

1-MCP처리가 ‘후지’사과의 저장성에 미치는 영향

안승원* · 정재훈 · 김영철

공주대학교 산업과학대학 원예학과

(2011년 10월 12일 접수; 2011년 11월 2일 수정; 2011년 12월 22일 채택)

Effects of 1-Methylcyclopropene on Storage Life and Fruit Qualities of 'Fuji' Apple Fruit

Seoung-Won Ann*, Jea-Hun Jung, Young-Chil Kim

*Department of Horticulture, College of Industrial Science, Kongju National University,
Chungnam 340-800, Korea*

(Manuscript received 12 October, 2011; revised 2 November, 2011; accepted 22 December, 2011)

Abstract

This study was divided to three experiments for evaluating the effects of pre- or post-load 1-MCP on quality of 'Fuji' apples exposed to ethylene. The first experiment was compared for fruit quality at room temperature at 7, 14, 21, and 28 days between the control and 1-MCP-treated fruits followed storage of 130, 150, and 170 days. 1-MCP-treated fruits maintained higher fruit titratable acidity and firmness than those of control fruits. The second experiment was compared for fruit quality at room temperature at 7, 14, 21, and 28 days between fruits applied with pre-loaded-1-MCP on ethylene treatments (10 $\mu\text{L/L}$, 20 $\mu\text{L/L}$, and 40 $\mu\text{L/L}$) and control fruits. 1-MCP-treated fruits were not affected by ethylene concentrations, and had higher fruit weight and firmness than those of control. The third experiment was compared for fruit quality at room temperature at 7, 14, 21, and 28 days between fruits applied with pre-loading with ethylene (10 $\mu\text{L/L}$) followed by ventilation (8 h, or 32 h, or 56 h) and 1.0 $\mu\text{L/L}$ 1-MCP treatment. As observed above experiments, 1-MCP-treated fruits had higher fruit weight and firmness than those of control fruits, regardless of the delayed applications of 1-MCP.

Key Words : Apple, Ethylene, Fruit quality, 1-MCP, Storage

1. 서론

국내 사과 생산은 최근 5년간 연간 25% 증가하여 왔고(KREI, 2010), 세계에서 18번째 사과 생산량을 기록하고 있다. ‘후지’ 사과 품종은 ‘쓰가루’와 함께 85%를 넘는 편중재배 경향을 보여 왔으며, 이러한 편중된 시기의 사과생산은 사과 가격 하락을 가져와서

분산된 사과 출하 시기가 요구되고 있다. 하지만 사과의 상온 저장이나 장기간 저온 저장은 과실 내의 에틸렌 합성물질의 증가로 상품성을 저하시킬 수 있다(Ables 등, 1992). 이러한 에틸렌 물질은 과실생장 호르몬으로서, 과실의 성숙과 후숙을 촉진시켜서 과실 경도 및 과실 중량 그리고 유기산 함량을 감소시킨다(Ables 등, 1992).

1-MCP(1-methylcyclopropene)는 세포내 에틸렌 수용체 결합을 위한 에틸렌물질과 경쟁상태에 있으며, 1-MCP가 수용체에 결합이 되면 사과와 배와 같은 급등형 과실(climacteric fruit)의 에틸렌 합성을 억

*Corresponding author : Seoung-Won Ann, Department of Horticulture, College of Industrial Science, Kongju National University, Chungnam 340-800, Korea
Phone: +82-41-330-1224
E-mail: annsw@kongju.ac.kr

제해서 과실의 호흡과 성숙을 지연시킬 수 있다 (Watkins, 2008). 특히 1-MCP를 1.0 μ L/L로 과실에 사용하였을 때 0.5 μ L/L와 2.0 μ L/L에 비교해서 과실 성숙지연에 가장 효과적이었고, 1-MCP 단독사용 보다는 여러 번 사용되었을 때 효과를 배가시켰다고 하였다. 일반적으로 수확 후 바로 사용되는 1-MCP는 일반 사과 소농가에서는 이용성이 쉽지 않아서 일반 대단위 저장고를 가진 물류센터에서 일괄적으로 사용되기도 한다. 하지만 1-MCP 사용이 지연 되면 에틸렌 합성 물질의 증가로 사과 과실 부패를 증가시켜서 저장성을 감소시킬 수 있다(Jung과 Watkins, 2008). 또한 1-MCP가 처리된 과실이더라도 과실 운반중이나 마켓에서 판매되는 과정 중에 상처가 일어날 수 있으며 이러한 물리적인 상처는 과실의 에틸렌 합성을 증가시킬 수 있는 가능성이 상당하지만 현재까지 국내나 국외에 보고된 문헌은 거의 없다. 또한 대단위 저장고에서 지연된 1-MCP 처리가 에틸렌 합성을 억제해서 어느 수준까지 과실 품질에 기여했는지에 관한 객관적인 조사도 필요한 실정이다.

따라서 본 시험은 에틸렌에 노출된 ‘후지’ 사과에 1-MCP 처리시기가 과실 품질에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해서 조사하였다.

2. 재료 및 방법

충남 예산의 공주대학교 농장의 사과과원(N36°41'30", S126°46'40")에서 ‘후지’ 품종을 수확하여 수확 당일 공주대학교 실험실로 옮겨 실험에 이용하였다. 상처가 있거나 병든 과실은 모두 제거하였고 크기가 일정한 과실을 처리당 15개씩 골라 품질분석에 이용하였다. 샘플로 이용된 사과 당도는 평균 15.3°Brix로 사과 등급 분류시 상품으로 분류될 정도로 높은 편이었으며 경도는 17.0 N 되는 사과이었다. 1-MCP 처리방법은 약 40℃의 물에 1-MCP 파우더(Rohm and Haas Co., USA)를 넣어 기체를 발생시켜 일정 농도를 만들었다. 처리량과 처리농도를 결정하는 방법은 1.0 μ L/L의 농도를 만들려면 3.3% powder를 70 mg/m³의 양으로 물과 1:16의 비율로 용해시켜 가스를 발생시킨 후 밀봉 처리하였다. 저온저장 기간에 따른 ‘후지’ 사과의 저장기간 연장에 미치는 효과를 알아보기 위

하여 수확 당일 과실을 1.0 μ L/L의 농도로 16시간 처리한 후 저온저장고에 130, 150, 170일 보관한 후 상온에서 28일간 보관하면서 1-MCP 처리 효과를 조사하였다. 1-MCP 처리 후 에틸렌 처리농도에 따른 상온 저장 ‘후지’ 사과의 저장성을 알아보기 위하여, 1-MCP를 20℃에서 1.0 μ L/L의 농도로 16시간 처리한 후 8시간이 경과한 후 에틸렌을 각각 10, 20, 40 μ L/L 농도로 16시간 처리하였다. 에틸렌 사용 후 20℃ 상온에서 보관하면서 처리 7일 후부터 1주일 간격으로 4회 과중, 당도, 산도, 경도를 조사하였다.

에틸렌 처리 후 1-MCP의 처리시기 및 횟수에 따른 상온저장에서 ‘후지’ 사과에 과실품질을 조사하기 위하여 에틸렌을 20℃에서 각각 10 μ L/L의 농도로 16시간 처리한 다음 1-MCP를 각각 1.0 μ L/L의 농도로 8시간, 32시간, 56시간 경과한 후 처리하였다. 그리고 20℃의 온도에서 보관하면서 처리 7일 후부터 1주일 간격으로 4회 과중, 당도, 산도, 경도를 조사하였다. 과중은 전자저울(Precisa, Swiss)로 동일 과일을 저장기간 동안 조사하였으며 당도는 별도 제작한 착즙기로 착즙하여 과즙을 디지털당도계(ATAGO, Japan)로 측정하였고, 산도는 과육의 일정량의 즙액을 0.1N NaOH 용액으로 적정하였다. 경도는 과실의 측면 중간부위의 과피를 제거한 후 경도계(FHM-5; Takemura Denki Manufacture Co., Japan)로 직각으로 4방향을 측정하여 평균치로 하였다. 자료분석은 SAS 통계분석을 이용하여 분산분석 하였고, 평균간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test로 95% 수준에서 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

1-MCP로 처리된 과실과 처리되지 않은 대조구 과실을 130일, 150일, 170일간 저온 저장 후에 실온에서 7일, 14일, 21일, 그리고 28일 보관한 후에 과실 품질을 비교하였다(Table 1). 과실 중량과 당도는 처리에 상관없이 통계적으로 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 산도는 150일과 170일간 저온 저장해서 1-MCP를 처리한 과실에서 대조구보다 높게 관찰되었다. 과실 경도는 1-MCP 처리 과실에서 대조구보다 높게 유지되었다. 이는 수확 직후 과실에 1-MCP

Table 1. Effect of preload with 1-MCP (1.0 $\mu\text{L/L}$, 16 h) followed by storage of 130, 150, and 170 days on fruit quality (flesh weight, soluble solids contents, titratable acidity, and firmness) of mature 'Fuji' apple fruits

Treatment	Fruit quality					
	Initial	7 DAT ^z	14 DAT	21 DAT	28 DAT	
Flesh weight (% degree of initial value)						
Control	130 days	100.0 a ^y	97.4 a	96.5 a	94.9 a	92.2 a
1-MCP	130 days	100.0 a	97.6 a	96.5 a	95.4 a	94.0 a
Control	150 days	100.0 a	98.0 a	97.3 a	96.8 a	96.0 a
1-MCP	150 days	100.0 a	97.4 a	96.5 a	94.9 a	92.1 a
Control	170 days	100.0 a	97.4 a	96.8 a	95.9 a	95.4 a
1-MCP	170 days	100.0 a	97.0 a	94.8 a	92.1 a	90.5 a
Soluble solids contents ($^{\circ}\text{Brix}$)						
Control	130 days	13.1 a	13.0 a	13.2 a	13.0 a	13.2 a
1-MCP	130 days	13.4 a	13.0 a	13.0 a	13.4 a	13.1 a
Control	150 days	13.1 a	13.4 a	13.1 a	13.3 a	13.1 a
1-MCP	150 days	13.4 a	13.1 a	13.4 a	12.8 a	13.1 a
Control	170 days	13.3 a	13.0 a	13.0 a	12.7 a	12.7 a
1-MCP	170 days	13.1 a	13.2 a	12.8 a	13.2 a	13.3 a
Titratable acid (%)						
Control	130 days	0.25 a	0.22 a	0.20 a	0.18 a	0.15 a
1-MCP	130 days	0.27 a	0.26 a	0.25 a	0.23 a	0.22 a
Control	150 days	0.23 a	0.19 a	0.16 a	0.14 b	0.12 b
1-MCP	150 days	0.26 a	0.24 a	0.23 a	0.21 a	0.19 a
Control	170 days	0.19 a	0.14 b	0.12 b	0.09 b	0.07 b
1-MCP	170 days	0.23 a	0.20 a	0.17 a	0.15 a	0.13 a
Firmness (N)						
Control	130 days	12.3 a	12.0 a	11.2 a	10.8 a	9.9 b
1-MCP	130 days	12.9 a	12.5 a	12.2 a	11.8 a	10.9 a
Control	150 days	12.1 a	11.2 a	10.5 a	9.8 b	8.8 b
1-MCP	150 days	12.6 a	12.1 a	11.8 a	11.4 a	10.5 a
Control	170 days	11.4 a	10.8 a	9.9 b	8.7 b	7.1 b
1-MCP	170 days	12.0 a	11.7 a	11.3 a	10.2 a	9.3 a

^zDays after treatment.^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

를 처리해 주면 6개월 가까이 장기간 저장하더라도 과실 품질을 유지한 것을 알 수가 있었으며, 특히 실온보관 4주차에는 과실의 경도나 산도에 있어서 1-MCP 효능이 확인되었다. 이러한 1-MCP로 처리된 과실을 오랜 기간 동안 저장했을 경우 과실의 경도와 같은 과실품질을 유지하였다는 기존의 보고가 여러 사과 품종에서 최근 연구조사에서도 확인되어왔다(Fawbush 등, 2009; Jung과 Watkins, 2008; Liu 등, 2005; Watkins 등, 2000; Zanella, 2003). 하지만 장기간 저장 후에 상온에서 한 달 동안 경과 후 과실품질이 어느 수준까지 유지되는지에 대한 연구는 없었는데, 본 연

구를 통해서 4주차까지는 1-MCP 효과를 확인할 수 있었다.

1-MCP로 처리된 '후지'는 과중에 있어서 실온보관 2주, 3주, 4주차에서 에틸렌 농도 처리에 상관없이 대조구보다 높게 나타났다(Table 2). 과육 당도나 산도는 실온 보관기간에 따라서 다소 차이는 있었으나 대체적으로 1-MCP 처리에 따른 차이는 관찰되지 않았다. 과육 경도는 실온보관 3주와 4주차에서 1-MCP 처리된 과실에서 높게 유지되었다. 특히 4주차에도 과육 경도가 0.1-0.2N 정도만 감소된 것이 관찰되었다. 과실의 세포내 에틸렌 수용체에 결합된 1-MCP는 일반

Table 2. Effect of preload with 1-MCP (1.0 $\mu\text{L/L}$, 16 h) followed by ethylene (10, 20, or 40 $\mu\text{L/L}$; 16 h) treatments on fruit quality (flesh weight, soluble solids contents, titratable acidity, and firmness) of mature 'Fuji' apple fruits

Treatment	Fruit quality				
	Initial	7 DAT ^z	14 DAT	21 DAT	28 DAT
	<u>Flesh weight (% degree of initial value)</u>				
Control	100.0 a ^y	98.7 b	96.6 b	94.1 b	92.8 b
1-MCP	100.0 a	98.7 b	97.4 a	95.0 a	93.8 a
1-MCP+Ethylene 10 $\mu\text{L/L}$	100.0 a	99.0 a	97.3 a	94.7 a	93.8 a
1-MCP+Ethylene 20 $\mu\text{L/L}$	100.0 a	99.0 a	97.3 a	95.1 a	94.0 a
1-MCP+Ethylene 40 $\mu\text{L/L}$	100.0 a	98.9 ab	97.1 a	94.7 a	94.0 a
	<u>Soluble solids contents ($^{\circ}\text{Brix}$)</u>				
Control	14.9 a	15.0 a	15.3 a	15.5 ab	16.1 a
1-MCP	14.9 a	15.4 a	15.7 a	15.4 b	15.4 a
1-MCP+Ethylene 10 $\mu\text{L/L}$	14.9 a	15.3 a	15.6 a	15.9 a	16.1 a
1-MCP+Ethylene 20 $\mu\text{L/L}$	14.9 a	15.5 a	15.5 a	15.7 ab	15.9 a
1-MCP+Ethylene 40 $\mu\text{L/L}$	14.9 a	15.4 a	15.9 a	15.5 ab	16.0 a
	<u>Titratable acid (%)</u>				
Control	0.35 a	0.31 a	0.30 c	0.31 b	0.26 a
1-MCP	0.35 a	0.35 a	0.40 a	0.30 b	0.25 a
1-MCP+Ethylene 10 $\mu\text{L/L}$	0.35 a	0.33 a	0.32 bc	0.36 a	0.26 a
1-MCP+Ethylene 20 $\mu\text{L/L}$	0.35 a	0.35 a	0.36 ab	0.32 b	0.23 a
1-MCP+Ethylene 40 $\mu\text{L/L}$	0.35 a	0.34 a	0.38 a	0.31 b	0.25 a
	<u>Firmness (N)</u>				
Control	17.0 a	16.7 a	16.4 b	15.8 b	15.6 b
1-MCP	17.0 a	16.7 a	16.8 ab	16.7 a	16.9 a
1-MCP+Ethylene 10 $\mu\text{L/L}$	17.0 a	16.6 a	17.0 ab	16.9 a	16.9 a
1-MCP+Ethylene 20 $\mu\text{L/L}$	17.0 a	16.7 a	17.2 a	16.8 a	16.9 a
1-MCP+Ethylene 40 $\mu\text{L/L}$	17.0 a	16.6 a	17.3 a	16.9 a	16.8 a

^zDays after treatment.^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

적으로 반감기가 30일 정도로 알려졌는데(Sisler와 Serek, 1999), 실온 보관을 5주차 이상으로 늘렸을 때 과실품질에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 앞으로의 연구가 필요하다고 하겠다. 하지만 에틸렌 농도에 상관없이 1-MCP를 과실에 전처리로 살포했을 때 실온보관 4주 동안에는 과실품질이 유지되었다는 결과는 '후지' 사과의 유통판매에서 1-MCP 처리의 중요성이 확인되는 증거라고 할 수 있다.

과실 수확 후에 에틸렌에 노출된 과실에 1-MCP 처리가 8시간 이상 지연 되었을 때 과실품질에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해서 조사하였다(Table 3). 과중은 1-MCP를 처리한 과실이 실온에서 2주, 3주, 그리고 4주간 보관하였을 때 대조구나 에틸렌 처리된 과실보다 더 높았다. 과육 당도는 대조구에서 실온보관

4주차에 다소 높았고, 과실 산도는 실온보관 2주차를 제외하고는 처리간에 통계적으로 유의성 있는 차이가 관찰되지 않았다. 과육 경도는 에틸렌 노출 후 1-MCP로 처리된 과실이 3주와 4주차 실온 보관 시 높게 유지되는 것을 볼 수가 있었다. 이전 보고에서는 1-MCP와 에틸렌이 동시에 과실에 처리되면 에틸렌이 에틸렌 수용체를 먼저 선점하여서 과실 노화가 진행된다고 하였다(Reid와 Celikel, 2008; Zhang 등, 2009). 콩나물과 토마토 잎의 에틸렌 수용체로의 에틸렌 결합의 지속시간은 각각 10분과 2분으로 관찰되었다(Sisler와 Serek, 1999). 본 실험에서 투입된 에틸렌은 10 $\mu\text{L/L}$ 의 저농도로 1-MCP가 처리되었을 때(8시간, 32시간, 56시간 후) 에틸렌 가스가 수용체에서 이미 이탈되었을 것이라 추정되었다.

Table 3. Effect of preload ethylene (10 $\mu\text{L/L}$, 16 h) followed by ventilation (8 h, or 32 h, or 56 h) and 1-MCP treatments (1.0 $\mu\text{L/L}$, 16 h) on fruit quality (flesh weight, soluble solids contents, titratable acidity, and firmness) of mature 'Fuji' apple fruits

Treatment	Fruit quality				
	Initial	7 DAT ^z	14 DAT	21 DAT	28 DAT
		<u>Flesh weight (% degree of initial value)</u>			
Control	100.0 a ^y	98.7 a	96.6 bc	94.1 bc	92.8 c
Ethylene	100.0 a	98.3 b	96.5 c	93.8 c	92.5 c
Ethylene+8 h venti+1-MCP	100.0 a	98.6 a	96.8 ab	95.0 a	93.7 b
Ethylene+32 h venti+1-MCP	100.0 a	98.7 a	97.0 a	94.7 ab	94.3 a
Ethylene+56 h venti+1-MCP	100.0 a	98.4 b	96.9 a	94.9 ab	93.9 ab
		<u>Soluble solids contents ($^{\circ}\text{Brix}$)</u>			
Control	14.9 a	15.0 a	15.3 a	15.5 a	16.1 a
Ethylene	14.9 a	14.8 a	15.2 a	15.4 a	15.4 b
Ethylene+8 h venti+1-MCP	14.9 a	15.3 a	15.4 a	15.7 a	15.9 ab
Ethylene+32 h venti+1-MCP	14.9 a	15.1 a	15.6 a	15.6 a	15.8 ab
Ethylene+56 h venti+1-MCP	14.9 a	15.3 a	15.9 a	15.9 a	15.8 ab
		<u>Titratable acid (%)</u>			
Control	0.35 a	0.31 a	0.30 b	0.31 a	0.26 a
Ethylene	0.35 a	0.34 a	0.32 ab	0.30 a	0.22 a
Ethylene+8 h venti+1-MCP	0.35 a	0.34 a	0.34 ab	0.32 a	0.26 a
Ethylene+32 h venti+1-MCP	0.35 a	0.33 a	0.35 a	0.33 a	0.26 a
Ethylene+56 h venti+1-MCP	0.35 a	0.33 a	0.34 ab	0.31 a	0.27 a
		<u>Firmness (N)</u>			
Control	17.0 a	16.7 a	16.4 a	15.8 b	15.6 b
Ethylene	17.0 a	16.6 a	16.3 a	15.7 b	15.2 c
Ethylene+8 h venti+1-MCP	17.0 a	16.6 a	16.7 a	16.9 a	16.9 a
Ethylene+32 h venti+1-MCP	17.0 a	16.9 a	16.7 a	16.8 a	16.9 a
Ethylene+56 h venti+1-MCP	17.0 a	16.7 a	16.7 a	16.9 a	16.8 a

^zDays after treatment.^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5%.

이상의 결과로 보아서 1-MCP로 처리된 '후지' 사과를 6개월 가까이 장기간 저온 저장한 후 마켓에서 한 달간 실온에서 보관해도 과실 품질이 유지될 수 있음을 보여주었다. 또한 수확 후에 1-MCP를 처리하면 과실 운반중이나 판매 중에 일어날 수 있는 물리적 상처, 즉 에틸렌물질 증가에 의한 과실품질 저하를 예방할 수 있는 잠재력을 알 수 있었다. 본 실험에서는 에틸렌농도를 측정하지 않았지만 1-MCP로 처리된 사과는 내부 에틸렌농도와 과육경도가 강한 부의 상관관계가 있다는 사실은 이미 과학적으로 입증되어 왔다(Watknis 등, 2000). 따라서 내부 에틸렌 농도를 측정하지 않았더라도 과실의 품질 저하는 과실내 에틸렌 농도 증가로부터 기인한 것을 예측할 수 있었다. 1-MCP를 과실에 처리 할 수 없는 소농가에서는 수확

1-2일 지난 후에도 대규모 도매상에서 1-MCP를 처리하면 과실 품질 저하를 막을 것으로 판단되었다. 따라서 이러한 1-MCP를 과실에 처리를 하면 과실의 집중적인 판매시기를 분산시켜서 과실수급과 가격 안정화에 큰 도움을 줄 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 과제는 공주대학교의 자체학술연구비 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

Ables, F. B., Morgan, P. W., Saltveit, M. E., 1992, Ethylene in plant biology, 2nd edition, Academic

- Press, San Diego, CA, USA.
- Fawbush, F., Nock, J. F., Watkins, C. B., 2009, Antioxidant contents and activity of 1-methylcyclopropene (1-MCP)-treated 'Empire' apples in air and controlled atmosphere storage, *Postharvest Biol. Tech.*, 52, 30-37.
- Jung, S. K., Watkins, C. B., 2008, Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP), *Postharvest Biol. Tech.*, 50, 45-52.
- KREI, 2010, Agriculture industry trends by item. Fruits. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea, 199-205.
- Liu, H., Jiang, W., Zhou, L., Wang, B., Luo, Y., 2005, The effects of 1-methylcyclopropene on peach fruit (*Prunus persica* L. cv. Jiubao) ripening and disease resistance, *Intl. J. of Food Sci. Tech.*
- Reid, M. S., Celikel, F. G., 2008, Use of 1-methylcyclopropene in ornamentals: carnations as a model system for understanding mode of action, *HortScience*, 43, 95-98.
- Sisler, E. C., Serek, M., 1999, Compounds controlling the ethylene receptor, *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 40, 1-7.
- Watkins, C. B., Nock, J. F., Whitaker, B. D., 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. Tech.*, 19, 17-32.
- Watkins, C. B., 2008, Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops, *HortScience*, 43, 86-94.
- Zanella, A., 2003, Control of apple superficial scald and ripening-a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage, *Postharvest Biol. Tech.*, 27, 69-78.
- Zhang, Z., Huber, D. J., Hurr, B. M., Rao, J., 2009, Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels, *Postharvest Biol. Tech.*, 54, 1-8.