

아스파라거스의 장기저장을 위한 1-MCP와 MA저장의 효과

윤혁성¹ · 최인이^{1,2} · 백준필³ · 강호민^{1,2*}

¹강원대학교 원예학과, ²강원대학교 농업생명과학연구원, ³가톨릭상지대학교 융복합농산업학과

Effects of 1-MCP and MA Storage Treatments for Long-Term Storage of Asparagus Spears

Hyuk Sung Yoon¹, In-Lee Choi^{1,2}, Jun Pill Baek³ and Ho-Min Kang^{1,2*}

¹Dept. of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³Dept. of Converged and Integrated Agri-Industry Science, Catholic Sangji College, Andong 36686, Korea

Abstract. This study was conducted to identify the effects of 1-MCP and the storage methods for maintaining the quality of asparagus spears. Asparagus spears treated 1-MCP stored in MA condition and perforated film (conventional condition) and 1-MCP non-treated used as control. The treated asparagus was stored at 4°C for 40 days. The fresh weight loss rate was less than 0.2% in all MA (Modified atmosphere) storage treatments, including the 1-MCP treatment, and 1-MCP shown the less fresh weight loss rate in perforated film storage after 20 days storage. The carbon dioxide concentration within a package was 5-12% in MA storage, which is within the tolerated range of maximum CO₂ content of asparagus spears in recommended CA or MA conditions. The oxygen content was maintained between 5 to 15% in MAP treatments. The ethylene content was lowest at the MA storage with 1-MCP treatment. Visual quality, off-flavor, soluble solid contents, and hue angle on the final storage day were higher in MA storage and the 1-MCP treatment and conventional MA storage did not show any significant differences. These results suggest that the 1-MCP treatment did not significantly affected the quality and storability of asparagus spears.

Additional key words : Carbon dioxide, Ethylene, Off-flavor, Visual quality.

서 론

최근 건강 기능성 채소에 대한 소비자의 관심이 커지면서 우리에게 생소했던 아스파라거스(*Asparagus officinalis* L.)의 국내 재배면적이 증가하고 있으며, 단경기인 11월부터 2월까지의 수입도 늘어나고 있다(Seong 등, 2012). 아스파라거스는 맹아에서 발생하는 어린 순을 식용하기 때문에 다른 원예작물에 비해 호흡률이 높고 저장 중 부패하기 쉽다(Robinson 등, 1975). 또한 아스파라거스는 에틸렌의 발생은 매우 적지만 민감하게 반응하는데(Hennion 등, 1992), 에틸렌에 의해 목질화(Rhodes 등, 1976)와 황화(Lee, 2015)가 촉진되어 저장 중 품질이 저하된다. 최근에 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP처리를 통한 아스파라거스의 호흡과 목질화의 억제, 엽록소 손실

감소 등 아스파라거스의 품질 연장 효과가 보고되었으며(Zhang 등, 2012), 국내에서도 사과 등 과실을 중심으로 상용화되고 있다. 아스파라거스는 비록 non-climacteric 작물이지만, 에틸렌 작용 억제제인 1-MCP에 의한 품질 유지와 저장성 향상이 보고된 바 있다(Zhang 등, 2012; Lee, 2015). 일반적으로 원예 산물의 장기저장을 위해 대기조성을 변화시키는 MA/CA저장은 여러 작물에 적용되고 있으며, 최근 국내에서 레이저를 이용해 가스투과도를 조절한 필름이 개발되었는데, 이를 적용하여 방울토마토(Islam 등, 2014)와 호흡률이 높은 새싹채소(Choi 등, 2013)도 저장성이 향상되었다는 보고가 있었다. 이러한 MA저장은 아스파라거스에서도 효과가 있다고 보고되었다(Gariepy 등, 1991). 그러나 MA저장은 일반적으로 포장 내 에틸렌 농도가 높아지므로 아스파라거스를 MA저장할 경우 에틸렌에 의한 목질화나 황화가 우려된다.

이에 본 연구는 아스파라거스의 장기저장을 위해 MA저장과 1-MCP의 복합 처리 효과를 알아보기 위해 실시하였다.

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received April 08, 2016; Revised June 14, 2016;
Accepted June 14, 2016

재료 및 방법

본 실험에 사용한 아스파라거스(cv. 웰컴)는 강원도 춘천에서 재배한 것으로 직경 $1.3 \pm 0.2 \text{ cm}$ 인 것으로 선별하였다. 수확후 처리는 1-MCP(1-Methylcyclopropene)와 무처리기를 두었으며, 이들은 각각 MA(Modified atmosphere) 조건과 관행조건(유공포장)에서 저장하였다. 1-MCP처리구는 아스파라거스를 밀폐용기에 넣고, smart fresh commercial powder(3.3% AgroFresh Inc., Korea)를 $0.1 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 농도로 환산하여 가스 발생 후 16시간 동안 8°C 에서 처리하였다(Lee 등 2009). 1-MCP 무처리구는 저장 전에 8°C 에 항온기에 16시간 보관하였다. 1-MCP처리구와 무처리구는 MA조건과 관행조건에서 저장하였는데, MA저장을 위해 PP (Polypropylene) 필름을 레이저로 가공하여 산소투과율이 $10,000 \text{ cc} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day} \cdot \text{atm}^{-1}$ 인 OTR (Oxygen Transmission Rate) 필름(대룡포장산업(주))을 사용하였고, 유공필름($\varnothing 0.5 \text{ cm}$, $4 \text{ ea} / 100 \text{ cm}^2$)으로 포장한 관행저장처리를 하였다. 이 4가지 실험구는 4°C 조건으로 저장하였고, 저장고내 상대습도는 85% 이상을 유지하였다. 저장기간 중 품질 변화를 알아보기 위해 저장 중 생체중 감소율과 포장 내 이산화탄소, 산소 및 에틸렌 농도 변화를 조사하였는데, 이산화탄소 및 산소 농도는 infrared sensor (Checkmate, PBI, Denmark), 에틸렌 농도는 gas chromatography (GC-2010, Shimadzu, Japan)를 사용하여 측정하였다(Park 등, 2000). 외관상 품질과 저장 최종일에 측정한 이취는 5명의 숙련된 패널에 의한 관능평가로 조사하였는데 1부터 5까지 등급으로 평가하였다. 외관상 품질의 등급은 저장 전 가장 좋은 상태를 5점, 상품성이 유지된 상태를 3점, 그리고 완전폐기 상태를 1점으로 하였다. 이취의 평가 등급은 이취를 느끼지 못하는

수준을 0점, 이취가 매우 강한 수준을 4점으로 하였다(Choi 등, 2012). 경도는 rheometer(Compac-100II, Sun scientific, Japan), 당도는 굴절당도계(PAL-1, Atago, Japan)로 측정하여 Brix로 나타내었다. 색도는 색차계(CR-400, Minolta, Japan)로 순과 줄기 부분을 나누어 측정하여 hue angle 값으로 표기하였다.

결과 및 고찰

저장중 생체중 감소율은 관행저장에서 무처리구는 약 5%, 1-MCP처리구는 약 4%였으며, MA저장의 무처리구는 0.25%, 1-MCP처리구는 0.18%를 보였다. 아스파라거스의 저장 중 최대 허용 생체중 감소율은 8.0%로 알려져 있는데(Kays와 Paull, 2004), 본 실험에서는 관행저장(유공포장)에서도 5.0%미만의 생체중 감소를 나타내어 저장 중 수분손실에 의한 외관상 품질저하는 나타나지 않았다. 저장방법에 상관없이 1-MCP처리구의 생체중 감소율이 다소 낮았으며, 특히 관행저장에서는 저장 20일 이후 1-MCP처리에 의한 생체중 감소 억제효과가 컸다(Fig. 1). 아스파라거스의 경우 1-MCP처리로 생체중 감소를 줄일 수 있다는 기존에 보고와 일치하였다(Lee, 2015).

저장 중 포장 내 가스 농도 변화는 MA 저장 처리구에서만 조사하였는데, 포장 내 이산화탄소 농도는 무처리구와 1-MCP처리구 모두 6-12%로 종료일까지 유지하였다(Fig. 2,A). 이는 아스파라거스의 최적 CA 및 MA 조건으로 알려진 5-12%의 이산화탄소 농도 범위에 해당하는 것이었다(Kader, 2002). 포장 내 산소 농도는 저장 초기에 급격히 감소하였으나(Fig. 2,B) 최소 산소 허용농도인 5% 이상을 유지하였다(Kader, 2002).

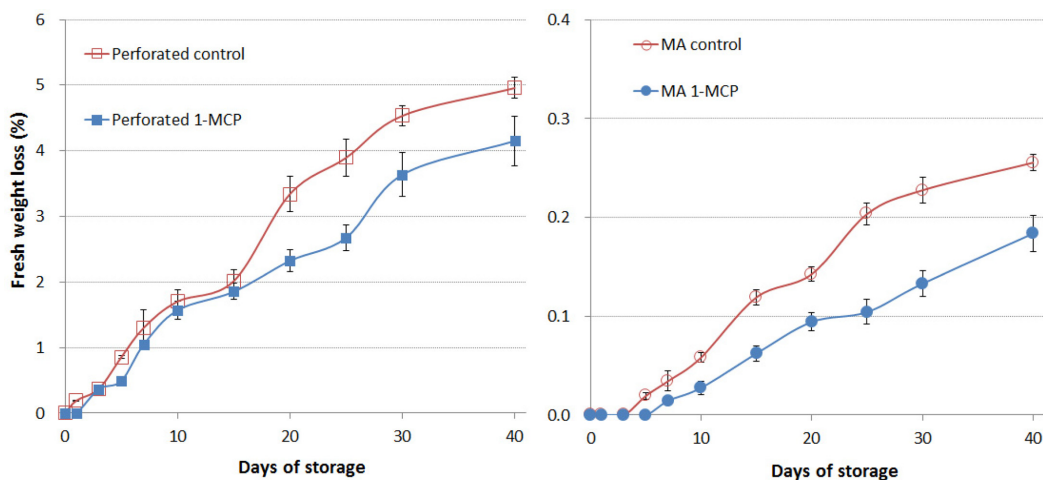


Fig. 1. Change of fresh weight loss rate in asparagus packaged with a OTR film ($10,000 \text{ cc} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day} \cdot \text{atm}^{-1}$) and perforated film stored at 4°C . Vertical bars represent $\pm \text{SE}$ ($n=6$).

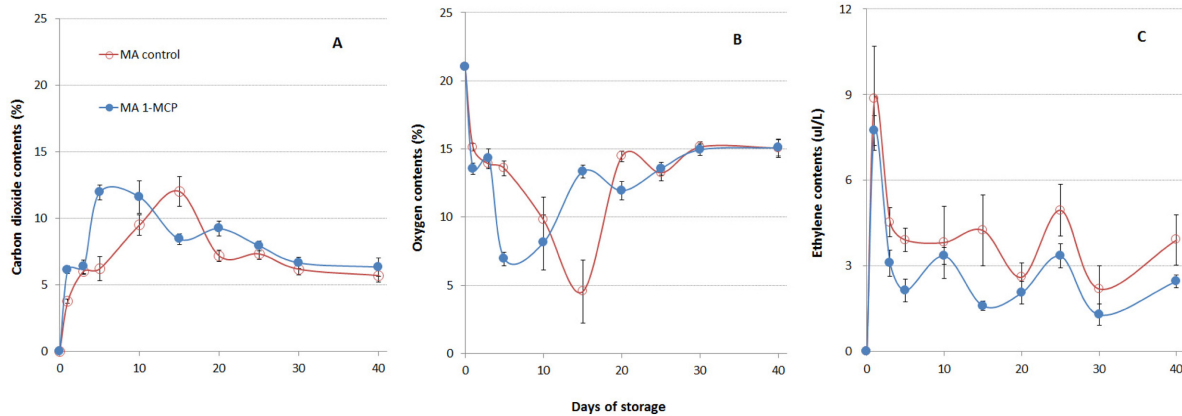


Fig. 2. Changes of carbon dioxide contents, oxygen contents, and ethylene contents in asparagus packaged with OTR films (10,000cc/m²·day·atm) stored at 4°C. Vertical bars represent ± SE (n=6).

Table 1. Effect of sensory test of off-flavor, firmness, soluble solid contents, and hue angle in asparagus stored at 4°C for 40 days.

Treatments		Off-flavor ^z	Firmness (N)	Soluble solid contents (°Brix)	Hue angle(°)	
					Tip	Stem
PFP ^y	Cont	3.50 a ^x	2.94 b	5.04 b	113.4 b	113.2 b
	1-MCP	3.83 a	2.93 b	5.25 b	113.6 b	112.9 b
MA	Cont	2.50 b	3.86 a	5.44 ab	116.4 a	119.6 a
	1-MCP	2.77 b	3.81 a	6.17 a	116.6 a	119.8 a

^zOff-flavor was measured that 5 was most severe; unmarketable, 4 was severe, 3 was moderate, 2 was traceable, 1 was little, 0 was fresh condition.

^yDuncan's multiple range test at 5% level

^xPerforated film package.

포장내 산소와 이산화탄소 농도로 확인할 수 있는 호흡 작용은 저장 초기(5일~10일)에는 1-MCP처리구가 무처리구보다 많았으나, 이후 저장 10일부터 15일까지는 무처리구에서 많아져 1-MCP처리에 의한 호흡억제 효과는 없었다. 이는 아스파라거스가 에틸렌에 의한 호흡급등현상이 없는 non-climacteric 작물(Zhang 등, 2012)이기 때문이라 판단된다. 또한 Lee(2015)의 연구에서도 아스파라거스의 이산화탄소 발생량이 저장 3일 이후에는 1-MCP처리구와 무처리구간 차이가 없었다. 포장 내 에틸렌 농도는 저장 1일째 급격히 증가 후 바로 감소하였으며, 1-MCP처리구가 무처리구보다 낮은 경향을 보였다(Fig 2,C). Lee(2015)는 1-MCP가 아스파라거스의 외생 에틸렌에 의한 에틸렌 발생을 억제하였다고 하였는데, 본 실험에서도 MA저장에서 에틸렌 발생이 억제되어 저장 5일 이후 최종일까지 포장 내 낮은 에틸렌 농도를 보인 것으로 판단된다.

저장 종료일에 패닐테스트로 조사한 이취는 일반적으로 이취발생이 문제가 되는 MA저장에서 관행저장보다 낮았는데, 이는 본 실험의 MA저장에서 적절한 포장내 대기조성(이산화탄소 5-12% in air) 유지하여 무기호흡

(Kays와 Paull, 2004)이 발생하지 않았기 때문이라 판단된다(Table 1). 관행저장 1-MCP처리구는 저장 30일 이후부터 화두 부분에 무름 증상이 발생하면서(data not shown) 부패가 진행되어 가장 이취가 심하였다. 경도는 MA저장에서 관행저장보다 높았는데, 이는 MA 포장내 축적되었던 에틸렌이 원인이라 판단된다. 일반적으로 원예 산물은 에틸렌에 노출되면 ploygalactase를 활성화시켜 경도가 감소하지만(Kays와 Paull, 2004), 아스파라거스는 에틸렌 가스에 노출되면 목질화(lignification)를 촉진하여 경도가 증가한다(Liu와 Jiang, 2006). 이러한 에틸렌 발생을 억제하는 1-MCP처리는 관행저장과 MA저장 모두에서 경도에 영향을 주지 않았는데, 특히 MA저장에서는 포장 내 에틸렌 농도가 2-3uL/L로 무처리구와 차이가 크지 않았았기 때문이라 판단된다. 당도는 포장방법별로 MA저장에서 관행저장보다 높았는데, 본 실험의 MA처리구가 아스파라거스의 적정 MA조건인 5-12%의 이산화탄소농도(Kader, 2002)를 유지하여 저장 중 당을 소모하는 호흡이 억제되었기 때문이라 판단된다. 또한 비록 통계적 유의성은 없었으나, 1-MCP처리가 대조구에 비해 다소 높은 당도를 보였는데, 과인에플도 1-MCP처리에서

아스파라거스의 장기저장을 위한 1-MCP와 MA저장의 효과

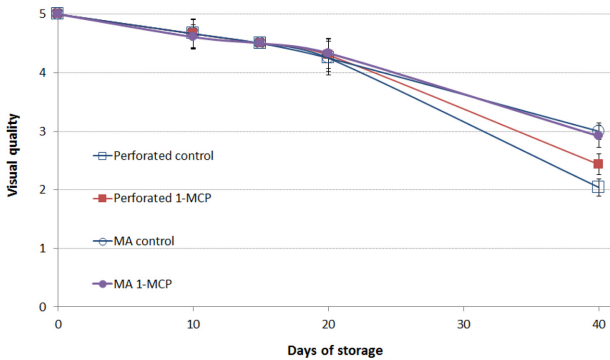


Fig. 3. Change of visual quality in asparagus packaged with OTR films (10,000cc/m²·day·atm) and perforated films stored at 4°C. Vertical bars represent ± SE (n=6).

높은 당도를 보였다고 하였다(Selvarajah 등 2001).

Hue angle값은 저장 방법별로는 화두와 줄기 부분 모두 MA저장이 관행저장에 비해 높게 유지되어 황화가 억제되었음을 알 수 있었다(Table 1). 기존 아스파라거스의 CA저장 실험에서도 적정 CA조건이 황화를 억제한다고 하였다(Berrang 등 1990). 그러나 1-MCP처리는 Hue angle값 변화에 영향을 미치지 않았다.

저장기간 중 관능평가로 진행한 외관상 품질은 저장 20일 이후부터 MA저장처리가 관행저장보다 우수하였고, 1-MCP처리는 관행저장에서만 무처리보다 우수한 외관상 품질을 유지하였다(Fig. 3). Lee(2015)도 관행저장에서 1-MCP처리가 대조구에 비해 에틸렌에 의한 품질저하를 억제 하여 외관품질이 높았다고 하였다. 그러나 MA저장에서는 1-MCP처리가 외관상 품질에 영향을 주지 않았는데, 이는 1-MCP처리구와 무처리구 모두 포장 내 일정 수준 이상의 에틸렌이 축적되었기 때문이라 판단된다. 아스파라거스는 에틸렌 발생량은 매우 낮지만 에틸렌에 대한 반응을 하는 작물이다(Kader, 2002). 위의 결과를 종합해보면 아스파라거스의 1-MCP처리는 관행저장(유공 포장)의 경우 외관상 품질은 우수 하였으나, 다른 측정 항목은 차이를 보이지 않았다. MA저장의 경우 1-MCP 처리에 따른 에틸렌 억제에 관한 효과를 보였으나, 다른 품질 변화에 영향을 미치지 않아 장기저장을 위한 MA저장은 1-MCP 처리 효과가 나타나지 않았다.

적 요

본 실험은 1-MCP처리와 저장방법이 아스파라거스의 신선도 유지에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. 1-MCP 처리는 MA 조건과 유공필름(관행조건)에 처리 되었으며 무처리구를 대조구로 사용하여 저장하였다. 처리된 아스파라거스는 40일 동안 4°C에 저장되었다. 저장

중 생체중 감소율은 1-MCP 처리를 포함한, MA저장 처리구에서 0.2% 이하였고 유공필름에 저장된 1-MCP 처리는 생체중 감소율이 저장 20일 후부터 다소 낮아졌다. 포장 내 이산화탄소 농도는 MA저장 처리구 모두 최적 CA 조건인 5-12%(CO₂)의 농도를 유지하였고, 산소농도는 5-15%를 유지하였다. 에틸렌 농도는 MA저장 1-MCP처리구가 가장 낮았다. 저장 최종일의 외관상 품질, 이취, 경도, 당도, 그리고 Hue angle 값은 MA저장에서 관행저장보다 우수하였으나 1-MCP처리간 차이는 없었다. 이상의 결과로 1-MCP처리는 아스파라거스의 품질 및 저장성에 영향을 미치지 않았다.

추가주제어 : 에틸렌, 외관, 이산화탄소, 이취

사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품 기술기획평가원의 수출전략기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(No. 114092-03).

Literature Cited

- Berrang, M.E., R.E. Brackett, and L.R. Beuchat. 1990. Microbial, color and textural qualities of fresh asparagus, broccoli, and cauliflower stored under controlled atmosphere. *Journal of Food Protection*, 53(5):391-395.
- Choi, I.L. J.P. Baek, and H.M. Kang 2013. Effect of non-perforated breathable films on the storability of sprout vegetables in modified atmosphere condition. *Protected Horticulture and Plant Factory* 22(2):167-174.
- Choi, I.L., J.S. Son, Y.J. Kim, T.H. Kwon, and H.M. Kang. 2012. Effect of non-perforated breathable films on the shelf life and Quality of Ferulae Mushroom (*Pleurotus ferulae*) during MA Storage at Different Temperatures. *Journal of Bio-Environment Control*. 21(3):261-266
- Garipey, Y., G.S.V. Raghavan, F. Castaigne, J. Arul, and C. Willemot, 1991. Precooling and modified atmosphere storage of green asparagus. *Journal of Food Processing and Preservation*. 15(3):215-224.
- Hennion, S., C.H.A. Little, and C. Hartmann, 1992. Activities of enzymes involved in lignification during the postharvest storage of etiolated asparagus spears. *Physiol. Plant*. 86:474-478.
- Islam, M.Z., M.A. Mele, H.J. Lee, K.S. Lee, S.M. Hong, M.J. Jeong, I.S. Kim, S.K. Hong, I.L. Choi, J.P. Baek, and H.M. Kang 2014. Selection of non-perforated breathable film to enhance storability of cherry tomato for modified atmosphere storage at different temperatures. *Protected Horticulture and plant factory*. 23(2):116-122.

- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops(3rd ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.
- Kays, S.J. and E.R. Paull. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA.
- Lee, H.E., J.W. Choi, and S.R. Cheong. 2009. Efficacy of 1-MCP on the postharvest life and quality of asparagus during storage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(2):62-63.
- Lee, J.S. 2015. Quality characteristics, carbon dioxide, and ethylene production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) treated with 1-Methylcyclopropene and 2-Chloroethylphosphonic acid during storage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 33(5):675-686.
- Liu, Z.Y. and W.B. Jiang, 2006. Lignin deposition and effect of postharvest treatment on lignification of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.). Plant growth regulation. 48(2):187-193.
- Park, K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim, 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. J. Bio. Env. Con. 9(1):40-46.
- Rhodes, M.J.C., A.C.R. Hill, and L.S.C. Woollorton. 1976. Activity of enzymes involved in lignin biosynthesis in swede root disks. Phytochemistry. 15:707-710.
- Robinson, J.E., K.M. Browne, and W.G. Burton. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. Annals of Applied Biology, 81(3):399-408.
- Selvarajah, S., A.D. Bauchot, and P. John, 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology. 23(2):167-170.
- Seong, K.C., C.H. Kim, J.S. Lee, Y.C. Eum, and D.K. Moon. 2012. Determination of optimum heating date for off-season production of Asparagus(*Asparagus officinalis* L.). J. of Bio-Environ. Cont. 21(3):276-280.
- Zhang, P., M. Zhang, S. Wang, and Z. Wu. 2012. Effect of 1-methylcyclopropene treatment on green asparagus quality during cold storage. International Agrophysics, 26(4):407-411.