1-MCP treatment on fruit quality during 8 days of shelf life at 20°C in mature 'Janghown Hwangdo' peach.

1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)	Color difference	
			L*	Hue
<i>before treatment</i>				
0	10.7	0.30	74.1	92.7
<i>2 days after treatment</i>				
0	10.8 a ^z	0.26 a	70.1 b	78.4 b
0.5	10.4 ab	0.29 a	72.6 a	87.6 a
1.0	10.2 b	0.20 a	72.9 a	88.7 a
<i>4 days after treatment</i>				
0	10.7 b	0.18 a	66.6 b	72.9 b
0.5	12.1 a	0.31 a	69.3 a	82.2 a
1.0	11.0 b	0.30 a	71.2 a	84.4 a
<i>6 days after treatment</i>				
0	11.7 a	0.20 b	61.1 c	58.4 c
0.5	11.2 a	0.25 a	64.9 b	70.4 b
1.0	11.5 a	0.23 a	71.7 a	78.2 a
<i>8 days after treatment</i>				
0	y	-	-	-
0.5	11.9 a	0.20 b	62.2 b	62.0 b
1.0	11.8 a	0.21 a	70.6 a	74.6 a

^zMean separation within columns and the same investigated date by Duncan's multiple range test at 5% level. Statistical analyses were performed with SPSS software package v. 13.0 for Windows (SPSS Inc. 2004).

^yData were excluded by fruit decay or complete quality loss.

과실 과피의 명도를 나타내는 L*값의 변화에 있어서 모든 처리구에서 유통 중 감소하는 경향이었는데 무처리구가 1-MCP 처리구에 비하여 현저히 색택이 어두운 경향이었고

Table 2. Effect of 1-MCP treatment on fruit quality during 8 days of shelf life at 20°C in ripe 'Janghowon Hwangdo' peach.

1-MCP ($\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)	Color difference	
			L*	Hue
<i>before treatment</i>				
0	10.9	0.27	67.9	76.6
<i>2 days after treatment</i>				
0	11.0 b ^z	0.25 a	60.0 c	59.3 c
0.5	10.6 a	0.26 a	64.1 b	66.7 b
1.0	11.1 a	0.24 a	69.6 a	77.3 a
<i>4 days after treatment</i>				
0	11.1 b	0.25 ab	57.2 b	52.8 b
0.5	11.8 ab	0.21 b	54.7 b	60.2 b
1.0	11.1 a	0.28 a	61.8 a	73.2 a
<i>6 days after treatment</i>				
0	11.3 a	0.19 a	52.7 c	45.7 b
0.5	11.9 a	0.19 a	60.5 b	47.7 b
1.0	12.3 a	0.19 a	68.3 a	61.6 a
<i>8 days after treatment</i>				
0	^y	-	-	-
0.5	12.1 a	0.21 a	58.3 a	53.9 a
1.0	11.4 a	0.20 a	57.6 a	52.7 a

^zMean separation within columns and the same investigated date by Duncan's multiple range test at 5% level. Statistical analyses were performed with SPSS software package v. 13.0 for Windows (SPSS Inc. 2004).

^yData were excluded by fruit decay or complete quality loss.

1.0 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리에서 0.5 $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리보다 변화가 적었다. 과실의 착색도를 나타내는 Hue 값은 모든 처리구에서 공통적으로 유통기간 중 감소하였는데 과실의 성숙상태와 1-MCP 처리농도에 관계없이 처리구에서 무처리구보다 변화가 적었으며 특히 성숙과에서 그 변화가 적었다. 성숙과의 경우 처리당일의 Hue 값은 92.7이었는데 처리2일후 78.4, 6일에 58.4로 각각 약 15%, 37% 감소하였고 1-MCP 처리의 경우 처리8일에도 대조구의 처리6일보다 높게 유지되었다. 그러나 완숙과에서는 처리당일 76.6에서 처리2일에 대조구에서는 59.3, 처리 6일에는 45.7로 각각 22.5%, 40% 감소하여 감소폭은 비슷하지만 절대치에서는 큰 차이를 보여 수확시기에 따른 1-MCP 처리효과에 많은 편차를 보여주어 Kluge와 Jacomino(2002)의 결과와 유사한 경향이였다.

1-MCP 처리에 따른 에틸렌 발생 및 호흡의 억제 효과는 성숙과에서는 인정되었으나 완숙과에서는 나타나지 않아 과실의 성숙도 및 1-MCP 처리농도에 따른 반응에 유의한 차이를 보였다. 즉 완숙 7일전에 수확하였던 성숙과에 있어 무처리구의 에틸렌 발생은 처리 후 상온유통 6일후에 급격히 증가하여 1-MCP 처리구의 2배 수준이었다(Fig. 2A). 완숙기에 수확한 과실을 대상으로 처리하였던 경우에도 유사한 양상을 보였는데 무처리구의 경우 에틸렌발생량이 성숙과에 비하여 30% 높은 수준이었고 1-MCP 처리구에서도 상

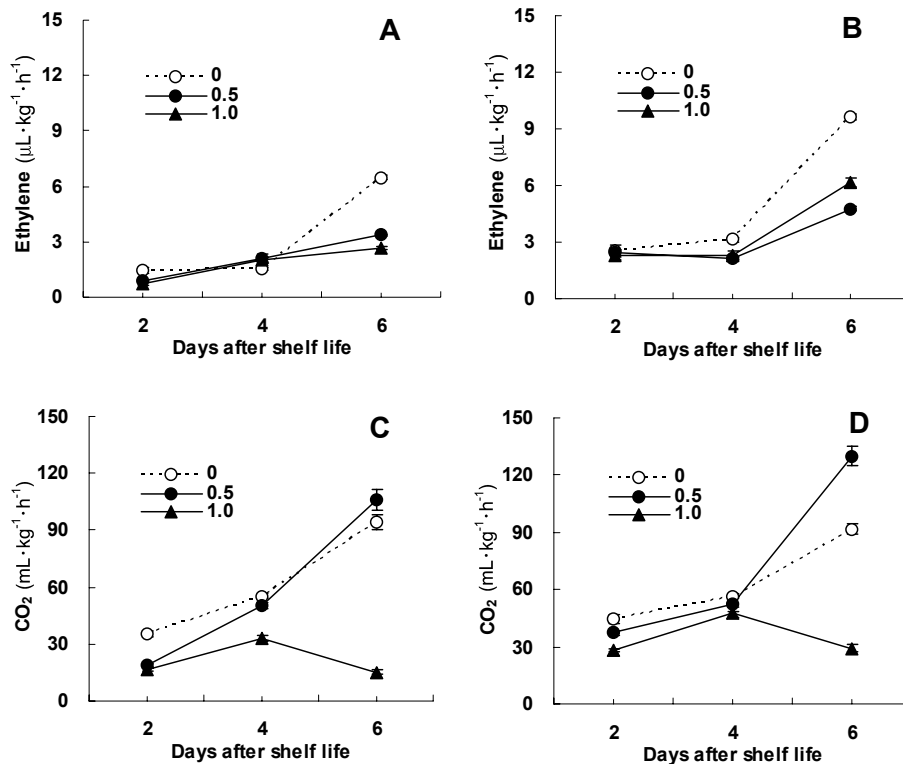


Fig. 2. Effect of 1-MCP treatment on the changes of ethylene production (A, B) and respiration rate (C, D) during 6 days of shelf life at 20°C in mature (A, C) and ripe (B, D) 'Janghowon Hwangdo' peach. Vertical bars represent SE (n=20).

온유통 6일 후에 $5\text{-}6\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ 의 발생량을 보여 성숙과의 무처리구와 유사한 수준까지 증가하는 등 완숙과실에서의 1-MCP 효과는 제한적이었다(Fig. 2B). Dal Cin 등(2006)은 사과에서와 달리 복숭아에서 1-MCP 처리는 처리 중 용기에 축적된 CO_2 의 영향을 받을 가능성을 제시하였는데 본 연구에서 처리 2일후 성숙과와 완숙과의 CO_2 발생이 약 2배의 차이를 보인 점을 고려할 때 처리당일의 호흡률의 차이의 영향을 받았을 가능성도 배제할 수 없다. 호흡률은 1-MCP $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리에 의하여 상온유통 중 유의하게 억제되었는데 $0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 수준에서는 호흡억제 효과가 뚜렷하지 않았다(Fig. 2C, D). 즉 사과에 비하여 1-MCP 처리에 대하여 제한적인 반응을 보이는 복숭아 과실의 반응 특성과 더불어 성숙도에 따라 에틸렌수용체의 비율 혹은 발현률이 달랐던 원인에 기인하였던 것으로 추정된다.

1-MCP 및 에틸렌 제거 처리에 따른 저온저장 중 품질변화

‘장호원황도’ 복숭아에 있어 1-MCP 처리와 에틸렌제거 처리 효과를 비교하기 위하여 수확시기를 달리하여 공시한 과실을 대상으로 10°C 저장고에 넣고 20일간 에틸렌 제거 처리를 실시하고 저장 전 1-MCP를 $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 농도로 처리한 구를 비교하였다. 20일간의 저장 기간 중 과육 경도는 처리간에 유의한 차이가 없이 지속적으로 감소하는 경향을 보였는데 저장 5일까지는 1-MCP를 처리한 과실의 경도가 높게 유지되었다. Carbon ceramic제제를 이용하여 에틸렌 제거 처리를 실시한 과실에서는 성숙과의 경우에만 단기적으로 경도 유지효과를 보여주었고 가용성고형물 및 산함량의 변화는 처리간에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

1-MCP 및 에틸렌제거 처리에 따른 에틸렌 발생 및 호흡에 미치는 영향을 조사하였던 결과, 20일간의 저장기간 중

Table 3. Effect of 1-MCP or ethylene scrubber (ES) treatment on fruit quality during storage at 10°C in mature and ripe ‘Janghowon Hwangdo’ peach.

Stage	Treatment	Storage (Day)	Flesh firmness (N)	Soluble solids ($^\circ\text{Brix}$)	Acidity (%)
Mature	Control	5	8.44	12.23	0.26
		10	5.57	12.80	0.29
		20	3.59	12.43	0.22
	1-MCP	5	10.61	12.63	0.27
		10	6.72	12.83	0.29
		20	3.77	13.17	0.21
	ES	5	11.06	12.53	0.27
		10	5.18	12.63	0.25
		20	3.68	12.73	0.23
Ripe	Control	5	6.73	13.57	0.23
		10	4.92	13.53	0.24
		20	2.98	13.30	0.20
	1-MCP	5	10.29	12.70	0.28
		10	6.43	13.60	0.23
		20	4.59	14.50	0.20
	ES	5	6.69	12.87	0.20
		10	4.72	13.37	0.24
		20	3.59	13.97	0.17

ANOVA

Stage (A)

Treatment (B)

Storage (C)

A × B

A × C

B × C

A × B × C

*

*

NS

NS

NS

NS

NS

**

NS

NS

**

*

NS

NS

NS, *, **, *** Non-significant and significant differences at $P<0.05$ or $P<0.01$, $P<0.001$, respectively, by ANOVA.

1-MCP 처리로 과실의 성숙도와 관계없이 에틸렌발생을 유의하게 억제하였는데 에틸렌제거 처리의 경우 성숙과에서 저장 10일간 유의한 에틸렌발생량의 감소효과를 보였으나 저장 20일에는 그 효과가 떨어졌고 완숙과의 경우에는 무처리구 대비 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3A, B). 한편 1-MCP 및 에틸렌제거 처리는 저장 20일간 과실의 호흡을 유의하게 억제하는 효과를 보였는데(Fig. 3C, D) 이와 같은 결과는 1-MCP 처리는 처리 농도, 시간 및 속도에 따라 다르게 반응하지만 여러 과종에서 에틸렌 발생, 호흡 및 색깔 변화 등에 영향을 미쳐 보구력을 증대시키는 것으로 밝혀져 있는 바 있다(Bai 등, 2005; Fan 등, 2002; Jiang과 Joyce, 2002; Watkins 등, 2000). Non-melting형 복숭아 연화에 대한 연구에서 Hayama 등(2006)은 에틸렌처리가 과육의 연화를 촉진하지만 polygalacturonase와 pectin methylesterase과는 관련이 없는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 1-MCP 처리가 비록 ‘장호원황도’ 복숭아 과실의 호흡 및 에틸렌 발생 억제에 미치는 효과가 다른 과실에 비해 상대적으로 떨어진다 할지라도(Dal Cin 등, 2006) 과실의 성숙도에 따라서는 긍정적인 효과가 인정되었다. 한편 에틸렌제거 처리의 경우 성숙과에서 에틸렌 발생량을 저장 10일간 유의하게 낮출 수 있었는데 저장 20일에는 그 효과가 떨어졌고(Fig. 3A) 완숙

과실을 대상으로 실험한 결과에서는 에틸렌 감소 효과가 없는 것으로 조사되어(Fig. 3B) 비록 저장기간 중 과실의 호흡률이 유의하게 낮았음에도 불구하고 과육 경도 저하를 억제하지 않았던 결과(Table 3)를 감안하면 복숭아 ‘장호원황도’의 연화는 에틸렌의 발생 억제와 직접적인 연관이 있는 것으로 추정되었다.

과실을 성숙, 완숙으로 구분하여 1-MCP를 $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 농도로 처리하고 7.5kg 들이 출하용 골판지 상자에 넣은 후 에틸렌제거제를 팩으로 조제하여 10g을 종이박스 내에 치상하고 polyethylene film(0.03mm)을 덮개로 사용하고 밀봉하지 않은 상태에서 10일간 상온 유통하면서 과실의 경도를 조사하였다. 그 결과 과실의 경도는 1-MCP 처리구가 속도에 관계없이 높게 유지되는 것으로 조사되었다. 즉 상온유통 5일에 조사한 결과를 보면 성숙과의 경우 1-MCP 처리구는 무처리구에 비하여 약 2배 정도가 높았고 완숙과의 경우에는 상대적으로 효과가 떨어지는 것으로 조사되었다(Fig. 4). 에틸렌제거제를 처리하였던 경우 전체 조사구에서 과육 경도 감소를 다소간 지연하는 것으로 조사되었다. 특히 성숙과에서 유통기간의 경과와 더불어 무처리구에 비하여 유의하게 높은 경도를 유지하고 있었지만 완숙과에서는 효과가 떨어지는 것으로 조사되었다. 한편 1-MCP 처리 과실에

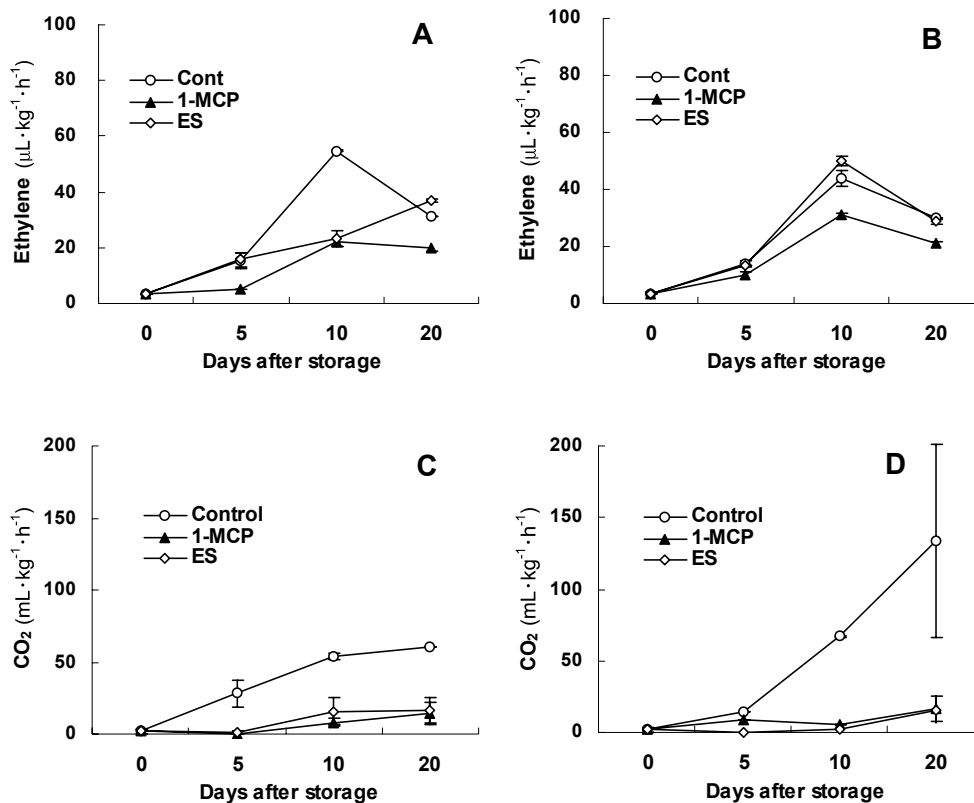


Fig. 3. Effects of 1-MCP or ethylene scrubber (ES) treatment on the changes of ethylene production (A, B) and respiration rate (C, D) during storage at 10°C in mature (A, C) and ripe (B, D) 'Janghowon Hwangdo' peach. Vertical bars represent SE (n=20).

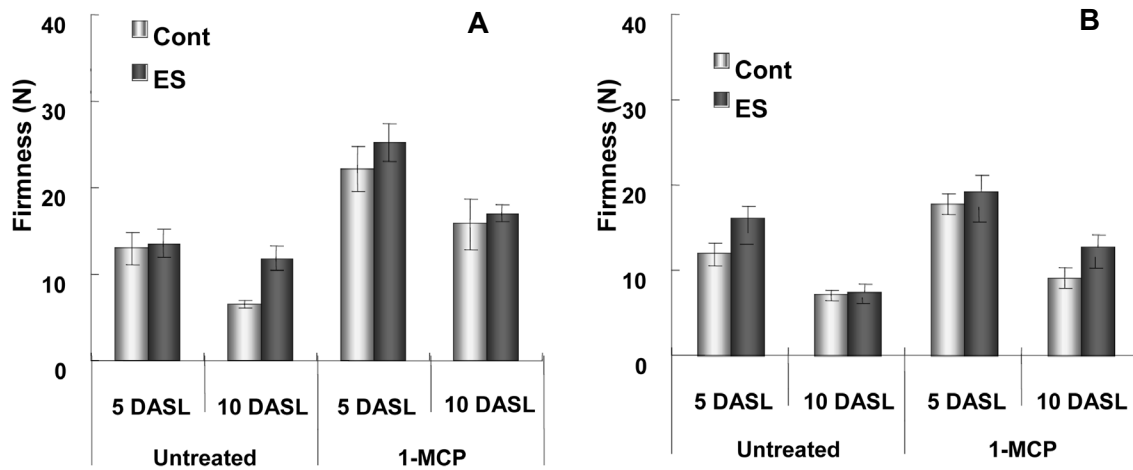


Fig. 4. Effects of combination treatment of 1-MCP and ethylene scrubber (ES) in the paper box on the changes of flesh firmness during 10 days of shelf life (DASL) at 20°C in mature (A) and ripe (B) 'Janghowon Hwangdo' peach. Vertical bars represent SE (n=20).

대한 에틸렌제거제 처리는 10일의 상온 유통기간 동안 과실의 경도 유지에 상승적으로 작용하여 과육 경도를 높게 유지하는 것으로 조사되었다(Fig. 4).

초 록

복숭아 '장호원황도'에 있어 저장, 유통 중 품질 향상을 위한 1-MCP 처리 및 에틸렌제거제 처리효과를 검토하였다. 1-MCP를 $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도로 처리하였던 경우 8일간의 상온 유통 중 경도유지 및 착색지연에 효과적인 것으로 나타났는데 완숙과에 비하여 성숙과에서 1-MCP 처리 효과가 크게 나타났다. 그러나 1-MCP를 $0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도로 처리하였던 경우에는 품질유지 효과가 나타나지 않았다. 1-MCP를 0.5 및 $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 처리하였던 경우 과실의 에틸렌 발생을 억제하였는데 호흡률 저하는 $1.0\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서만 유의하게 나타났다. 저온저장 중 1-MCP 처리와 에틸렌제거 처리 효과를 비교한 결과, 처리 효과가 저장 5일 후까지만 1-MCP를 처리한 과실의 경도가 높게 유지되었고 에틸렌 제거제 처리의 경우 성숙과의 경우에만 단기적 경도 유지효과를 보여주었다. 저온저장 중 에틸렌제거를 실시하였던 경우 성숙과에서 저장 초기에 경도 감소를 지연하는 효과를 보였으나 완숙과에서는 효과가 떨어지는 것으로 조사되었다. 한편 1-MCP 처리 과실에 대한 박스 내 에틸렌제거제 복합처리는 과실의 경도유지효과를 나타내어 상온유통 5일 후 성숙과의 경우 1-MCP 처리구는 무처리구에 비하여 약 2배 경도가 높아 실용성이 있는 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 카본세라믹, 에틸렌, 호흡, 연화

인용문헌

- Bai, J.H., E.A. Baldwin, K.L. Goodner, J.P. Mattheis, and J.K. Brecht. 2005. Response of four apple cultivars to 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage. *HortScience* 40:1534-1538.
- Blankenship, S.M. and J.M. Dole. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.
- Brummell, D.A. and M.H. Harpster. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Mol. Biol.* 47:311-340.
- Brummell, D.A., V. Dal Cin, C.H. Crisosto, and J.M. Labavitch. 2004. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. *J. Exp. Bot.* 55:2029-2039.
- Choi, S.J. 2005. Comparison of the change in quality and ethylene production between apple and peach fruits treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Korean J. Food Preserv.* 12: 511-515.
- Choi, S.T. and R.N. Bae. 2007. Extending the postharvest quality of tomato fruit by 1-methylcyclopropene application. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25:6-11.
- Dal Cin, V., F.M. Rizzini, A. Botton, and P. Tonutti. 2006. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 42:125-133.
- Fan, X., L. Argenta, and J.P. Mattheis. 2002. Interactive effects of 1-MCP and temperature on 'Elberta' peach quality. *HortScience* 37:134-138.
- Hadfield, K.A. and A.B. Bennett. 1998. Polygalacturonases: many genes in search of a function. *Plant Physiol.* 117:337-343.
- Haji, T., H. Yaegaki, and M. Yamaguchi. 2005. Inheritance and expression of fruit texture melting, non-melting and stony hard in peach. *Sci. Hort.* 105:241-248.
- Hayama, H., A. Ito, T. Moriguchi, and Y. Kashimura. 2003. Identification of a new expansin gene closely associated with peach fruit softening. *Postharvest Biol. Technol.* 29:1-10.
- Jiang, Y. and D.C. Joyce. 2002. 1-Methylcyclopropene treatment

- effects on intact and fresh-cut apple. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 77:19-21.
- Kim, Y.H., S.C. Lim, C.K. Youn, H.H. Kim, C.H. Lee, K.S. Choi, and S.K. Kim. 2000. Effect of harvest time and storage methods on storability of 'Changhowon Hwangdo' peach. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18:207.
- Kluge, R.A. and A.P. Jacomino. 2002. Shelf-life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agricola* 59:69-72.
- Lester, D.R., W.B. Sherman, and B.J. Atwell. 1996. Endopolygalacturonase and the Melting Felsh (M) locus in peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:231-235.
- Lester, D.R., J. Speirs, G. Orr, and C.J. Brady. 1994. Peach (*Prunus persica*) endopolygalacturonase cDNA isolation and mRNA analysis in melting and non-melting peach cultivars. *Plant Physiol.* 105:225-231.
- Mathooko, F.M., Y. Tsunasima, W. Owino, Y. Kubo, and A. Inaba. 2001. Regulation of genes encoding ethylene biosynthesis in peach fruit by carbon dioxide and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 21:265-281.
- Murayama, H., M. Arikawa, Y. Sasaki, V.D. Cin, W. Mitsuhashi, and T. Toyomasu. 2009. Effect of ethylene treatment on expression of polyuronide-modifying genes and solubilization of polyuronides during ripening in two peach cultivars having different softening characteristics. *Postharvest Biol. Technol.* 52:196-201.
- Pressey, R. and J.K. Avants, 1978. Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. *J. Food. Sci.* 43:1415-1418.
- Rasori, A., B. Ruperti, C. Bonghi, P. Tonutti, and A. Ramina. 2002. Characterization of two putative ethylene receptor genes expressed during peach fruit development and abscission. *J. Exp. Bot.* 53:2333-2339.
- Ruperti, B., C. Bonghi, A. Rasori, A. Ramina, and P. Tonutti. 2001. Characterization and expression of two members of the peach 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase gene family. *Physiol. Plant.* 111:336-344.
- Sisler, E.C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.* 100:577-582.
- Tamura, F., J.P. Chun, K. Tanabe, M. Morimoto and A. Itai. 2003. Effect of summer-pruning and gibberellin on the watercore development in Japanese pear 'Akibae' fruit. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 72:372-377.
- Watkins, C.B., J.F. Nock, J.F. and B.D. Whitaker. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biol. Technol.* 19:17-32.