

1-Methylcyclopropene(1-MCP) 처리에 따른 머스크멜론의 선도 연장

김지영 · 이혜옥 · 윤두현 · 김병삼*

한국식품연구원

Freshness Prolongation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) with 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment

Ji Young Kim, Hye Ok Lee, Doo Hyun Yoon, and Byeong Sam Kim*

Korea Food Research Institute

Abstract The principal objective of this study was to develop a method to prolong the freshness and maintain the quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) treated with 1-methylcyclopropene (1-MCP). The rate of weight loss increased with storage time for all samples, but the rates were lower in the 1-MCP treated samples than in the control samples. The hardness of muskmelons treated with 1-MCP differed significantly from that of the controls. The soluble solid contents in the control were highest on day 4 at 15.1%, and evidenced a decreasing trend as the storage period elapsed. Conversely, the soluble solid contents of the 1-MCP-treated samples remained steady at 14% until day 16. The acidity of 1-MCP-treated samples was higher than that of the control over 10 days of storage. The respiration rate of the 1-MCP-treated samples increased less and was lower than that of the controls. Based on the results of our sensory evaluation, muskmelon treated with 1-MCP gas remained fresh for more than 25 days, whereas the control samples remained fresh for only 13 days.

Key words: muskmelon, 1-methylcyclopropene (1-MCP), freshness, weight loss, hardness, soluble solid content, respiration rate

서 론

멜론의 국내생산량은 2002년 2만 3000톤에서 2004년 3만 9000톤으로 증가되었으며 2006, 2007년도에는 각각 4만톤과 4만 7000톤으로 해마다 증가되고 있다(1). 과거에는 주로 여름철에 집중 소비되었으나 외국 관광객의 증가 및 고품질 소비추세에 따라 맛, 향 그리고 외관의 수려함을 갖춘 멜론의 대중적인 소비가 증가되고 있는 것으로 보인다(2).

멜론은 수확직후의 신선한 상태보다는 알맞게 후숙이 된 후에야 고유의 향과 맛을 느낄 수 있는 climacteric형 과실이다. 즉, 수확 후 어느 시점에서 갑자기 호흡량이 급상승하고 에틸렌 발생량이 증가하여 과실의 성숙을 촉진시키지만 동시에 노화도 촉진시켜 저장기간이 단축된다(3). 멜론의 유통기한은 상온저장 시 약 7-10일정도 밖에 되어 있지 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)은 에틸렌 작용부위에 비가역적으로 결합하여 에틸렌 작용을 억제시키며 외부에 있는 에틸렌도 들어오지 못하게 하여 농산물의 신선도와 맛을 장기간 유지시켜주는 역할을 한다(5). 또한 인체유해성 및 식물체에 대한 자극이 없

어 에틸렌 억제제인 silver thiosulfate(STS) 보다 효과적으로 작용하는 것으로 알려져 있다(6). 선행연구로는 멜론과 같은 호흡급 등형 과실인 사과(7), 토마토(8), 복숭아(9) 그리고 바나나(10) 등에서 에틸렌의 작용을 억제하여 과실의 숙도 및 연화를 지연시키는 것으로 보고되었으며 장미(11), 백합(12) 그리고 무궁화(13) 등의 화훼류에서도 에틸렌 발생 억제 반응을 나타내었다. 1-MCP는 후숙과 저장중에 발생하는 에틸렌의 작용을 억제함으로써 최상의 품질을 가진 멜론을 유통시킬 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 멜론과실의 품질유지 및 저장성 향상을 위하여 1-MCP의 실용화 방법을 모색하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료 및 1-MCP 처리

본 실험은 전라남도 나주에서 2009년 2월 10일에 수확된 멜론(*Cucumis melo* L. cv. Thank you) 품종을 직접 구입하고 운반하여 사용하였다. 1-MCP 처리는 Smartfresh(AgroFresh Inc., Philadelphia, PA, USA)의 제품을 10°C, 상대습도 80%의 밀폐된 저온 저장고 안에서 1000 ppb의 농도로 24시간 동안 처리하였다. 처리 후 멜론을 10°C에서 25일간 저장하면서 3일 간격으로 분석하였다.

중량감모율

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

경도

경도는 정상과의 중앙 단면을 기준으로 각각 1 cm 밖으로 절단하고 과육의 중심으로부터 네 부위를 채취한 후 측정하였다.

*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 July 22, 2009; revised August 31, 2009;
accepted August 31, 2009

Rheometer(Compac-100, Tokyo, Japan)에 감압축 No. 4(축경: 3 mm)를 장착하고 60 mm/min의 속도로 압축하여 최대강도를 측정하였다(14).

가용성고형분함량

가용성고형분(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.

적정산도

적정산도는 과즙 10 mL에 증류수 20 mL를 첨가한 후 0.1 N(w/v) NaOH로 pH 8.2까지 적정하였다. 적정에 소비된 NaOH의 양(mL)을 측정 후 citric acid(%)로 환산하여 표시하였다.

색도

색도는 정상과의 중앙 단면을 기준으로 1 cm 밖으로 절단하고 안쪽과 바깥쪽의 과육단면 부분을 Color meter(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(6 L)에 넣고 밀폐하여 10°C로 설정된 저장실에 일정시간 방치한 후 경시적으로 head space의 기체 200 μ L를 가스 기밀성 주사로 취하고 gas chromatography(GC-14A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 이산화탄소 농도를 분석하여 mg CO_2 /kg/hr로 나타내었다. 이때 분석조건으로 column은 CTRI(Altech Inc., Deerfield, IL, USA), column 온도는 35°C, 이동상은 50 mL/min 유량의 He를 사용하였으며 검출기로는 thermal conductivity detector(TCD)를 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)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 유의한 차이가 있는 경우 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 차이에 대한 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

중량감모율

중량감모율은 과채류의 저장 중 신선도를 나타내는 일차적인 지표로 사용된다(15). 1-MCP 처리에 따른 머스크멜론의 저장 중 중량감모율 변화는 Fig. 1과 같다. 모든 시료에서는 저장기간이 지날수록 감모율이 증가하는 경향을 보였으나 동일한 저장일에는 무처리구가 0.56-8.46%로 1-MCP 처리구의 0.39-7.78%보다 항상 높게 나타났다. 이러한 결과는 1-MCP 처리가 멜론의 세포벽 물질의 연화방지 및 수분증산을 억제하여 무게감소가 적게 나타난 것으로 여겨진다. Lee 등(16)과 Choi와 Bae(8)의 연구에서도 1-MCP 처리가 애호박 및 토마토의 무게 감소율을 억제시키는 것으로 나타났다.

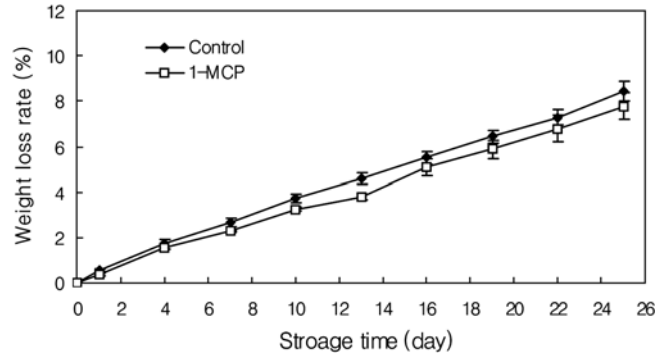


Fig. 1. Weight loss rate of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C.

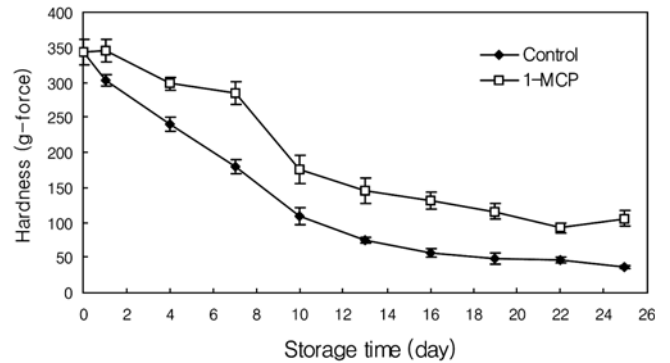


Fig. 2. Hardness of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C.

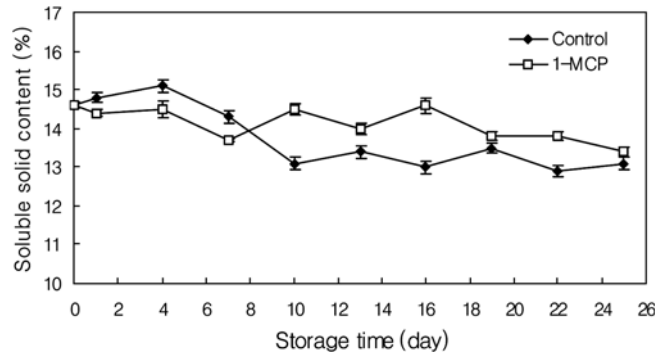


Fig. 3. Soluble solid contents of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C.

경도

1-MCP 처리에 따른 머스크멜론의 저장 중 경도 변화는 Fig. 2와 같다. 무처리구는 저장 1일 이후부터 급속히 감소된 반면 1-MCP처리구는 7일 이후에 감소되었으며 무처리구에 비해 감소폭도 적었다. 또한 무처리구의 경우 저장 13일 이후부터 현저하게 낮은 값을 나타내었으나, 1-MCP 처리구는 저장 25일에도 경도가 106 g으로 무처리구의 저장 10일 109 g과 비슷한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 무처리구 멜론의 호흡량이 증가하면서 저장 양분이 분해되어 조직이 빠르게 연화 및 붕괴된 것으로 생각된다(Fig. 6). 경도측정 변화는 멜론과육의 신선도를 판단할 수 있는 중요한 요소로서 1-MCP 처리가 과육 조직의 연화를 지연시키는 데 효과적인 방법으로 생각된다. 이러한 결과는 키위에 1-MCP 처리한 Boquete 등(17)의 연구결과와 일치하였다.

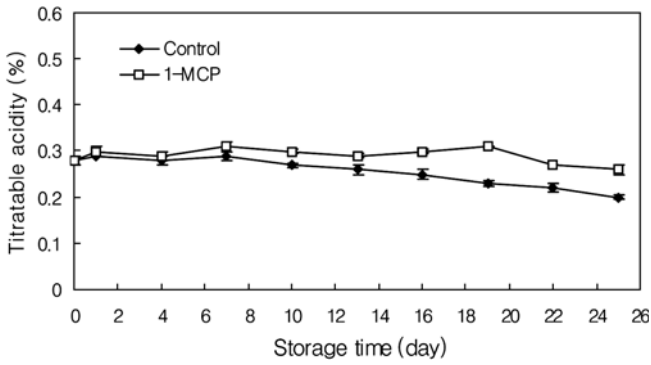


Fig. 4. Acidity of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C.

가용성 고형분함량

멜론의 품질을 결정하는 요인으로는 당도, 향기, 질감 그리고 네트형성 정도 등이 있지만, 특히 당도가 가장 결정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(18). 1-MCP 처리에 따른 머스크멜론의 저장 중 가용성고형분함량 변화는 Fig. 3과 같다. 무처리구는 저장 4일에 15.1%로 가장 높은 값을 보인 후 저장기간이 경과될수록 감소되는 경향을 보였으나 1-MCP 처리구는 저장 16일까지 14% 내외로 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다. 저장후기 무처리구에서 가용성 고형분 함량이 적게 나타난 것은 조직이 빨리 연화됨에 따라 가용성고형물이 다른 물질로 변형되거나 호흡 증가에 의한 수분손실이 원인으로 생각된다(8,19). 이러한 결과는 Cha 등(20)과 Lee 등(16)의 연구결과와 일치하였다.

적정산도

1-MCP 처리에 따른 머스크멜론의 저장 중 적정산도의 변화는 Fig. 4와 같다. 저장 초기에는 1-MCP 처리구와 무처리구 간에 차이가 없었지만 10일 이후부터는 1-MCP 처리구가 항상 높게 측정되었다. 또한 무처리구의 경우 저장 10일 이후부터 감소되어 저장 25일에는 0.2%로 현저하게 낮은 값을 보였으나 1-MCP 처리구는 22일 이후부터 감소하여 산도가 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다. Bassetto 등(21)은 1-MCP의 처리농도가 높을수록 구아바의 숙성을 지연시켜 산도가 높게 측정되었다고 보고하였다. 뿐만 아니라 Heo와 Choi(22)의 연구에서도 1-MCP 처리에 따른 산도 감소의 억제는 과실에서 공통적으로 나타나는 현상이라고 하였으며 Oh 등(23)의 연구결과와도 일치하였다.

색도

머스크멜론의 1-MCP 처리에 따른 색도 변화 중 밝기를 나타내는 L값은 저장초기 1-MCP 처리구가 무처리구보다 다소 밝게 측정되었으나 저장기간이 경과될수록 모든시료가 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 5). 적색도를 나타내는 a값은 1-MCP 처리구와 무처리구 간에 차이를 보이지 않았고 저장기간이 지날수록 증가하여 L값과는 반대되는 결과를 보였다. 황색도를 나타내는 b 값은 무처리구의 경우 저장초기에 높은 값을 보인 후 점점 감소되었으나 1-MCP 처리구는 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다.

호흡속도

머스크멜론의 저장 중 1-MCP 처리에 따른 호흡속도 발생량은 Fig. 6과 같다. 무처리구에서는 저장 1일에 3.31 mg/kg/hr로 증가하였다가 감소된 후 7일 이후부터 다시 증가하는 경향을 나타낸 반면 1-MCP 처리구에서는 저장 초기에는 낮게 유지되다가 7

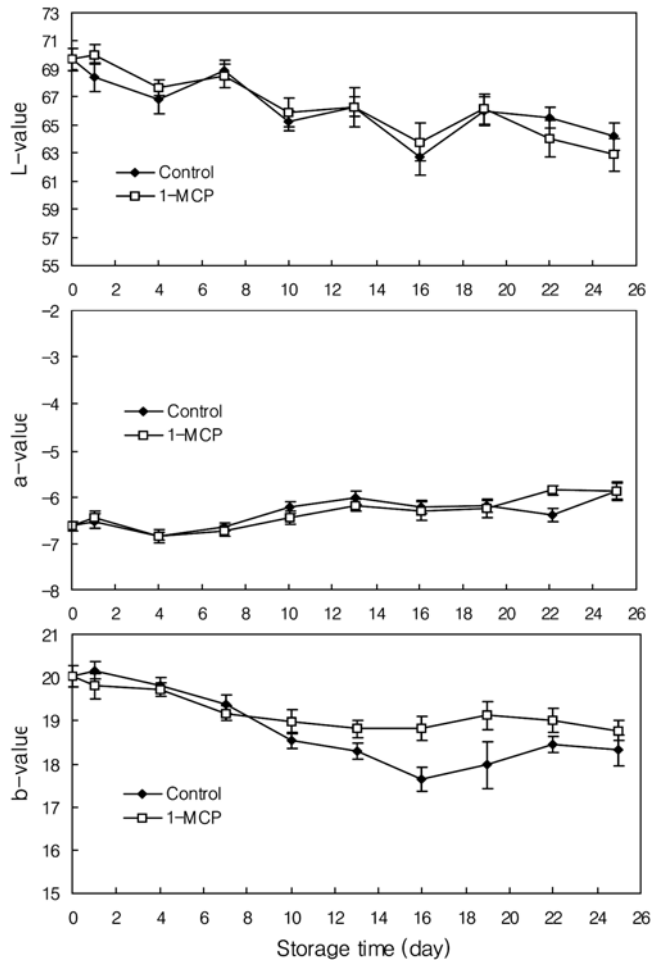


Fig. 5. Hunter color value of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C.

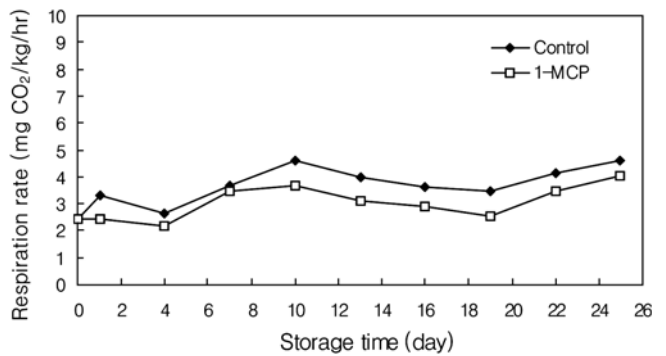


Fig. 6. Respiration rate of muskmelon treated with 1-MCP during storage at 10°C.

일 이후부터 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 동일한 저장일에는 1-MCP 처리구가 무처리구에 비해 비교적 적은 호흡량을 나타내어 1-MCP 처리가 멜론과실의 호흡률을 효과적으로 지연시킨 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 1-MCP 처리는 원예산물의 에틸렌작용억제 뿐만 아니라 호흡을 억제하는 효과를 나타낸다(5). Manenoi 등(24)은 1-MCP 처리 후 파파야에서 climacteric 형의 특징이 관찰되지 않았다고 보고하였으며, Bassetto 등(21)의 호흡률 결과와도 일치하였다.

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

Treatment	Sensory parameters	Storage time (day)									
		0	1	4	7	10	13	16	19	22	25
Control	Taste	7 ^{abc}	8 ^{ab}	8 ^{ab}	8 ^a	7 ^{abc}	6 ^b	6 ^b	5 ^b		
	Flavor	7 ^{ab}	7 ^{ab}	8 ^a	7 ^{ab}	7 ^{ab}	5 ^b	6 ^b	6 ^{ab}		
	Texture	9 ^a	7 ^b	7 ^b	6 ^{bc}	5 ^{bc}	4 ^{cd}	3 ^{de}	3 ^e		
	Overall acceptability	7 ^a	7 ^a	8 ^a	7 ^a	6 ^{ab}	5 ^{bc}	4 ^{bc}	4 ^c		
1-MCP	Taste	7 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a
	Flavor	7 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a	6 ^a	7 ^a	6 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a
	Texture	9 ^a	8 ^a	8 ^a	7 ^{ab}	7 ^{ab}	6 ^{bc}	6 ^c	5 ^c	5 ^c	5 ^c
	Overall acceptability	7 ^{ab}	6 ^{abcd}	7 ^{abc}	7 ^{abcd}	8 ^a	7 ^{abcd}	6 ^d	6 ^{cd}	6 ^{cd}	6 ^{bcd}

^{b)}Mean separation within rows by Duncan's multiple range test at $p=0.05$.

관능검사

1-MCP 처리에 따른 머스크멜론의 저장 중 관능검사 결과를 Table 1에 나타내었다. 무처리구는 저장 13일 이후부터 멜론의 맛과 풍미가 유의적으로 감소되었지만 1-MCP 처리구는 25일까지 맛과 풍미가 유지되었다($p<0.05$). 이러한 결과는 무처리구의 당도가 저장 7일 이후부터 감소된 반면 1-MCP 처리구는 저장 후 기에도 14% 내외를 유지했다는 본 실험의 가용성고형물 함량결과와 부합되었다. 조직감 항목에서는 무처리구의 경우 저장 1일 이후부터 유의적으로 감소되었지만 1-MCP 처리구는 13일 이후부터 감소되었다($p<0.05$). 이러한 결과는 1-MCP 처리에 따른 경도 측정결과와 유사하였고 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 전체기호도를 조사한 결과 1-MCP 처리구의 경우, 5점을 marketable의 한계점으로 두었을 때 무처리구 보다 지수도 높았고 선도도 오래 유지되었다. 따라서 멜론의 저장성을 연장시키는 데 1-MCP 처리가 효과적인 방법으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 멜론과실의 품질유지 및 저장성 향상을 위하여 1-MCP의 실용화 방법을 모색하고자 수행되었다. 모든 시료에서 저장기간이 지날수록 감모율이 증가하는 경향을 보였으나 동일한 저장일에는 무처리구가 1-MCP 처리구보다 항상 높게 나타났다. 경도변화에서 무처리구는 저장 1일 이후부터 급속히 감소된 반면 1-MCP 처리구는 7일 이후에 감소되었으며 무처리구에 비해 감소폭도 적었다. 가용성고형물 함량은 무처리구의 경우 저장 4일에 15.1%로 가장 높은 값을 보인 후 저장기간이 경과될수록 감소되는 경향을 보였으나 1-MCP 처리구는 저장 16일까지 14% 내외로 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다. 산도는 무처리구의 경우 저장 10일 이후부터 감소되어 저장 25일에는 0.2%로 현저하게 낮은 값을 보였으나 1-MCP 처리구는 22일 이후부터 감소하여 산도가 일정하게 유지되는 경향을 나타내었다. 관능검사 결과 무처리구는 저장 13일 이후부터 멜론의 맛과 풍미가 유의적으로 감소되었지만 1-MCP 처리구는 25일까지 맛과 풍미가 유지되었다($p<0.05$). 전체 기호도는 5점을 marketable의 한계점으로 두었을 때 1-MCP 처리구가 무처리구보다 지수도 높았고 선도도 오래 유지되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- MFAFF. Actual Results of Vegetable Products in 2007. The Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries. Gyeonggi. Korea. pp. 5-97 (2008)
- National Institute of Horticultural & Herbal Science. Horticultural technical know-how: melon. Available from: www.nhri.go.kr. Accessed Feb. 15, 2009.
- Jeong JW, Lee J, Huber DJ. Softening and ripening of 'Athena' cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) fruit at three harvest maturities in response to the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. Hortscience 42: 1231-1236 (2007)
- 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 development. 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)
- Choi ST, Bae RN. Extending the postharvest quality of tomato fruit by 1-methylcyclopropene application. Korean. J. Hort. Sci. Technol. 25: 6-11 (2007)
- 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. Hort. Sci. 42: 458-461 (2001)
- Sisler EC, Dupille E, Serek M. Effect of 1-methylcyclopropene and methylcyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. Plant Growth Regul. 18: 79-86 (1996)
- Celikel GF, Dodge LL, Reid SM. Efficacy of 1-MCP (1-methylcyclopropene) and promalin for extending the post-harvest life of oriental lilies (*Lilium* X 'Mona Lisa' and 'Stargazer'). Sci. Hortic.-Amsterdam 93: 149-155 (2002)
- Son KC, In BC, Jung HJ, Jee SO. Effect of 1-methylcyclopropene on the retardation of senescence in cut flower of hibiscus syriacus. J. Korean Soc. Hort. Sci. 43: 333-338 (2002)

14. Kwak KW, Park SM, Park JN, Jeong CS. Effect of CaCl_2 foliar application on the storability of muskmelon cultured in NaCl-enforced hydroponic. Korean J. Hort. Sci. Technol. 22: 156-161 (2004)
15. Lee SH, Lee MS, Lee YW, Yeom HJ, Sun NK, Song KB. Effect of packing material and temperature on the quality of tomato and plum fruit. Korean J. Food Preserv. 11: 135-141 (2004)
16. Lee HE, Choi ST, Lee JW, Do KR. Effect of 1-methylcyclopropene on the postharvest life and fruit quality of squash (*Cucurbita* spp.). Korean J. Hort. Sci. Technol. 24: 471-475 (2006)
17. 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)
18. Lee SW, Kim ZH. Inheritance of sucrose content in melon. Korean J. Breed. 34: 251-259 (2002)
19. Choi HK, Park SM, Jeong CS. Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. J. Korean Soc. Hort. Sci. 42: 264-270 (2001)
20. 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. Hort. Sci. Technol. 24: 452-458 (2006)
21. Basseto E, Jacomino AP, Pinheiro AL, Ricardo AK. Delay of ripening of pedro sato guava with 1-methylcyclopropene. Postharvest Biol. Tec. 35: 303-308 (2005)
22. Heo JE, Choi SJ. Influence of 1-methylcyclopropene vacuum infiltration on respiration and ethylene production in tomato fruits. Korean J. Hort. Sci. Technol. 24: 459-464 (2006)
23. Oh SY, Lim BS, Lee JW, Lee JH. The effects of 1-methylcyclopropene on the quality of 'Ooishiwase' plums (*Prunus salicina* L.) with different ripening stage. Korean J. Food Preserv. 14: 511-515 (2007)
24. Maneoi A, Bayogan ER, Thumdee S, Paull RE. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. Postharvest Biol. Tec. 44: 55-62 (2007)