

## 아스파라거스의 모의 유통 과정에서 예냉 방법과 포장 조건이 품질에 미치는 영향

윤혁성<sup>1</sup> · 최인이<sup>1,2</sup> · 한수정<sup>1</sup> · 김주영<sup>1</sup> · 강호민<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 원예·시스템공학부 원예과학전공, <sup>2</sup>강원대학교 농업생명과학연구원

## Effects of Precooling and Packaging Methods on Quality of Asparagus Spears during Simulated Distribution

Hyuk Sung Yoon<sup>1</sup>, In-Lee Choi<sup>1,2</sup>, Su Jung Han<sup>1</sup>, Ju Young Kim<sup>1</sup>, and Ho-Min Kang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Horticulture and Systems Engineering, Program of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

<sup>2</sup>Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

**Abstract.** This study was conducted to determine effects of precooling and storage methods on asparagus spears' quality such as changes of fresh weight and color during simulated export distribution. Two types of precooling methods, air cooling and hydrocooling, were applied prior to packaging by comparing with no precooling as a control. Asparagus spears were packed with oxygen transmission rate (OTR) film for modified atmosphere packaging (MAP) and perforated (PF) film for a conventional packaging. All treatments were stored at 8°C for 20 hours, and subsequently at 4°C by final storage day, which is simulated distribution temperature condition from Yanggu, Korea to Shimonoseki, Japan. The half cooling time was 12 minutes for air cooling and 15 seconds for the hydrocooling, indicating precooling process of asparagus spears faster with the hydrocooling. Rates of respiration and ethylene production were lowest with hydrocooling. Fresh weight loss was higher, approximately 11%, at the control condition in conventional storage, compared with the MAP, less than 0.5%. Carbon dioxide and oxygen content in the MAP was in the permissible ranges for asparagus spears under recommended CA/MA conditions under both the air cooling and hydrocooling. Ethylene content in the film package was lower with the precooling treatment. Firmness of stems was lowest with the hydrocooling prior to the MAP. Visual quality, off-odor, and hue angle value were best with hydrocooling prior to the MAP. In conclusion, the combination of hydrocooling with the MAP is effective in preserving quality during the export distribution process.

**Additional key words :** *Asparagus officinalis* L., carbon dioxide, ethylene, modified atmosphere packaging, visual quality

### 서 론

국내 아스파라거스(*Asparagus officinalis* L.)의 재배면적은 55.4ha(2016년)로, 이중 강원도가 62%를 차지하고 있다(RDA, 2016). 현재 국내산 아스파라거스는 품질이 우수하여 일본 소비자들의 선호도가 높아 지속적으로 일본에 수출되고 있다.

아스파라거스는 수확 후 에틸렌 발생에 의한 호흡이 급등되지 않는 non-climacteric 작물이지만(Zhang 등, 2012), 성장이 활발한 어린 조직으로 구성되어 있어(Ryall 과 Lipton, 1972) horticultural maturity 단계(순의

길이가 23cm 전후)에서 매우 높은 호흡률로 장기 저장이 어려운 작물이다(Kader, 2002). 이처럼 호흡률이 높은 작물의 장기 저장을 위해서는 수확 후 즉시 예냉 처리를 통하여 호흡 및 대사 작용의 억제가 필요하다(Jung 등, 2010). 일반적으로 수랭식 예냉은 줄기 채소, 토마토, 그리고 멜론 등 다양한 원예 산물에 적용되고 있고, 공랭식과 비교하였을 때 냉각 시간의 단축과 생체중 감소 억제 등의 장점이 있다(Kays 와 Paull, 2004). 주요 아스파라거스 수출국인 이스라엘의 경우에는 냉수를 분무 하거나 침지하는 수랭식 예냉(Hydrocooling)이 널리 이용되고 있다(IsraelAgri, 2014). Kader, (2002)도 아스파라거스의 가장 적절한 예냉 기술로서 수랭식을 추천하였다. 반면 국내에서는 수확 후 저온 저장고에 두는 형태인 공랭식 예냉(Air cooling) 정도만 적용되고 있다(Yoon 등, 2017a).

\*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr  
Received July 07, 2017; Revised October 25, 2017;  
Accepted January 18, 2018

또한, 저장성 향상을 위한 modified atmosphere packaging(MAP) 방식은 유통 현장 적용이 쉽고, 처리 비용이 저렴하여 원예 산물 품질 유지에 효과가 있다고 알려져 있다(Yoon 등, 2017b). 그러나 아스파라거스에서 MA 포장을 적용하였을 때, 필름 내부의 저산소 조건이 형성되어 이취 발생 등의 문제점을 제기하였다(Gariepy 등, 1991). 이에 아스파라거스에서 산소투과도가 조절되는 oxygen transmission rate(OTR) 필름을 이용하였을 때, 10,000cc·m<sup>-2</sup>·day<sup>-1</sup>·atm<sup>-1</sup> 필름에서 저장 중 적정 산소 농도를 꾸준히 유지하며 기존의 유공 포장(천공 필름)보다 10일 이상의 품질 유지 효과를 보고하였다(Yoon 등, 2017b). 따라서, 본 연구는 모의 일본 수출 조건에서 아스파라거스의 예냉 및 포장 방법에 따른 품질 변화를 비교하기 위해 실시하였다.

### 재료 및 방법

본 실험에서 아스파라거스 웰컴 품종(cv. ‘Wellcome’)은 강원도 양구에서 재배한 것으로 일본 수출 선호 등급(LL (+33g), L (33~20g), M (20~13g), S (13~8g), SS (-8g))인 M등급(지름 1.4±0.1cm)을 사용하였다. 예냉 방법으로는 국내 예냉 방식인 공랭식과 수출국의 예냉 방식인 수랭식을 두었고 무처리를 대조구로 두었다. 예냉 전 아스파라거스의 품온은 25°C 맞추었고, 이후 2±1°C로 저하될 때까지 각각 예냉 방법에 따라 시간을 달리 적용하여 시행하였다. 따라서 공랭식은 2°C, RH 90%의 저온저장고에서 70분간 실시하였고, 수랭식은 2°C 냉수에 담가 5분간 실시하였다. 예냉 처리 중 아스파라거스의 품온 변화는 적외선 온도계(#E-39650-20, Cole Parmer Co., USA)로 측정하였다. 예냉 처리 직후 포장 전 호흡률과 에틸렌 발생량을 비교하기 위해 각각 밀폐용기(78mL)에 아스파라거스를 담은 후, 20°C에서 1시간 동안 두었다. 이후 호흡률은 Kays and Paull (2004)의 방법을 참고하여 시간당 발생하는 이산화탄소를 측정하여 mg·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>으로 환산하였고, infrared sensor (Checkmate, PBI, Denmark)를 이용하였다. 에틸렌 발생량은 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan)로 측정하였다(Park 등, 2000). 포장 방법은 PP (Polypropylene) 필름 (Dae Ryung precision packaging industry Co., Ltd, Korea)을 레이저로 가공한 산소 투과 필름 (oxygen transmission rate; 10,000cc·m<sup>-2</sup>·day<sup>-1</sup>·atm<sup>-1</sup>) 으로 포장한 MA 포장 처리와 PP 필름에 유공 처리(Ø 0.5cm, 4ea·100cm<sup>-2</sup>)한 필름으로 포장된 관행 처리를 두었다. 모든 예냉 처리는 일본 수출 시 유통 온도인 8°C에서 20시간 동안 보관한 후 4°C로 옮겨 15일 동안 저장하였다. 생체중 감소율은 초기 중량에서 감소하는 중량을 백분율로

표현하였다. MA 포장 처리에서는 포장 내 이산화탄소, 산소 그리고 에틸렌 농도를 조사하였는데, 이산화탄소와 산소는 infrared sensor, 에틸렌 농도는 gas chromatography로 측정하였다. 줄기의 경도는 rheometer(Compac-100II, Sun scientific, Japan)로 사용하였고, 이때 측정 조건은 No.5(Ø 3.0mm) probe를 이용하여 1.0mm·s<sup>-1</sup> 속도로 했다. 당도는 주요 식용 부위인 순 끝부터 10cm 아래 까지 갈아서 굴절당도계(PAL-1, Atago, Japan)로 측정하였고, Brix로 나타내었다. 아스파라거스의 줄기 정중앙 부분을 색차계(CR-400, Minolta, Japan)로 측정하였으며, hue angle 값으로 표현했다. 이취 및 외관상 품질은 Yoon 등 (2017b) 방법을 참고하여 진행하였고, 숙련된 5명의 패널을 선정하여 관능 평가로 진행하였다. 외관상 품질은 1점(매우 나쁨)부터 5점(매우 우수함)까지 평가하였다. 이취는 거의 발생하지 않는 수준을 1점, 매우 많이 발생하는 수준을 5점으로 하였다. 통계 분석은 Microsoft Excel 2013 program을 이용하여 표준오차로 표현하였고, 또한 SPSS statistics 21 program을 이용하여 던컨의 다중범위 검정으로 분석하였다.

### 결과 및 고찰

아스파라거스의 반 냉각 시간(half cooling time)은 공랭식에서 12분, 수랭식에서 15초였으며, 최종 예냉 목표 온도인 2±1°C까지의 소요 시간은 수랭식에서 1분으로 공랭식의 1/50 수준이었다(Fig. 1). 물의 열전달계수는 공기보다 높아(Kay와 Paull, 2004), 수랭식에서 빠른 냉각 효과를 보였다. Gillies 와 Toivonen(1995)도 브로콜리에서 수랭식 예냉에 의한 냉각 시간 단축을 보고하였다.

예냉 처리 후 아스파라거스의 호흡률은 예냉 무처리보다 공랭식과 수랭식에서 낮았고, 에틸렌 발생률은 수랭식에서 가장 낮았다(Figs. 2A와 2B). 기존의 아스파라거스 호흡률은 상온에서 270mg·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>(Kays 와 Paull,

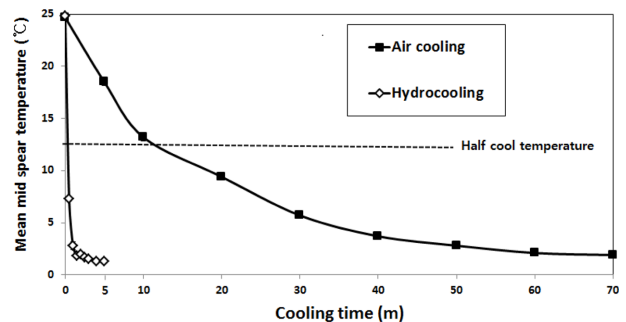


Fig. 1. The change of temperature of asparagus spears treated with air cooling or hydrocooling. Vertical bars represent ± SE (n = 5).

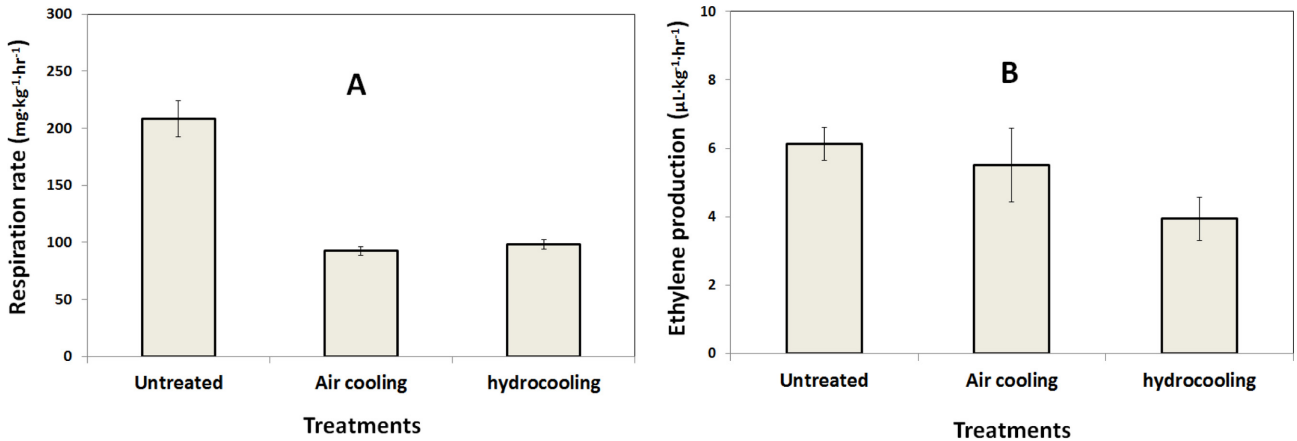


Fig. 2. The respiration rate (A) and ethylene production (B) measured at 20°C for an hour of asparagus spears treated with air cooling or hydrocooling. Vertical bars represent ± SE (n = 4).

2004)로 알려져 있다. 본 실험에서는 예냉 처리 후 호흡률은 평균 95.5mg·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>로 매우 낮은 수치를 보였는데, 이는 예냉 무처리와 달리 예냉 처리구들은 품온이 2°C상태에서 측정하였기 때문이라 판단된다. 일반적으로 수확 후 아스파라거스의 열 발생 수치는 25°C (3965~5075 kJ·ton<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>)와 0°C(300~640kJ·ton<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>)를 비교해 볼 때 약 10배정도 차이를 보인다(Kays와 Paull, 2004). 이러한 품온의 차이는 호흡률과 같은 대사 속도를 촉진시킨다(Q<sub>10</sub>). In과 Kim(2008)는 결구 상추에서 예냉 처리에 따른 호흡률 억제를 보고하였다. 기존의 아스파라거스(cv. 'Martha Washington')에서 알려진 에틸렌 발생률은 2.1~4.9μL·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup> (Haard 등, 1974)인데, 본 실험에서는 수랭식 처리에서만 4.0μL·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>수준이었다.

아스파라거스의 생체중 감소율은 저장 기간 중 꾸준히 증가하여 예냉 무처리 후 관행 포장에서 15일차에 11% 내외로 가장 높았으며, 수랭식에서 5% 수준으로 낮았다. MA 포장은 모든 처리가 저장 종료일에 0.5% 미만을 보였다(Fig. 3). 일반적으로 아스파라거스의 최대 허용 생체중 감소율은 8%로 알려져 있는데(Kays와 Paull, 2004), 본 실험에서는 예냉 무처리 후 관행 포장에서 가장 높은 감소를 보여 외관상 품질 저하가 발생되었을 것으로 판단된다. 또한 예냉 처리에 따른 생체중 감소는 MA 포장에서 처리간 차이를 보이지 않았으나, 관행 포장에서는 수랭식에 가장 작았으며, 다음으로 공랭식, 그리고 예냉 무처리에서 가장 크게 나타났는데, 이는 빠른 냉각 시간에 따른 생체중 감소 억제가 원인이라 생각된다. Jung 등 (2010)도 치콘에서 예냉의 냉각 속도에 따라서 생체중 감소 억제 효과가 있다고 하였다. 포장 방법별로 비교하였을 때, 비천공인 MA 포장은 원예 산물이 외부에 노출되는 표면적이 관행 포장보다 적기 때문에 증산이 상대적으로 적었기 때문이라 판단된다

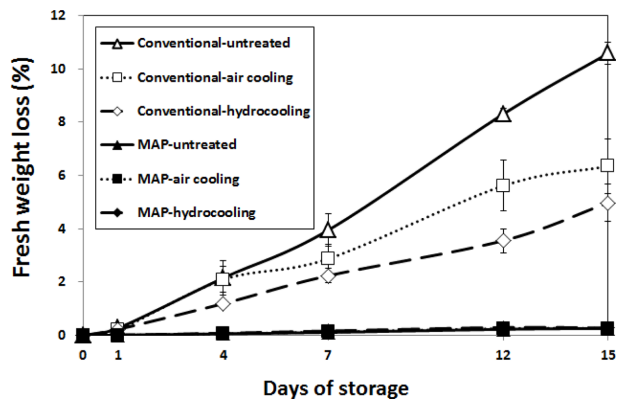
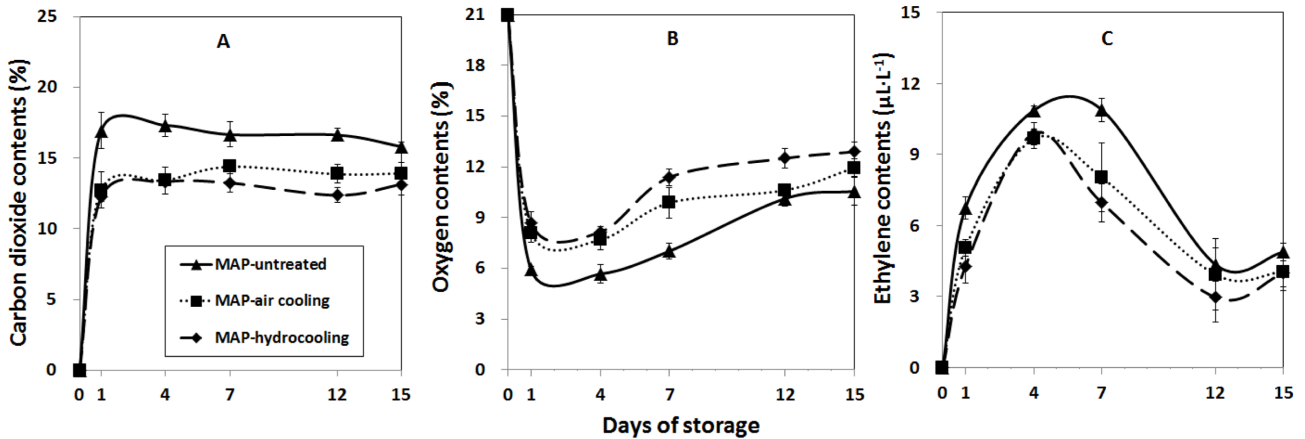


Fig. 3. Changes in fresh weight loss rate of asparagus spears packaged with oxygen transmission rate (OTR) film for modified atmosphere packaging (MAP) and perforated film for conventional packaging during the storage. Vertical bars represent ± SE (n = 4).

(Kay와 Paull, 2004).

관행 처리는 유공 필름으로 포장하여 포장 내 공기 조성(이산화탄소, 산소, 그리고 에틸렌)이 일반 공기 조성 과 차이가 없었다. 이에 반해 산소 투과 필름 (oxygen transmission rate; 10,000cc·m<sup>-2</sup>·day<sup>-1</sup>·atm<sup>-1</sup>)으로 적용한 MA 포장에서는 저장 중 공기 조성별 농도가 변하였다. 이산화탄소 농도는 모든 MA 포장에서 저장 1일 차에 급격하게 증가하였는데, 예냉 무처리에서 저장 최종일까지 17%, 예냉 처리구들에서는 12%를 유지하였다(Fig. 4A). 이와 반대로 산소 농도는 저장 1일 차 급격하게 감소하였는데, 예냉 무처리에서는 6%까지 감소하였다가 이후 증가하여 저장 중 9% 내외의 농도를 유지하였고, 예냉 처리구들에서는 7~9%까지 감소하였다가 이후 증가하여 15% 내외의 농도를 보였다(Fig. 4B). 일반적으로



**Fig. 4.** Changes in carbon dioxide (A), oxygen (B), and ethylene (C) contents of asparagus spears packaged with oxygen transmission rate (OTR) for modified atmosphere packaging (MAP) during the storage. Two types of precooling methods, air cooling and hydrocooling, were applied prior to packaging by comparing with no precooling as a control. Vertical bars represent  $\pm$  SE (n = 4).

**Table 1.** The firmness, hue angle of stem part, and sensory tests of visual quality and off-odor of packaged with oxygen transmission rate (OTR) film for modified atmosphere packaging (MAP) and perforated film for a conventional packaging. Two types of precooling methods, air cooling and hydrocooling, were applied prior to packaging by comparing with no precooling as a control. at the final storage day.

Packaging method	Pre-cooling treatments	Firmness (N)	Hue angle (°)	Visual quality	Off-odor
Conventional	Untreated	15.2 ab <sup>z</sup>	111.9 b	2.1 d	5.0 a
	Air cooling	15.8 a	112.4 b	2.5 c	5.0 a
	Hydrocooling	13.6 b	113.0 b	2.7 bc	5.0 a
MAP	Untreated	17.5 a	113.6 b	2.8 b	5.0 a
	Air cooling	13.6 b	115.4 ab	2.8 ab	4.7 b
	Hydrocooling	13.2 b	118.1 a	3.1 a	4.6 b

<sup>z</sup>Mean separation within columns by DMRT at 5%

아스파라거스 저장에 적합한 CA/MA 조건은 이산화탄소 5~12%, 산소 농도 5% 이상으로 알려져 있는데 (Kader, 2002), 본 실험에서는 공랭식과 수랭식에서 저장 종료일까지 적정 CA/MA 조건을 만족하였다. 포장 내 에틸렌 농도는 저장 중 증가하다가 감소하는 경향을 보였는데, 예냉 무처리에서 7일 차에 11 $\mu$ L·L<sup>-1</sup>, 이후 5 $\mu$ L·L<sup>-1</sup> 수준을 보였고, 공랭식 및 수랭식 처리는 4일 차 9 $\mu$ L·L<sup>-1</sup>, 이후 4 $\mu$ L·L<sup>-1</sup>의 농도를 나타내었다(Fig. 4C). 일반적으로 예냉 처리는 에틸렌 발생을 억제한다고 하였는데(Kim 등, 2003), 본 실험에서도 예냉 처리에 따른 낮은 에틸렌 농도를 보였으나, 예냉 방법에 따른 차이는 나타나지 않았다.

저장 종료일에 측정된 줄기 경도는 관행 포장에서는 예냉 무처리와 공랭처리에서 높았고, MA 포장에서는 예냉 무처리에서 가장 높았다(Table 1). 일반적으로 아스파라거스는 저장 중 조직의 리그닌화 촉진 및 수분 감소에

의해 경도가 증가하는데, 저장 전 24시간동안 1 $\mu$ L·L<sup>-1</sup>의 에틸렌 전처리로 phenylalanine ammonia-lyase(PAL)와 peroxidase(POD) 활성이 증가되어 조직의 리그닌화가 촉진되었다고 하였다(Liu 와 Jiang 2006). 본 실험에서도 예냉 무처리에서 가장 높은 경도를 보인 것은 저장 중 높은 에틸렌 농도로 인한 결과라고 판단된다. 그러나 모든 예냉처리구들의 경도가 에틸렌이 축적된 MA 포장보다 에틸렌 노출이 상대적으로 적었던 관행 포장에서 높았는데, 이는 관행 포장 처리구에서 나타난 높은 수분 손실이 원인이라 생각된다. 저장 중 수분손실로 발생하는 생체중 감소가 MA 포장처리구는 0.5%미만이었으나 관행 포장처리구는 4~11% 수준이었다. 숙주나물의 경우도 수분 손실로 인한 섬유질화로 경도가 증가한다고 하였다(Cho 등, 2005). 줄기의 hue angle 값은 관행 포장에서 처리 간 차이가 없었으나, MA 포장 처리에서는 수랭식에서 가장 높았다(Table 1). 이는 수랭식의 예냉과

MA 포장의 복합처리에 의한 대사 작용 활성의 억제로 엽록소 파괴가 지연되었을 것이라고 판단된다. Yoon 등 (2016)은 아스파라거스에서 MA 포장에 따른 황화 억제 효과를 보고하였고, Toivonen (1997)는 브로콜리에서 저온 조건에 따른 색변화와 관련된 효소(peroxidase와 lipoxygenase 활성)들의 활성이 조절되어 클로로필의 감소가 억제된다고 하였다.

외관상 품질은 포장 방법에 관계없이 수랭식에서 우수하였는데 MA 포장의 수랭식은 저장 종료일까지 판매 가능 점수인 3점 이상을 유지하였다(Table 1). 이는 수랭식에서 줄기의 색변화 억제가 외관상 품질에 긍정적인 영향을 미쳤을 것이라 판단된다. 이에 반해 관행 포장의 예냉 무처리에서 높은 생체중 감소(11%) 및 황화의 진행이 품질 감소의 원인으로 판단된다. 녹색 아스파라거스의 색변화는 미국의 표준 등급(U.S. Standard) 품질 요소에도 중요 항목이며(Kader, 2002), 장기 저장 중 줄기의 황화는 외관상 품질 저하에 주요 요인이다(Yoon 등, 2017b). 저장 종료일의 이취는 관행 포장의 모든 처리구와 MA 포장의 예냉 무처리가 5점으로 가장 높았고, MA 포장의 수랭식에서 4.6점으로 가장 낮았다(Table 1). 기존의 아스파라거스 MA 포장 저장 실험에서 3% 이하의 산소 농도 조건에서 혐기성 호흡으로 인한 품질 저하가 나타났다고 하였으나(Baxter와 Waters, 1991), 본 실험에서는 모든 처리가 저장 중 산소 농도를 6% 이상 꾸준히 유지하였다. 또한 관행 포장의 모든 처리와 MA 포장의 예냉 무처리에서 저장 종료일에 관찰된 화두 부분의 무름 증상(data not shown)도 원인이라 판단된다. Cho 등 (2009)은 브로콜리에서 무름 증상 및 부패 진행으로 인하여 이취발생에 영향을 미친다고 하였다.

이상의 결과를 종합해 보면 수랭식과 MA 포장의 복합 처리는 모든 품질에서 가장 우수한 결과를 보여 수출 유통 과정에서 저장성 향상의 효과를 보일 것으로 생각된다.

## 적 요

본 연구는 아스파라거스의 모의 수출 온도 조건에서 예냉 처리 및 MA 포장이 생체중 감소 및 색 변화와 같은 품질 변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 예냉 처리는 공랭식, 수랭식, 그리고 대조구인 예냉 무처리를 두었다. MA 포장은 산소투과도가  $10,000\text{cc}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{atm}^{-1}$  OTR 필름을 사용하였고 유공 필름(관행 처리)으로 포장한 대조구를 두었다. 모든 처리는 양구에서 일본의 시모노세키까지 수출 시 모의 유통 온도 조건을 적용하여 8°C에서 20시간 처리 후 저장 종료일까지 4°C로 두었다. 아스파라거스의 예냉은 수랭식에서 빠르게

진행되었는데, 반 냉각 시간은 공랭식에서 12분, 수랭식에서 15초였다. 예냉 처리 후 호흡률과 에틸렌 발생률은 수랭식에서 가장 낮았다. 저장 중 생체중 감소율은 관행 저장 예냉 무처리에서 약 11%로 가장 높았고, MA 포장에서는 모든 처리가 0.5% 미만이었다. 포장 내 이산화탄소와 산소 농도는 공랭식과 수랭식에서 아스파라거스의 적정 CA/MA 조건을 유지하였다. 필름 포장 내 에틸렌 농도는 예냉 처리에서 낮았다. 줄기의 경도는 MA 포장의 수랭식에서 가장 낮았다. 외관상 품질, 이취, 그리고 hue angle 값은 MA 포장의 수랭식에서 가장 우수하였다. 본 연구의 결과, 수랭식 및 MA 포장의 복합 처리는 수출 유통 과정에서 품질 유지에 효과가 있을 것으로 기대된다.

**추가 주제어** : *Asparagus officinalis* L, MA 포장, 에틸렌, 외관, 이산화탄소

## 사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 수출전략기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(No. 117035-03).

## Literature cited

- Baxter, L., and L. Waters. 1991. Quality changes in asparagus spears stored in a flow-through CA system or in consumer packages. *HortScience* 26:399-402.
- Cho, M.A., Y.P. Hong, J.W. Choi, Y.B. Won, and D.H. Bae. 2009. Effect of packaging film and storage temperature on quality maintenance of broccoli. *Kor J Hort Sci Technol* 27:128-139.
- Cho, S.H., S.D. Lee, Y.J. Choi, N.G. Kim, J.H. Kang, and S.H. Cho. 2005. Effects of packaging and storage temperature on quality during storage of mungbean sprouts. *Korean J Food Preserv* 12:522-528.
- Gariépy, Y, G.S.V. Raghavan, F. Castaigne, J. Arul, and C. Willemot. 1991. Precooling and modified atmosphere storage of green asparagus. *J Food Process Pres* 15:215-224.
- Gillies, S. L., and P.M.A. Toivonen. 1995. Cooling method influences the postharvest quality of broccoli. *HortScience*, 30:313-315.
- Haard, N.F., S.C. Sharma, R. Wolfe, and R. Frenkel. 1974. Ethylene induced isoperoxidase changes during fiber formation in postharvest asparagus. *J Food Sci* 39:452-456.
- In, B.C. and J.G. Kim. 2008. Effect of precooling and harvesting at different times on respiration, browning and microbial growth of fresh-cut iceberg lettuce. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:258-264.

- Israel Agri. 2014. MAP for Asparagus: Extending asparagus shelf life with Xtend modified atmosphere packaging. Available via <http://www.israelagri.com/?CategoryID=405&ArticleID=680>.
- Jung, H.J., H.T. Seo, I.L. Choi, T.J. Yoo, J.S. Son, J.H. Won, I.S. Kim, and H.M. Kang. 2010. Effect of precooling treatments on the storability of chicon during MA storage. *J. Bio-Environ. Cont.* 19:360-365.
- 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.
- Kim, B.S., M.J. Kim, and J.H. Choi. 2003. Effects of percooling treatments on the quality of peaches (Mibaek). *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.* 35(6):1233-1236.
- 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 Regul* 48:187-193.
- 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-Environ Cont* 9:40-46.
- Rural Development Administration (RDA) 2016. Revenue model for asparagus production in highland area in Korea. Gangwondo Agricultural Research and Extension Services
- Ryall, A.L., and W.J. Lipton 1972. Handling, transportation, and storage of fruits and vegetables. Vegetables and melons. AVI Publishing Company, USA.
- Toivonen, P.M. 1997. The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (*Brassica oleracea* L., Italica Group). *Postharvest Biol Tech*, 10:59-65.
- Yoon H.S., I.L. Choi, J.P. Baek, and H.M. Kang. 2016. Effects of 1-MCP and MA storage treatments for long-term storage of asparagus spears. *Protected Hort. Plant Fac.* 25:118-122.
- Yoon H.S., I.L. Choi, S.J. Han, J.Y. Kim, G.E. Choi, and H.M. Kang 2017a. The effect of several pre-cooling treatments on the quality of asparagus spears during storage. *The Korean Society for Bio-Environment control.* 26(Suppl I): 106-107.
- Yoon H.S., I.L. Choi, and H.M. Kang 2017b. Different oxygen transmission rate packing films during modified atmosphere storage: effects on asparagus spear quality. *Hortic. Sci. Technol.* 35:314-322.
- Zhang, P, M. Zhang, S. Wang, and Z. Wu 2012. Effect of 1-methylcyclopropene treatment on green asparagus quality during cold storage. *Int Agrophys* 26:407-411.