

Effect of 1-methylcyclopropene on quality of new mid-season Asian pear ‘Changjo’ during simulated marketing

Jin-Ho Choi¹, Ug-Yong Lee¹, Ju-Hyun Lee¹, Jang-Jeon Choi¹, Jong-Pil Chun^{2*}

¹Pear Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Naju 58216, Korea

²Department of Horticulture, Chungnam National University, 99 Daehak-ro, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: jpchun@cnu.ac.kr

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP), a known ethylene action inhibitor, on fruit quality and incidence of physiological disorders during a simulated marketing period in new mid-season Asian pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘Changjo’. Flesh firmness of untreated control fruits was maintained with a hardness of 20.2 N until day 14 of simulated marketing but decreased rapidly to 6.2 N at day 21 of simulated marketing; losing its commercial quality. However, the firmness of 1-MCP treated fruits remained high (> 20.7 N) during the same period. Quality indices such as soluble solids content and titratable acidity in ‘Changjo’ pear did not show any significant differences during simulated marketing period regardless of 1-MCP treatment. For the difference in skin color, redness (a*) tended to increase as simulated marketing period became longer, and 1-MCP treatment delayed this change by 7 days compared to the untreated fruits. No decrease occurred in ethylene production level with 1-MCP treatment in ‘Changjo’ pear. Meanwhile, 1-MCP treated pears showed a significantly lower respiration rate compared to the untreated fruits. Also, 1-MCP treatment effectively reduced the incidence of physiological disorders including internal flesh browning and mealiness symptoms during simulated marketing periods of 21 and 14 days, respectively. Therefore, we conclude that the use of 1-MCP is recommended for quality maintenance and for prevention of physiological disorders during simulated marketing periods of ≥ 7 days for mid-season Asian pear ‘Changjo’.

Keywords: Asian pear, ethylene, firmness, physiological disorder, respiration

Introduction

‘창조’는 1995년 국립원예특작과학원에서 ‘수진조생’에 ‘81-1-27 (‘단배’ × ‘만삼길’)을 교배하여 얻어진 배 품종으로 숙기는 수원지방을 기준으로 10월 상순이며, 과중은 700 g내외로 대과종이다. 당도는 13.0°Brix으로 부드러운 육질을 가지고 있어 식미가 우수한 품종이며, 꽃가루가 풍부하여 주요 재배품종과 교배 친화성이 높은 품종이다(Shin et al., 2011). 국내육성 신품



OPEN ACCESS

Citation: Choi JH, Lee UY, Lee JH, Choi JJ, Chun JP. 2017. Effect of 1-methylcyclopropene on quality of new mid-season Asian pear ‘Changjo’ during simulated marketing. Korean Journal of Agricultural Science 44:332-338.

DOI: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20170036>

Editor: Jongyun Kim, Korea University, Korea

Received: May 1, 2017

Revised: July 17, 2017

Accepted: July 26, 2017

Copyright: © 2017 Korean Journal of Agricultural Science.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

종의 경우 재배면적 증가를 위해서는 각 품종에 적합한 재배법 확립 및 유통 기간 연장을 위한 제반 기술이 확립되어야 하지만 '원황', '화산', '한아름' 및 '만풍배' 등 (Lee et al., 2012; Lee et al., 2014a, 2014c) 에서 일부 연구가 진행되었을 뿐 최근 육성된 '창조' 배 과실에 대한 수확후 품질 유지 기술에 대한 연구는 이루어진 바 없다.

배 과실은 수확 후 경도 저하, 내외부적 생리장해 발생, 부패 등 다양한 손실이 발생하는데 품종에 따라 그 정도가 다르며 수확시기의 조절 및 다양한 수확 후 처리에 의해 손실률을 줄일 수 있다고 알려져 있다. 즉, 조생종 품종에서는 수확 후 과실의 품질변화가 빠르게 진행된다고 하였으며(Moon et al., 2008; Lee et al., 2012), 조생종인 '원황' 배는 수확시기를 빨리하여 과실을 유통하는 것이 생리장해의 발생이 적었으며, 유통온도 및 수송온도가 낮을수록 과실의 품위유지에 효과적이었다(Lee et al., 2013). 또한, 고온유통의 환경조건에서도 상품성의 유지는 적기에 수확한 과실보다는 다소 이른 시기에 수확한 과실이 보다 효과적인 것으로 알려져 있다(Oh et al., 2010; Lee and Chun, 2011; Lee et al., 2011). 한편, 에틸렌작용억제제 1-methylcyclopropene (1-MCP)의 수확 후 처리 및 에틸렌생합성억제제 aminoethoxyvinylglycine (AVG)의 수확 전 처리는 '한아름', '원황', '화산' 등 조생종 배 과실의 경도유지 및 생리장해 억제에 효과적인 것으로 보고된 바 있다(Lee et al., 2012; Lee et al., 2014b).

이에 본 연구는 최근 육성된 동양배 중생종 '창조' 과실에 대한 수확 후 1-MCP 처리가 상온유통 중 과실의 품질 변화 및 생리장해 발생에 미치는 효과를 검토하여 신육성 배 품종의 수확 후 품질유지 기간 연장을 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

Materials and Methods

과실재료 및 1-MCP 처리

국립원예특작과학원 배연구소에서 수세가 균일한 6년생 '창조' 배를 공시하였다. 실험용 과실은 만개 후 135일(9월 17일)에 수확하여 이용하였다. 수확한 과실은 상온(25°C)에서 1일간 예조하여 품온을 낮춘 후 기형과 및 부패과를 선별한 후 1-MCP를 처리하였다. 1-MCP처리는 과실 수확용 컨테이너박스에 과실을 채운 후 PE 필름(0.1 mm)으로 플라스틱 컨테이너 상자를 밀봉한 후 1-methylcyclopropene (1-MCP, SmartFresh™, AgroFresh Inc., USA) 분말을 기화시켜 1.0 μL · L⁻¹ 농도로 25°C에서 12시간 처리하였다. 처리상자 내에는 소형팬을 설치하여 처리 중 공기를 순환시켰다(Choi and Bae, 2007). 처리 후 과실은 그물망을 씌우고 수출용 5 kg 종이상자에 넣어 25°C에서 28일간 모의유통하면서 7일 간격으로 과실의 품질 및 생리장해 발생을 비교하였다.

품질조사 및 생리장해 평가

과실의 경도는 rheometer (TMS-Pro, Food Tech. Corp., USA)로 직경 8 mm 측정봉을 이용하여 과피를 제거한 과실의 적도면에 수직으로 5 mm sample move, 100 mm/min의 조건으로 최대압력을 측정하였다. 가용성 고형물은 과실 적도면의 동일부분을 1 cm두께로 잘라 4겹의 cheese cloth를 이용하여 착즙한 후 digital refractometer (PR-32a, ATAGO, Japan)를 사용하여 측정하였다. 산 함량은 동일한 방법으로 착즙한 과즙 5 mL를 증류수 35 mL에 희석하여 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 중화 적정한 후 사과산으로 환산하였다. 과피색 측정에는 chroma meter (CR-410, Minolta, Japan)를 이용하여 각 개체의 모든 과실의 적도면을 측정하여 L*, a*, b*를 구하고 Hue값을 계산하였다. 과실의 에틸렌 발생량 및 호흡 측정은 각 처리구에서 무작위로 6과를 선택하여 3반복으로 3.4 L 용기에 2과씩 넣어 밀폐하고 25°C에서 2시간 방치 후 밀폐된 용기내부의 기체를 주사기로 1 mL 포집한 후 각각 FID 및 TCD가 장착된 gas chromatography (YL6100-GC, Younglin, Korea)로 측정 후 계산하였다(Tamura et al., 2003). 과실 내부에 발생하는 생리장해는 과실 중앙부를 절단하여 절단면에서 장해발생 여부를 육안으로 관찰하여 판단하였다. 과육갈변, 분질과는 발생정도에 따라 6단계(0: 건전과, 1: 과육면적의 20% 미만, 2: 40% 미만, 3: 60% 미만, 4:

80% 미만, 5: 80% 이상)로 구분하였다. 과심갈변과는 과심면적을 기준으로 건전한 것은 0: 건전과, 20% 미만은 1, 2: 40% 미만, 3: 60% 미만, 4: 80% 미만, 80% 이상은 5로 구분하여 장해지수를 표시하였다.

통계는 SPSS 프로그램(version 20.0, SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA)을 사용하였다. 분산분석(ANOVA)은 $p < 0.05$ 의 유의수준에서 실행되었으며, 평균은 Duncan's multiple range test로 차이를 검정하였다.

Results and Discussion

배 신품종 '창조'의 상온보구력 증진을 위한 수확 후 1-MCP 처리의 효과를 무처리구와 비교하여 현장 적용 가능성을 검토하였다. 28일간의 25°C 상온유통 중 감모율은 처리와 관계없이 유통기간이 경과하면서 증가하는 경향을 보였는데, 유통 7일 후 무처리구와 1-MCP처리구에서 동일하게 2.8%로 나타났으며 유통 21일 후에도 무처리구 7.6%, 1-MCP처리구 7.5%로 1-MCP처리에 따른 과실의 감모율 차이는 관찰되지 않았다(Table 1). 한편 무처리구는 과실의 부패로 인해 유통 28일에는 실험을 수행할 수 없는 상태였고 1-MCP 처리구는 유통 28일에 10.2%의 감모율을 보여 외관적으로 과피의 주름이 관측되었다(결과 미제시). 과실의 경도변화를 보면, 처리 전 28.9 N에서 무처리구는 유통 14일까지 20.2 N으로 가식이 가능한 수준의 경도를 유지하고 있었으나 유통 후 21일에는 6.2 N으로 급격히 저하되어 상품성을 상실하였다. 반면 1-MCP처리구는 유통 14일까지 32.5 N으로 높게 유지 되었으며 유통 후 21일에도 20.7 N으로 조사되었고, 유통 후 28일 후에 이르러 11.7 N으로 낮아지는 등 무처리구에 비해 7일 정도 경도 유지기간을 늘리는 것으로 조사되었다(Table 1). 이러한 결과는 그 동안 동양배에 대한 품종별 1-MCP 처리 효과를 보고하였던 결과와 유사한 것이었다. '황금배'에 대한 1-MCP의 농도별 처리 결과, 무처리구는 상온유통 14일에 11.9 N이었으나, 1-MCP처리구는 0.1, 0.5, 1.0 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구에서 각각 12.8, 15.2, 15.1 N으로 높게 유지 되었으며(Moon et al., 2008), '원황'의 경우, 무처리구는 상온유통 14일에 32.3 N에서 21일에 10.1 N으로 급격히 감소 하였지만 1-MCP 1.0 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구에서는 상온유통 14일에 39.4 N 및 21일에 33.1 N으로 유의하게 높게 유지 하였으며 약 7일 이상의 경도유지 효과를 보인 바 있다. '화산' 품종에서는 만개 후 150일에 수확한 과실에서 무처리 구

Table 1. Effects of postharvest 1-MCP ($1.0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) treatment on the fruit quality of 'Changjo' pears (*Pyrus prifolia* Nakai) during simulated marketing at 25°C.

1-MCP	Storage period ^x	Quality indices			
		Weight loss (%)	Firmness (N)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)
At harvest	0	-	28.9	12.0	0.12
-	7	2.8d ^y	29.4a	12.6bc	0.11bc
-	14	5.6c	20.2b	12.4cde	0.11bc
-	21	7.6b	6.2d	12.1e	0.07d
-	28	-	-	-	-
+	7	2.8d	30.4a	12.2de	0.12a
+	14	5.0c	32.5a	13.1a	0.10c
+	21	7.5b	20.7b	12.9ab	0.11b
+	28	10.2a	11.7c	12.5cd	0.08d
ANOVA ^z					
Shelf-life (A)		***	***	*	***
1-MCP (B)		NS	***	***	***
A × B		NS	***	***	***

^xFruits were harvested 105 days after full bloom and stored for 25 days at 25°C.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

^zNS, *, *** indicate non-significant and significant difference at $p < 0.05$, $p < 0.001$, respectively.

실이 유통 21일에 6.7 N인 것에 반해 1-MCP처리는 19.8 N으로 높게 유지되었던 결과를 확인한 바 있다(Lee et al., 2012). 신육성품종인 '진황'에서는 유통조건에 따라 경도 유지 효과가 다르게 나타나는데 18°C의 유통온도조건에서는 1-MCP 1.0 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구에서 무처리구 대비 14일 이상의 경도유지 효과를 보였으며, 25°C 및 30°C에서도 7일 정도의 경도 유지 효과를 보인다고 보고되었다(Lee et al., 2017). 한편 1-MCP 처리는 지베렐린 도포제를 사용한 과실에 있어서도 경도 유지 효과를 보이는데 '한아름' 과실에서는 지베렐린을 처리하지 않은 과실에서는 1-MCP 처리가 무처리 과실보다 10일 이상의 경도 유지에 효과적이었으며, 지베렐린 농도가 높을수록 1-MCP처리의 효과는 15일 이상의 경도 유지효과를 나타내는 것으로 보고(Lee et al., 2014c)되는 등 경도 유지 측면에서 볼 때 상온에서의 동양배 유통기간 증진을 위해서 1-MCP 처리는 매우 필요한 처리라고 판단되었다.

가용성고형물 함량의 경우 수확당일의 12.0 °Brix에서 상온유통 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데 무처리구의 경우, 유통 7일에 12.6, 14일에 12.4, 21일에 12.1 °Brix로 조사되었던 반면, 1-MCP 처리구는 유통 7일에 12.2, 14일에 13.1, 21일에 12.9 °Brix로 유통 14일 이후 무처리구에 비해 상대적으로 높은 수준을 유지하였다. 산함량은 유통 기간 중 감소하는 경향을 나타냈는데 처리 간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

상온유통 기간 중 과피색의 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 과피의 밝기(L*)는 유통기간의 경과와 더불어 어두워지는 경향을 보였는데 1-MCP 처리구는 무처리구 대비 7일 정도 감소를 지연하여 유통21일까지 62.04로 무처리구의 56.87보다 높은 L* 값을 유지하였다. 과피적색도(a*)는 상온유통 기간이 증가할수록 높아지는 경향이었는데 L*과 동일하게 1-MCP 처리구는 무처리구 대비 7일 정도 증가를 지연한 결과를 보였다. 또한 hue angle (H°)의 경우도 1-MCP처리가 무처리구보다 느리게 감소하였다(Table 2). 과피색의 변화에 있어 적색도 및 hue angle은 과실의 성숙, 연화의 지표로 활용할 수 있는데(López Camelo and Gómez, 2004; Oh et al., 2010), 동양배에서도 이를 근거로 과실의 숙도를 판단할 수 있으며 유통 중 연화과정이 진행되면서 적색도가 증가하고 hue angle이 작아진다는 보고 (Lee and Chun, 2011)를 근거로 1-MCP 처리에 의한 '창조' 배 과실의 과피색 발현 지연 효과를 확인할 수 있었다.

Table 2. Effects of postharvest 1-MCP (1.0 $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) treatment on the color of 'Changjo' pears (*Pyrus prifolia* Nakai) during simulated marketing at 25°C.

1-MCP	Storage period ^x	Color difference			
		L*	a*	b*	H°
At harvest	0	62.23	5.57	38.54	82.30
-	7	61.51a ^y	8.81c	38.64a	77.42a
-	14	62.34a	11.63ab	39.17a	73.51b
-	21	56.87c	13.30ab	34.58c	68.88c
-	28	-	-	-	-
+	7	62.15a	6.68c	38.30a	80.22a
+	14	61.37a	8.16c	38.87a	78.30a
+	21	62.04a	11.30b	39.18a	74.01b
+	28	59.46b	13.74a	36.44b	69.34c
ANOVA ^z					
Shelf-life (A)		***	***	***	***
1-MCP (B)		***	***	***	***
A × B		***	NS	***	NS

^xFruits were harvested 105 days after full bloom and stored for 25 days at 25°C.

^yDifferent letters represent statistical significance within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

^zNS,*** indicate non-significant and significant difference at $p < 0.001$.

과실의 내부에 발생하는 생리장애를 조사한 결과, '창조'에서는 상온유통 중 과심갈변, 과육갈변 및 분질과의 발생이 관찰되었다. 과심갈변의 경우 유통 7일에 발생지수 0.2에서 14일에 3.1로 급격한 발생을 보였지만 1-MCP 처리구는 동일 기간에 1.5로 절반 이하 수준으로 발생정도가 낮았고 유통 28일에 3.4로 무처리구 대비 2주 정도 발생을 늦추는 효과를 보였다. 과육갈변의 발생은 무처리구에서는 유통 14일부터 관찰이 되었으며 유통 21일에 발생지수 2.5로 높게 조사되었는데, 1-MCP 처리구는 유통 21일에 0.1로 과육갈변이 거의 발생되지 않았고 유통 28일에 2.9로 급격히 장애가 발생하는 등 1주일 정도 과육갈변 발생을 지연하였다. 분질과의 발생은 무처리구에서는 유통 14일부터 관찰이 되었으며 발생지수 2.3으로 조사되었고 유통 21일에는 4.3으로 가식이 완전한 불가능한 상태로 진행되었다. 반면, 1-MCP 처리구는 유통 21일에 발생지수 1.6으로 식용이 가능한 상태였지만 28일에는 발생지수 3.3까지 증가하는 등 과육의 60% 이상이 분질화하여 식용이 불가능한 상태였다(Fig. 1).

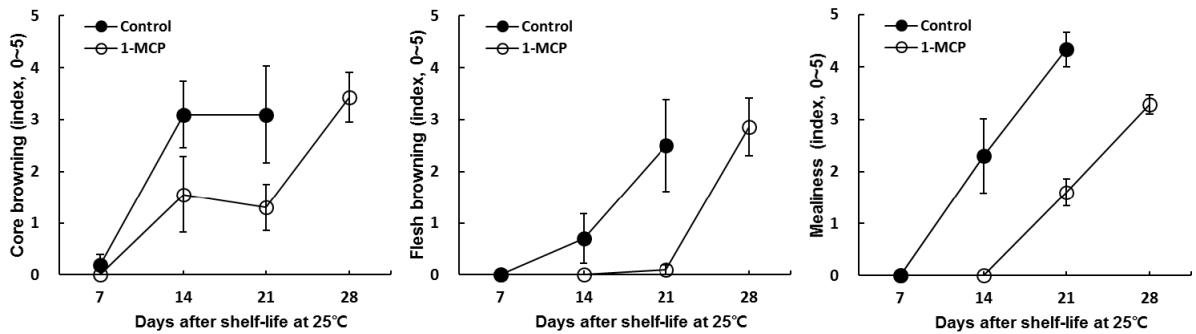


Fig. 1. Effects of postharvest 1-MCP ($1.0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) treatment on the severity of physiological disorders in 'Changjo' pears (*Pyrus prifolia* Nakai) during simulated marketing at 25°C.

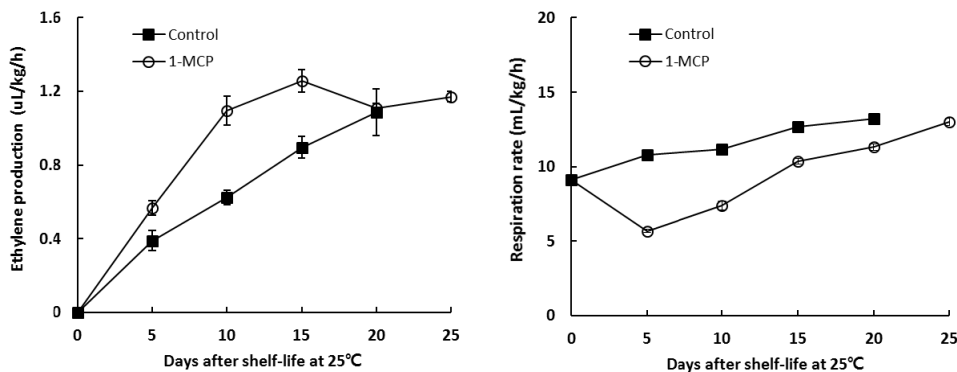


Fig. 2. Effects of postharvest 1-MCP ($1.0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) treatment on the ethylene production and respiration rate of 'Changjo' pears (*Pyrus prifolia* Nakai) during simulated marketing at 25°C.

상온유통 중 에틸렌발생량을 조사한 결과, 무처리구는 상온유통 5일에 $0.39 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 에서 유통 20일 후 $1.09 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 까지 증가하였다. 반면 1-MCP 처리구는 유통 5일 이후부터 무처리구에 비해 높은 수준을 유지하다가 유통 20일에 $1.17 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 로 감소하는 패턴을 보였다(Fig. 2). 이는 중국배 'Yali'에 있어 1-MCP 처리에 의해 에틸렌발생 최대치에 이르는 시간은 늦출 수 있으나 에틸렌발생의 최대량은 무처리구에 비해 높았다는 보고(Fu et al., 2007) 및 '한아름'에 있어 1-MCP 처리는 에틸렌발생량 제어 효과가 없었다는 보고(Lee et al., 2014)와 유사한 것이었으나 '진황'에 있어 동일 유통 온도에서 무처리구의 50% 수준으로 억제하였다는 보고(Lee et al., 2017)와는 상이한 결과여서 1-MCP 처리에 따른 에틸렌발생 반응성이 품종 간 상이하게 나타나는 것으로 생각되었다.

호흡률 조사에서는 수확당일 $9.09 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 에서 유통 20일 후 $13.23 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 까지 증가를 보였다. 반면 1-MCP처리구는 상온유통 5일에 $5.69 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 로 최저치를 나타낸 이후 점차 증가하여 유통 20일에 $10.22 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 로 무처리구의 유통 후 5 - 10일 수준까지 증가하였다 (Fig. 2). 본 실험에서 이용한 '창조'의 에틸렌발생량 및 호흡률은 '원황' 및 '화산'(Lee et al., 2012)과 '황금배'(Moon et al., 2008) 등 주요 국내 육성 조중생종 배에 비해 높았으며, 1-MCP 처리에 의한 호흡억제 정도가 크게 나타나는 것으로 조사되었다.

결론적으로 본 연구를 통하여 호흡률 및 에틸렌 발생이 높은 배 신육성 품종에 대한 1-MCP 처리는 상온유통기간 중 경도유지 및 생리장해 발생 억제에 효과적인 것으로 나타났으며 $1.0 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 1-MCP처리가 과실의 호흡억제를 통한 상온유통 중 과실품질유지 및 생리장해 발생억제에 효과적인 것으로 나타났지만 경제성을 고려하여 이보다 낮은 농도에서의 반응성을 검증할 필요가 있다고 사료된다.

Aknowlegements

본 논문은 농촌진흥청 사업(PJ01134203)의 지원으로 수행된 결과이며, 이에 감사드립니다.

References

- Choi ST, Bae RN. 2007. Extending the postharvest quality of tomato fruit by 1-methylcyclopropene application. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 25:6-11. [in Korean]
- Fu L, Cao J, Li Q, Lin L, Jiang W. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality and physiological disorders in Yali pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) during storage. Food Science Technology 13:49-54.
- Lee UY, Choi JH, Kim YK, Oh KS, Kim SJ, Chun JP. 2017. Comparison of fruit marketability at various temperature environment in Asian pear 'Jinhwang' treated with 1-methylcyclopropene. Protected Horticulture and Plant Factory 26:19-26. [in Korean]
- Lee UY, Chun JP. 2011. Evaluation of quality indices during fruit development and ripening in 'Wonhwang' and 'Whasan' pears. CNU Journal of Agricultural Science 38:405-411. [in Korean]
- Lee UY, Hwang YS, Ahn YJ, Chun JP. 2013. Comparison of fruit quality and occurrence of physiological disorders during storage and simulated marketing at different temperature conditions in 'Hanareum' pears. CNU Journal of Agricultural Science 40:191-196. [in Korean]
- Lee UY, Oh KS, Bae TM, Chun JP. 2014a. Response of 1-methylcyclopropene treatment on early season 'Hanareum' and Mid-season 'Manpungbae' Asian pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Protected Horticulture and Plant Factory 23:212-220. [in Korean]
- Lee UY, Oh KS, Choi JH, Ahn YJ, Chun JP. 2014b. Changes of fruit quality and reduction of physiological disorders during shelf-life in early-season pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) fruits treated with aminoethoxyvinylglycine. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 32:193-201. [in Korean]
- Lee UY, Oh KS, Lim BS, Wang MH, Hwang YS, Chun JP. 2014c. Response of early-season Asian pear 'Hanareum' treated with GA₄₊₇ to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP). Korean Journal of Horticultural Science & Technology 32:645-654. [in Korean]
- Lee UY, Oh KY, Choi JH, Hwang YS, Choi JM, Chun JP. 2011. Evaluation of fruit quality during shelf-life at high temperature environment in 'Wonhwang' and 'Whasan' pears. Protected Horticulture and Plant Factory 20:233-240. [in Korean]
- Lee UY, Oh KY, Moon SJ, Hwang YS, Chun JP. 2012. Effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruit quality and occurrence of physiological disorders of Asia pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai), 'Wonhwang' and 'Whasan' during

- shelf-life. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 30:534-542. [in Korean]
- López Camelo AF, Gómez PA. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. pp. 534-537. Horticultura Brasileira v.22, n.3.
- Moon SJ, Lee SH, Han JH, Hwang YS, Chun JP. 2008. Effects of 1-MCP and storage condition on fruit quality of 'Whangkeumbae' pear during storage and simulated marketing. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 26:380-386. [in Korean]
- Oh KY, Lee UY, Moon SJ, Kim YO, Yook HS, Hwang YS, Chun JP. 2010. Transportation and distribution temperatures affect fruit quality and physiological disorders in "Wonhwang" pears. Korean Journal of Horticultural Science & Technology 28:434-441. [in Korean]
- Shin IS, Kang SS, Kim YK, Kim KH, Hwang HS, Shin YU, Cho KH, Kim JH, Kim HR. 2011. 'Changjo' Pear. Journal of American Pomological Society 65:167-169.
- Tamura F, Chun JP, Tanabe K, Morimoto M, Itai A. 2003. Effect of summer-pruning and gibberellin on the watercore development in Japanese pear 'Akibae' fruit. Journal of Japanese Society for Horticultural Science 72:372-377.