

1-Methylcyclopropene(1-MCP) 처리농도에 따른 머스크멜론(*Cucumis melo* L.)의 품질특성 변화

김지영 · 이해옥 · 윤두현 · 차환수 · 도정룡 · 김병삼*
한국식품연구원

Changes in the Quality Characteristics of Muskmelon Treated with Different Concentrations of 1-MCP During Storage

Ji Young Kim, Hye Ok Lee, Doo Hyun Yoon, Hwan Soo Cha, Jeong Ryong Do, and Byeong Sam Kim*
Korea Food Research Institute

Abstract Changes in the quality characteristics of muskmelon were analyzed by treating samples with 500, 1,000, and 1,500 ppb 1-MCP every 4 days and then storing the samples at 10°C. The weight losses of the MCP treated samples were lower than those of the control, while there were no differences in the concentrations among treatments. The firmness was maintained at a higher value in 1-MCP treated samples than the control during the storage period and showed the highest value in the 1,000 ppb treatment. The L-values (brightness of samples) in the 500 and 1,000 ppb treatments were kept constant during the storage period, while that of the control showed a decreasing trend after four days of storage. The b-values and yellowness, were decreased after showing an increasing trend in both treatments and the control as the storage period passed. The respiration rates of 1-MCP treated samples were lower than the control, with the lowest value being observed in the 1,000 ppb treatment. The texture observed upon sensory evaluation was higher and freshness was maintained longer in the 1,000 ppb treatment. Therefore, 1,000 ppb 1-MCP was considered to be the most effective concentration for treatment of muskmelon.

Key words: 1-methylcyclopropene, muskmelon, weight loss, hardness, soluble solid content

서 론

멜론은 수확후 일정기간 동안 후숙시키면 과육의 연화, 당도, 향기 등이 향상되는 특성을 가진 climacteric형 과실로서 후숙 과정 중 에틸렌의 급격한 발생과 호흡의 상승과 같은 특이한 반응을 나타낸다(1). 에틸렌가스는 무색무취의 불포화탄화수소로 식물의 노화기작에 관여하는 식물호르몬으로 알려져 있다(2). 에틸렌 발생이 증가하면 과실의 노화 및 부패가 촉진되면서 조직의 연화, 감미 및 향기성분 증대, 색소 발현 등의 변화가 빠르게 진행된다(3). 또한 원예작물의 수명이 단축되며 품질저하에 따른 경제적인 손실도 발생한다.

멜론의 유통기간은 상온저장 시 약 7-10일정도 밖에 되지 않아 외국으로 수출을 할 경우 과도한 숙성에 의해 생리장해 및 과육의 연화 그리고 이취 등의 문제점이 발생한다(4). 따라서 멜론 고유의 품질 유지 및 장기 저장을 위한 보관방법에 관한 기술 개발이 필요한 실정이다. 1-methylcyclopropene(1-MCP)는 식물의 유

통기간과 품질을 연장하는 기능이 첨가되어 있는 가스상의 물질로서 에틸렌 작용부위에 비가역적으로 결합하여 에틸렌 작용을 억제시키며 외부 에틸렌의 작용도 감소시킴으로써 농산물의 신선도와 맛을 장기간 유지시켜주는 역할을 한다(5). 또한 인체유해성 및 식물체에 대한 자극이 없어 에틸렌 억제제인 silver thiosulfate(STS)보다 효과적으로 작용하는 것으로 알려져 있다(6). 1-MCP를 처리하여 과실의 에틸렌 제어 및 호흡억제 효과를 규명한 논문은 보고된 바 있으나(7-11) 1-MCP 처리 및 농도변화에 따른 멜론의 노화 및 품질특성에 미치는 영향을 조사한 연구는 거의 없었다. 따라서 본 연구에서는 1-MCP의 처리 농도를 다르게 하여 머스크멜론의 품질특성 변화를 분석함으로써 1-MCP 적정 처리 농도를 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료 및 1-MCP 처리

본 실험에 사용된 머스크멜론(*Cucumis melo* L. cv. Earl's kingstar)은 전라북도 남원에서 재배한 것으로 2009년 5월 25일에 수확한 후 직접 구입하고 운반하여 사용하였다. 1-MCP 처리는 Smartfresh(AgroFresh Inc., Philadelphia, PA, USA)의 제품을 사용하여 각각 500, 1,000 그리고 1,500 ppb의 농도로 조제한 후 증류수와 반응시켜 온도 10°C, 상대습도 80%의 밀폐된 저온저장고 안에서 24시간동안 처리하였다. 처리 후 멜론을 10°C에서 20일간 저장하면서 4일 간격으로 분석에 사용하였다.

*Corresponding author: Byeong Sam Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9142
Fax: 82-31-780-9144
E-mail: bskim@kfri.re.kr
Received October 12, 2009; revised January 20, 2010;
accepted January 22, 2010

중량감모율

초기중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

경도

경도는 정상과의 중앙 단면을 기준으로 각각 1 cm 밖으로 절단하고 씨를 제거한 후 과육부로부터 가로, 세로, 높이가 2 cm인 정사각형의 모양으로 성형하여 사용하였다. Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., LTD., Tokyo, Japan)에 감압축 No. 4(축경: 3 mm)를 장착하고 60 mm/min의 속도로 압축하여 최대강도를 측정하였다(11).

가용성 고형분 함량

가용성 고형분(soluble solid content)은 정상과의 중앙 단면을 기준으로 각각 1 cm 밖으로 절단하고 과육의 중심으로부터 네 부위를 채취한 후 착즙하여 디지털 당도계(PR-1, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

색도

색도는 정상과의 중앙 단면을 기준으로 1 cm 밖으로 절단하고 과육의 표면을 colorimeter(CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 전 표준백판(L=97.75, a=0.49, b=1.96)으로 보정한 후 사용하였으며 L(Lightness), a(redness) 및 b(yellowness)값으로 나타내었다.

호흡속도

멜론을 일정 부피의 용기(6L)에 넣고 밀폐하여 10°C로 설정된 저장실에 일정 시간 방치한 후 경시적으로 headspace의 기체 200 μL를 가스 기밀성 주사로 취하고 gas chromatography(GC-14A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 이산화탄소 농도를 분석하여 mg CO₂/kg/hr로 나타내었다. 이때 분석조건으로 column은 CTRI(Altech Inc., Deerfield, IL, USA), column 온도는 35°C, 이동상은 50 mL/min 유량의 He를 사용하였으며 검출기로는 TCD를 사용하였다.

관능검사

관능요원 7명을 대상으로 멜론의 단맛, 향, 조직감 그리고 전반적인 선호도 등의 항목에 대하여 9점 척도법(매우좋다: 9점, 좋다: 7점, 보통이다: 5점, 나쁘다: 3점, 매우나쁘다: 1점)으로 평가하였다. 관능검사 결과는 통계분석용 프로그램 SPSS(Version 11.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 유의한 차이가 있는 경우 p<0.05 수준에서 Tukey's test를 이용하여 차이에 대한 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

중량감모율

수확직후의 멜론에 1-MCP를 500, 1,000 ppb 그리고 1,500 ppb의 농도로 각각 처리한 후 10°C 저장고에 저장하면서 4일 간격으로 품질 변화를 측정하였다. 처리후 멜론의 중량감모율은(Fig. 1) 무처리구가 0.75%로 1-MCP 처리구의 0.3-0.34보다 2배 이상 높게 나타났다. 저장기간이 지날수록 모든 시료에서 감모율이 증가되었으나 무처리구보다 1-MCP 처리구의 증가폭이 다소 적게 나타났다. 이러한 결과는 무처리구가 1-MCP 처리구에 비해 호흡작용에 의한 세포벽 물질의 연화와 수분 증발이 증가하였기 때문으로 여겨진다(12). 1-MCP 처리농도별로는 500 ppb 처리구보다

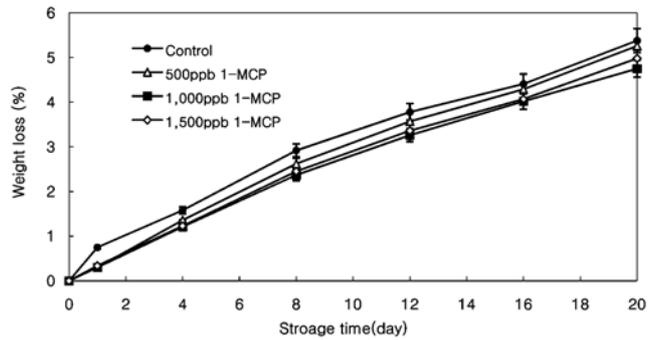


Fig. 1. Effect of 1-MCP treatments at various concentrations on the weight loss of muskmelon stored at 10°C.

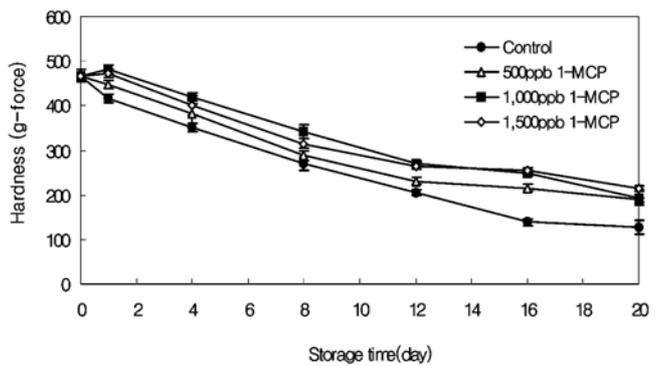


Fig. 2. Effect of 1-MCP treatments at various concentrations on the hardness of muskmelon stored at 10°C.

1,000과 1,500 ppb 처리구의 감모율이 적었으며 1,000 ppb 처리농도가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

경도

1-MCP 처리농도에 따른 머스크멜론의 저장 중 경도 측정 결과(Fig. 2) 무처리구 및 모든 1-MCP 처리구에서 감소되었다. 그러나 무처리구에서는 저장 16일까지 급속히 감소하는데 비해 1-MCP 처리구에서는 그 감소 폭이 무처리구에 비해 적었다. 무처리구의 경우 저장 12일 이후부터 현저하게 낮은 값을 나타내었으나, 1-MCP 처리구는 저장 20일에도 경도가 190-210 g-force로 무처리구의 저장 12일 206 g-force와 비슷한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 무처리구 멜론의 호흡량이 증가하면서 과육 내 저장양분이 분해되어 조직이 빠르게 연화 및 붕괴된 것으로 생각된다. 경도측정 변화는 멜론과육의 신선도를 판단할 수 있는 중요한 요소로서 1-MCP 처리가 과육 조직의 연화를 지연시키는데 효과적인 방법으로 생각되며 토마토에 1-MCP 농도를 다르게 처리한 Choi 등(12)의 연구결과와 일치하였다.

1-MCP 처리농도별로는 저장 12일까지 1,000 ppb 처리구에서 가장 높은 값을 보였으며 이후 저장일에는 1,500 ppb 처리구와 차이를 보이지 않아 1,000 ppb의 농도가 적당한 것으로 사료된다.

가용성 고형분 함량

머스크멜론의 저장 중 가용성 고형분 함량 변화는 무처리구의 경우 저장 12일에 당도가 증가한 후 다소 감소되는 경향을 나타내었으나 1-MCP 처리구는 감소폭이 적었다(Fig. 3). 일반적으로 과실은 성숙 및 노화가 진행됨에 따라 당도가 증가하는 현상이

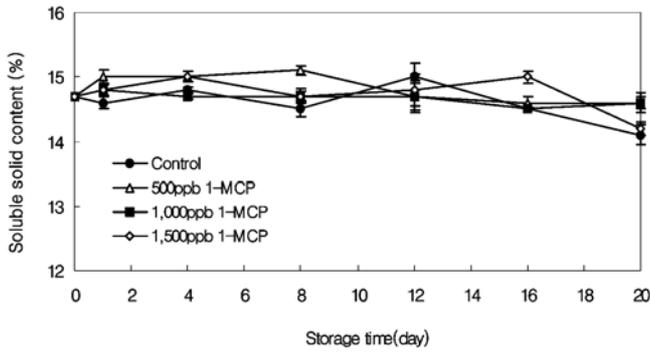


Fig. 3. Effect of 1-MCP treatments at various concentrations on the soluble solid content of muskmelon stored at 10°C.

나타나는데(8) 1-MCP 처리가 멜론의 호흡속도를 줄임으로써 호흡기질로 사용되는 당의 감소가 억제되어 멜론의 성숙을 지연시키는 것으로 생각된다.

1-MCP 처리농도별로는 차이를 보이지 않았으며 Heo 등(8)과 Choi (9)의 연구에서도 1-MCP 처리농도가 당도의 변화에 영향을 미치지 않은 것으로 보고되었다.

색도

멜론의 저장 중 과육부 표면 색 변화에서 밝기를 나타내는 L 값은 저장 4일 무처리구가 72.78로 1-MCP 처리구에 비해 높게 나타났다(Fig. 4). 또한 무처리구의 경우 저장 4일 이후부터 감소하는 경향을 보였으나 1-MCP 500 ppb 처리구와 1,000 ppb 처리구에서는 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다. 적색도 및 녹색을 나타내는 a값은 저장기간이 지날수록 다소 높아지는 경향을 보였으나 저장초기(4일까지)에는 1-MCP 1,500 ppb 처리구가 다소 높게 측정되었다. 황색도를 나타내는 b값은 모든 시료에서 저장기간이 지날수록 일정시기에 증가된 후 다시 감소하는 경향을 보였으나 무처리구에서는 18-20 사이의 범위로 일정하게 유지되는 경향을 보였다. 육안으로 확인했을 때도 무처리구의 과육 단면이 1-MCP 처리구의 과육보다 진한 황색을 띄는 것으로 관찰되었다.

호흡속도

머스크멜론의 저장 중 1-MCP 처리농도에 따른 호흡가스 발생량은 동일한 저장일에 1-MCP 처리구가 무처리구에 비해 비교적 적은 호흡량을 나타내었다(Fig. 5). 일반적으로 1-MCP 처리는 원예산물의 에틸렌작용 억제뿐만 아니라 호흡을 억제하는 효과를 나타낸다. Manenoi 등(13)은 1-MCP 처리 후 파파야에서 climacteric형의 특징이 관찰되지 않았다고 보고하였으며, Gal 등(14)의 연구에서도 1-MCP의 처리에 의해 멜론의 호흡발생량이 억제된 것으로 나타났다.

1-MCP 처리농도별로는 저장 12일까지는 500 ppb 처리구보다 1,000과 1,500 ppb 처리구의 호흡량이 적었으며 1,000 ppb에서 가장 적게 발생하였다. 이후 저장일에는 1,000 ppb 처리구와 1,500 ppb 처리구간에 차이를 보이지 않아 본 실험의 경도변화 결과와 유사한 경향을 보였다. 따라서 1,000 ppb의 농도로 처리하는 것이 가장 효과적인 방법으로 여겨진다. 토마토에 1-MCP를 250, 500 그리고 1,000 ppb의 농도로 처리한 Choi와 Bae(12)의 연구에서는 500 ppb의 농도로 처리하는 것이 가장 효과적이라고 하였는데, 멜론의 경우에는 토마토보다 과피가 두껍고 단단하여 고농도의 1-MCP 처리가 필요로 한 것 같다.

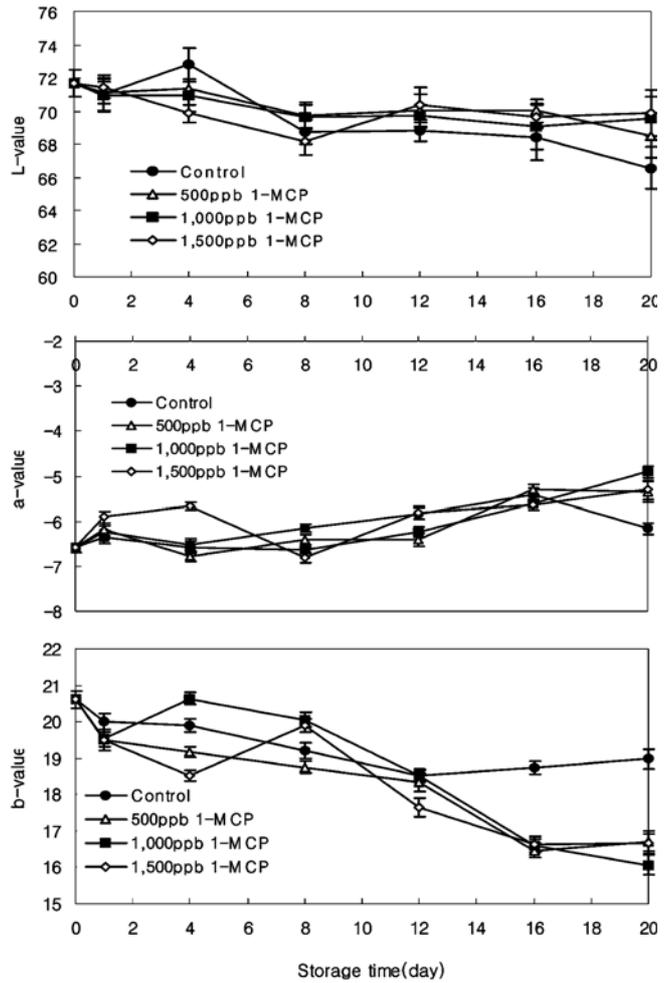


Fig. 4. Effect of 1-MCP treatments at various concentrations on Hunter color values of muskmelon stored at 10°C.

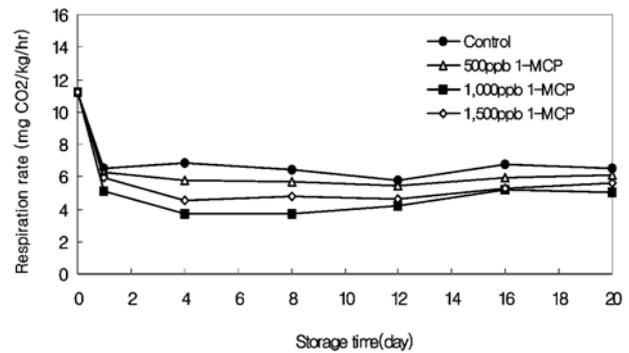


Fig. 5. Effect of 1-MCP treatments at various concentrations on the respiration rate of muskmelon stored at 10°C.

관능검사

머스크멜론의 1-MCP 처리농도에 따른 관능적 특성 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 멜론의 맛과 풍미는 일정기간이 지난 후 약간 감소되는 경향을 보였으나 시료 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 조직감 항목에서는 무처리구의 경우 저장 8일 이후부터 유의적으로 감소하였지만 1-MCP 1,000 ppb와 1,500 ppb 처리구의 경우에는 16일 또는 12일 이후부터 감소되었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 1-MCP 처리에 따른 경도 측정결과와 유사하였고

Table 1. Sensory characteristics of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C

Treatment	Sensory parameters	Storage time (day)						
		0	1	4	8	12	16	20
Control	Taste	7 ^{a1)}	7 ^a	7 ^a	7 ^a	8 ^a	7 ^a	6 ^d
	Flavor	6 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^d
	Texture	9 ^a	8 ^a	8 ^a	6 ^b	5 ^b	5 ^b	5 ^b
	Overall acceptability	7 ^{ab}	6 ^{ab}	6 ^{ab}	7 ^a	7 ^a	6 ^{ab}	5 ^b
1-MCP 500 ppb	Taste	7 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^a	7 ^a
	Flavor	6 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^a
	Texture	9 ^a	8 ^a	8 ^a	7 ^b	6 ^b	6 ^b	6 ^b
	Overall acceptability	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a
1-MCP 1,000 ppb	Taste	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a
	Flavor	6 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^d
	Texture	9 ^a	8 ^a	8 ^a	8 ^{ab}	8 ^{ab}	6 ^b	6 ^b
	Overall acceptability	7 ^a	8 ^a	8 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^d
1-MCP 1,500 ppb	Taste	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a
	Flavor	6 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^a	6 ^a
	Texture	9 ^a	9 ^a	8 ^a	8 ^{ab}	7 ^b	6 ^b	6 ^b
	Overall acceptability	7 ^a	7 ^a	8 ^a	7 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a

¹⁾Means within a row not followed by the same letter are significantly different ($p < 0.05$)

육안으로 관찰하였을 때도 무처리구 멜론과육의 조직이 1-MCP 처리구에 비해 많이 물러지는 현상을 볼 수 있었다. 과일의 맛, 향 그리고 조직감 등의 전반적인 품질 요소들을 종합하여 전체 기호도를 조사한 결과 1-MCP 처리구의 경우, 5점을 시장판매의 한계점으로 두었을 때 무처리구보다 지수도 높았고 선도도 오래 유지되었다.

요 약

수확직후의 멜론에 1-MCP를 500, 1,000, 그리고 1,500 ppb의 농도로 각각 처리한 후 10°C 저장고에 저장하면서 20일 동안 품질 변화를 측정하였다. 멜론의 중량감모율은 처리농도 간에 차이는 거의 없었으나 무처리구에 비해 1-MCP 처리구가 낮은 값을 보였다. 경도는 1-MCP 처리구가 무처리구에 비해 높은 값을 유지하였으며 1,000 ppb 처리농도가 가장 효과적인 것으로 나타났다. 색 변화에서 밝기를 나타내는 L값은 무처리구의 경우 저장 4일 이후부터 감소하는 경향을 보였으나 1-MCP 500 ppb 처리구와 1,000 ppb 처리구에서는 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다. 황색도를 나타내는 b값은 모든 시료에서 저장기간이 지날수록 일정시기에 증가된 후 다시 감소하는 경향을 보였다. 호흡속도는 1-MCP 처리구가 무처리구에 비해 비교적 적은 호흡량을 나타내었으며 1,000 ppb 처리구에서 가장 적은 호흡량을 보였다. 관능검사결과 조직감 항목에서는 1,000 ppb 처리구의 멜론이 500, 1,500 ppb 처리구보다 지수도 높았고 선도도 오래 유지되었다. 따라서 1-MCP 1,000 ppb가 가장 효과적인 처리농도로 여겨진다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Ezura H, Owino WO. Melon, an alternative model plant for elucidating fruit ripening. *Plant Sci.* 172: 121-129 (2008)
- Feng X, Apelbaum A, Sisler EC, Goren R. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Tec.* 20: 143-150 (2000)
- Cha JH, Hwang BH, Lee EJ, Lee GP, Kim JK. Effect of 1-methylcyclopropene treatment on quality and ethylene production of muskmelon (*Cucumis melo* L. cv. Reticulatus) fruit. *Korean J. Hortic. Sci.* 24: 452-458 (2006)
- Lester G, Shellie KC. Postharvest sensory and physicochemical attributes of Honeydew melon fruits. *HortScience* 27: 1012-1014 (1992)
- Sisler EC, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiol. Plantarum* 100: 577-582 (1997)
- Serek M, Sisler EC, Reid MS. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effect in potted flowering plants. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 119: 1230-1233 (1994)
- Marin AB, Colonna AE, Kudo K, Kupferman EM, Mattheis JP. Measuring consumer response to 'Gala' apples treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biol. Tec.* 51: 73-79 (2009)
- Heo JE, Choi SJ. Influence of 1-methylcyclopropene vacuum infiltration on respiration and ethylene production in tomato fruits. *Korean J. Hortic. Sci.* 24: 459-464 (2006)
- Choi SJ. 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 (2005)
- Roh KA, Son KC, Lim YH, Oh SE, In BC, Sisler EC. Effect of 1-MCP and its derivatives on ethylene binding in banana ripening. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 42: 458-461 (2001)
- Boquete EJ, Trincherro GD, Frascina AA, Vilella F, Sozzi GO. Ripening of 'Hayward' kiwifruit treated with 1-methylcyclopropene after cold storage. *Postharvest Biol. Tec.* 32: 57-65 (2004)
- Choi ST, Bae RN. Extending the postharvest quality of tomato fruit by 1-methylcyclopropene application. *Korean J. Hortic. Sci.* 25: 6-11 (2007)

13. Maneoi A, Bayogan ER, Thumdee S, Paul RE. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biol. Tec.* 44: 55-62 (2007)
14. Gal S, Alkalai-Tuvia S, Elkind Y, Fallik E. Influence of concentrations of 1-methylcyclopropene and times of exposure on the quality of 'Galia'-type melon harvested at different stages of maturity. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 81: 975-982 (2006)