

저장고 내의 에틸렌 제거가 배 과실의 품질에 미치는 영향

김호철^{1*}·배강순¹·배종향¹·전경수²·홍종욱³

¹원광대학교 원예·애완동식물학부, ²원광대학교 생명환경학부, ³익산시농업기술센터

Effect of Ethylene Removal on Fruit Quality of Oriental Pear during Storage

Ho-Cheol Kim^{1*}, Kang Soon Bae¹, Jong Hyang Bae¹, Kyung Soo Jeon², and Jong Uk Hong³

¹Division of Horticulture and Pet Animal-Plant Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Division of Life-Environment, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

³Iksan Agricultural Development and Technology Center, Iksan 570-802, Korea

Abstract. The objective of this study was to examine effect of ethylene removal apparatus on fruit quality of 'Naitaka' pear (*Pyrus pyrifolia*) in case of a double storage of apples and pears in a storage room. Ethylene and carbon dioxide concentration were efficiently decreased by the ethylene removal apparatus. Fruit weight loss was high at double storage of apples and pears (DAP) in a storage room compared with storage of pears. Fruit core browning was 5~22.5% at the fruits in DAP, but as setting ethylene removal apparatus it was not occurred till 90 days after storage. Soluble solids content and fruit peel hardness were not different among the treatments. Accordingly, a double storage of apples and pears in a storage room is possible as setting ethylene removal apparatus.

Key words : *Pyrus pyrifolia*, ethylene removal apparatus, fruit core browning

*Corresponding author

서 언

과실 저장 중에 발생하는 장해 요인으로서는 재배지 토양 상태(Moon 등, 2002), 저장고 내 공기를 조성하고 있는 산소와 이산화탄소 조건(De Wild 등, 2003; Park 등, 1999), 에틸렌 가스, 수확 시 물리적 스트레스, 과숙, 저장 온도 등 다양하다. 이들 중 에틸렌은 식물의 노화나 과실 숙성(Agar 등 1999; Hiwasa 등, 2002)에 관여하며, 과실 과피 조직의 붕괴 현상을 일으켜 과실 부패를 가져와 농가 소득을 크게 감소시키고 있다. 저장 장해 양상은 연화과, 부패과, 과피 흑변과, 과심 갈변과, 과실무게 감소(Hwang 등, 1998) 등 다양하게 나타나고 있다. 이런 저장 장해는 수확기가 늦은 과실일수록 많이 발생하고, 재배 또는 수확 시 물리적 스트레스에 의한 과실 막투과성 증가나 세포벽(Agar 등, 1999) 및 펙틴 분해 효소의 활성화에 의한 산화 기작(Park 등, 1999) 등에 의해 에틸렌 생성을 유기(Chen 등 1997)하여 다발한다. 또한 장기 저장(Hwang 등, 1998), 부적합한 온도(Bower 등, 2003) 및 습도에 따른 호흡량 및 에틸렌 생성 증가(Chen, 등 1997)와 현재 많은 연구가 진행되고 있는 MAL나 CA 저장 시 저장고 내 부적합한 공기 조성, 특히 산소와 이산화탄소의 부적정 농도(De wild 등, 2003; Park 등, 1999)에 의한 장해과가 다수 발생하고 있다. 이러한 저장 장해는 수확 전 낙과 방지제에 칼슘염 혼용(Lee 등, 1993), 칼슘 화합물(Byun과 Chang, 1991; Moon 등, 1999), 1-methylcyclopropene(De wild 등, 2003; Trincherо 등, 2004) 등의 처리, 그리고 과실 피막제(Hwang 등, 1998) 처리, 에틸렌 제거 및 흡착제(Lee 등, 1994) 이용, 저장고 적정 환경 조성을 위한 관련 기기(Hwang 등, 1998; Park과 Lee, 2003) 설치 및 감압 저장 등에 의해 줄일 수 있다

하지만 현재 대부분 재배 농가의 저장고는 노후화되어 내부 공기 조성 조절이 불가능하고, 저장고 부족으로 2과종 이상 저장이 불가피한 경우가 많아 저장 피해가 심화되고 있다.

이에 본 연구는 과수 재배 농가에서 보유하고 있는 저장고 내에 이미 개발되어 판매되고 있는 에틸렌가스 제거기를 설치함으로써 에틸렌 및 유해 가스의 제거 효과를 구명하고 이에 따른 일반 저장고 내 사과와 배 과실의 동시 저장 가능성을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험 기간 설정 및 저장고 선정

시험 기간은 대부분 재배 농가의 저장 중인 과실이 설(구정)을 기점으로 판매가 종결되기 때문에 설이 늦은 해에 해당하는 2월 중순경까지 설정하였다. 저장고는 전북 익산시의 낭산면, 금마면 및 왕궁면 등 3곳의 과수 재배 농가에서 보유하고 있는 저온 저장고를 선정하였다(Fig. 1A). 낭산면의 저온 저장고에는 ‘신고’ 배만 저장하였고, 금마면과 왕궁면의 저온 저장고에는 ‘후지’ 사과가 저장된 상태에서 시료인 ‘신고’ 배를 동시에 저장하였다. 그 중에서 왕궁면의 저온 저장고에만 에틸렌가스 제거기를 설치하였다.

2. 에틸렌가스 제거기 선정 및 설치

에틸렌가스 제거기의 선정 방법은 과수 주산 단지의 농업기술센터의 협조를 얻어 에틸렌가스 제거기를 사용하고 있는 재배 농가를 방문하여 에틸렌가스 제거 효과에 대한 정보 및 자료를 종합하여 가장 적합하다고 판단되는 모델(ETHYLENO2030, J농민사랑, 한국)로 선정하였다. 본 모델은 저장고 내의 공기를 흡입하여 광촉매 분해에 의한 에틸렌 및 유해가스를 제거한 후 배기구를 통하여 나오는 기기이다(Fig. 1B). 설치시기는 사과 수확기(10월 하순)를 고려하여 2004년 10월 18일에 왕궁면의 사과 재배 농가의 저온 저장고 내 측면에 설치하였으며 공기 순환 장치는 천정에 설치하였다.

3. 처리 방법

처리 방법은 에틸렌가스 제거기를 설치한 사과 저장고에 배 동시 저장(DAPE), 에틸렌가스 제거기를 설치하지 않은 사과 저장고에 배 동시 저장(DAP) 및 배 단독 저장(control) 등 3 처리를 하였다(Table 1). 모든 처리는 단구제로 실시하였다.

저장 시험용 배 ‘신고’는 당년 9월 10일경 수확한 후 선과된 750g 정도의 상품과를 타농가의 배 저장고에 보관한 후 시험 개시 직전 선정된 저장고로 이동·저장하였다.

‘후지’ 사과의 수확이 끝난 후 11월 2일에 각 처리별로 저장하기 전에 모든 과실의 저장 후 과중 감소율을 측정하기 위해 각각의 과실에 대한 저장 전의 과중을 측정하였다. 조사 시기에 따른 특성 조사용 과실은 각 처리별로 40과씩 과실 수확용 상자에 넣어 구분하였다. 조사 시기는 각 처리별로 15일 간격으로 실시하였다.

저장고 내의 에틸렌 농도를 측정하기 위해 배를 넣은 수확용 상자 위에 가스 채집 봉지(Tedlar, TDC, Japan)를 올려놓은 후 저장고 밖으로 나와 30분 후에 에어 펌프(HY-DL001-A, CE, China)를 작동시켜 채집하였다. 공기 채집은 저장고 당 1회 2반복 실시하여 기체 크로마토그래피(gas chromatography, HP6890, USA)로 에틸렌 및 CO₂ 농도를 분석하였다.

과실 특성은 과중, 경도, 당도, 생리 장애 및 부패과 등을 조사하였다. 과중 감소율은 처리전의 과중과 저장 후의 과중 차이에 의한 백분율로 나타냈다. 경도는 직경 5 mm 팁을 장착한 간이

경도측정기(universal hardnessmeter)를 이용하여 과피 측정하였다. 당도는 굴절당도계(PR-100, ATAGO, Japan)를 이용하여 측정하였다. 생리 장애 및 부패과율은 과피의 상태와 과실을 종으로 자른 후 과육과 과심의 상태를 육안으로 관찰하여 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 저장고 내 공기 환경

사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기 설치 유무에 따른 저장고 내의 에틸렌 및 CO₂ 농도를 조사하였다(Table 2). 배만 저장했을 경우 에틸렌이 거의 측정되지 않아 저장 중 ‘신고’는 호흡에 의해 에틸렌이 발생이 적은 것이 입증되었다. 사과와 배를 동시에 저장한 경우 저장 기간이 길수록 에틸렌 발생량이 증가하는 경향을 보여 사과에서 에틸렌 발생이 많은 것을 알 수 있었다. 사과와 배 동시 저장 구는 에틸렌 제거기를 설치한 경우 저장 기간이 길수록 내부 에틸렌 농도가 다소 증가하였지만 에틸렌가스 제거기를 설치하지 않은 구에 비해 낮아 에틸렌 제거 효과를 나타내었다(Park과 Lee, 2003). 모든 저장고 내 CO₂ 농도는 대기 중 0.03%보다 높게 유지되어 저장고 내 과실의 호흡에 따라 그 농도가 증가된 것을 알 수 있었다. CO₂ 농도는 사과와 배 동시 저장 시 저장 기간이 길수록 증가하는 경향을 보였지만 에틸렌 제거구에서는 낮게 나타났다.

이 조사로 배 저장에서는 단독 저장이 가장 효율적이거나 저장고 부족에 따른 사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기의 설치는 저장고 내 유해 가스 제거에 효과가 있는 것으로 판단된다.

2. 저장 일수에 따른 과실 특성

사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기 설치 유무에 따른 배 과실의 과중 감소율을 조사하였다(Fig 2). 과중 감소율은 대조구에 비해 사과와 배 동시 저장 시 높았다. 이는 사과에서 발생한 에틸렌에 의해 배 과실의 호흡량이 증가하여 저장 양분의 소모가 많았기 때문으로 생각되었다. 반면에 사과와 배 동시 저장고에서 에틸렌가스 제거기의 효과가 나타나지 않은 것은 에틸렌가스 제거기에 의한 저장고 내 공기 강제 순환에 의해 수분 증발이 많았기 때문으로 생각된다.

과실 소비가 많은 설(구정)에 판매 전략을 위해 사과나 배의 경우 수확 후 100일 정도의 저장이 필요한데 무게 단위로 판매가 이루어지는 것을 고려하면 저장 중 과중 감소율이 5~6% 이상일 경우 농가 소득에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 이에 따라 저장고 내에 물을 뿌리거나 습도 조절기 설치 등의 적극적인 방법을 통해 상대 습도 85~90% 유지하여 과중 감소를 최소화해야 한다. 또한 동시에 생산 농가에서 저비용으로 이용할 있는 효율적인 대안을 마련하기 위한 연구가 적극적으로 진행되어야 할 것이다.

사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기 설치 유무에 따른 저장고 내 배의 과피경도 조사 결과(Table 3), 처리 간, 저장 일수 간에 뚜렷한 경향은 보이지 않았다. 이는 과실 특성, 수동 경도 측정기, 저장고의 노후화, 온도(Bower 등, 2003; Chen 등, 1997) 및 관리 미흡 등 다양한 오차 요인 때문으로 생각된다(Park과 Lee, 2003).

사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기 설치 유무에 따른 배 과실의 당도를 조사하였다(Table 4). 시험용으로 사용한 ‘신고’의 당도는 평균 13°Brix 정도로 매우 높은 편이었다. 모든 처리에서 저장 기간 동안 대부분 13°Brix 이상을 나타내었고, 처리 간 차이는 나타나지 않았다.

당도 측정과 함께 조사자를 포함한 10여명의 패널을 대상으로 식미 조사를 실시한 결과(자료

미제시), 사과와 배 동시 저장 시 다른 처리구에 비해 저장 후기로 갈수록 이취가 발생하여 식미가 좋지 않다는 반응을 보였다. 또한 사과와 배 동시 저장 시 과실 중에는 바람들이 현상이 다수 보이며 일부 성분의 감소(Cho 등, 2001)로 인하여 식미 평가에 영향을 준 것으로 생각되지만, 여기에 에틸렌 및 유해 가스의 영향이 있는지 더욱 정밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기 설치 유무에 따른 저장고 내 배의 과심갈변 발생률을 조사하였다(Table 5; Fig. 3). 배만 저장 시 저장 후 30일까지는 전혀 발생되지 않았으나, 45일부터 다소 발생하기 시작하여 90일에는 발생률이 10%였다. 그러나 사과 배 동시 저장에서는 과심갈변과가 저장 후 30일부터 90일까지 5~23%로 다소 많았다. 에틸렌 제거구에서는 저장 초기에 과심갈변과가 발생하지 않아 효과가 뚜렷하였고 과심갈변 정도도 적은 편이었다(data 미제시).

저장 중 부패과는 에틸렌가스 제거기를 설치하지 않은 사과와 배 동시 저장고에서만 발생하였다(Fig. 4). 상처에 의한 부패과는 검은 색을 띄었지만(data 미제시), 저장 중의 부패과는 검은 색은 띠지 않았고 과피와 과육이 물러지면서 2차 감염에 의한 콜로니가 형성되었다. 직경 10 mm이상의 원형 부패과는 대부분 과심부까지 물러지는 경향이였다.

따라서 동일 저장고 내에 사과와 배를 동시에 저장할 때에는 에틸렌가스 제거기를 설치하면 에틸렌 및 유해가스 제거, 부패과 발생 억제 등에 따른 과실 품질 저하를 줄일 수 있어 저장고의 활용도를 높일 수 있다.

적 요

사과와 배 동시 저장 시 에틸렌가스 제거기 설치에 따른 '신고' 배의 저장력을 조사하였다. 에틸렌 제거기에 의한 에틸렌과 CO₂ 제거효과가 뚜렷하였다. 과중감소율은 사과와 배 동시 저장한 경우에는 에틸렌가스 제거기 설치 유무에 관계없이 높은 경향이였다. 과심부 갈변과율은 사과와 배를 동시 저장한 경우에 5~22.5% 정도로 높았지만 에틸렌 제거구에서는 전혀 발생되지 않다가 저장 후 90일째부터 발생되었다. 처리에 따른 당도와 경도는 차이가 없었다. 저장고 내에 에틸렌가스 제거기를 설치하면 사과와 배를 동시에 저장할 수 있을 것으로 생각한다.

주제어 : 과심부 갈변, 배, 에틸렌제거기

사 사

본 논문은 2004년도 원광대학교 교비 지원에 의한 연구임.

인 용 문 헌

1. Agar, I.T., W.V. Biasi, and E.J. Mitcham. 1999. Exogenous ethylene accelerates ripening responses in Bartlett pears regardless of maturity or growing region. *Postharvest Biol. Technol.* 17:67-78.
2. Bower, J.H., W.V. Biasi, and E.J. Mitcham. 2003. Effect of ethylene in the storage environment on quality of 'Bartlett' pears. *Postharvest Biol. Technol.* 28:371-379.
3. Byun, J.K. and K.H. Chang. 1991. Effect of postharvest calcium infiltration and temperature on the incidence of disorders and fruit decay of 'Jonathan' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 32:484-489.
4. Chen, P.M., D.M. Varga, and T.J. Facticeau. 1997. Promotion of ripening of 'Gebhard' red 'd'Anjou' pears by treatment with ethylene. *Postharvest Biol. Technol.* 12:213-220.
5. Cho, M.D., Y.K. Kim, and H.S. Park. 2001. Characteristics of fruit flesh pithiness symptoms in 'Yumyeong' peach

- (*Prunus persica* (L.) Batsch). Kor. J. Hort. Sci. Technol. SUPPLEMENT (I):29.
6. De Wild, H.P.J., E.C. Otma, and H.W. Peppelenbos. 2003. Carbon dioxide action on ethylene biosynthesis of preclimacteric and climacteric pear fruit. J. Expt. Bot. 54(387):1537-1544.
 7. Hiwasa, K., Y. Kinugasa, S. Amano, A. Hashimoto, R. Nakano, A. Inaba, and Y. Kubo. 2002. Ethylene is required for both the initiation and progression of softening in pear (*Pyrus communis* L.) fruit. J. Expt. Bot. 54(383):771-779.
 8. Hwang, Y.S., Y.A. Kim, and J.C. Lee. 1998. Effect of postharvest application of chitosan and wax, and ethylene scrubbing on the quality changes in stored 'Tusugaru' apples. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:579-582.
 9. Lee, J.C., D.K. Lee, and J.Y. Moon. 1994. Studies on the integrated techniques for the fruit export increase. Research Report, Rural Development Administration, Korea.
 10. Lee, J.C., J.P. Chun, M.S. Ryou, and H. Park. 1993. Effect of calcium sources on the alleviation of the forced ripening and flesh softening by dichlorprop in 'Tsuagru' apples. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 34:185-293.
 11. Moon, B.W., J.S. Choi, and K.H. Kim. 1999. Effect of calcium compounds extracted from oyster shell on the occurrence of physiological disorder, pathogenic decay and quality in apple fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:41-44.
 12. Park, Y.M. and S.K. Lee. 2003. Ethylene removal program for quality maintenance of cold-stored 'Fuji' apples. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(3):203-208.
 13. Park, Y.S., C. Pelayo, and T. Agar. 1999. Effect of storage temperatures and CA conditions on physiological disorders and volatile production of asian pears during storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:563-566.
 14. Trincherro, G.D., G.O. Sozzi, F. Covatta, and A.A. Frascina. 2004. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene extends postharvest life of 'Bartlett' pears. Postharvest Biol. Technol. 32:193-204.

Table 1. The treated methods in this study were as follows.

Storage	Condition
Control	Storage of pears
DPA	Double storage of apples and pears
DPAE	Double storage of apples and pears setting ethylene removal apparatus

Table 2. Ethylene and carbon dioxide concentration by storage periods in storage rooms.

Storage ^z	Storage days							
	15		30		45		60	
	Ethylene (mg L ⁻¹)	CO ₂ (%)	Ethylene (mg L ⁻¹)	CO ₂ (%)	Ethylene (mg L ⁻¹)	CO ₂ (%)	Ethylene (mg L ⁻¹)	CO ₂ (%)
Control	0.04 a ^y	0.15 a	0.00 a	0.09 a	0.00 a	0.10 a	0.00 a	0.21 a
DPA	0.07 a	0.15 a	0.48 b	0.14 b	1.99 b	0.62 b	1.52 b	0.20 a
DPAE	0.13 a	0.15 a	0.16 c	0.14 cb	0.41 c	0.14 a	0.79 ab	0.14 b

^zSee Table 1.

^yMean separation within columns by LSD at 5% level.

Table 3. Changes of fruit hardness of pear after storage.

Storage ^z	Hardness of fruit peel (kg/Ø5 mm)			
	Storage days			

	15	30	45	60	75	90
Control	2.1 a ^y	2.2 a	2.1 a	2.0 a	2.0 a	1.9 a
DAP	1.9 b	2.1 a	1.9 b	1.9 a	2.0 a	1.9 a
DAPE	2.0 ab	2.1 a	2.0 b	1.9 a	2.0 a	1.9 a

²See Table 1.

³Mean separation within columns by LSD at 5% level.

Table 4. Soluble solids content of pear after storage.

Storage ²	Soluble solids content (°Brix)					
	Storage days					
	15	30	45	60	75	90
Control	12.9 a ^y	13.1 a	13.1 a	13.4 a	13.1 a	12.9 a
DAP	13.5 a	13.3 a	13.4 a	13.2 a	13.1 a	13.3 a
DAPE	13.2 a	13.2 a	13.7 a	13.2 a	13.6 a	12.9 a

²See Table 1.

³Mean separation within columns by LSD at 5% level.

Table 5. Core browning of pear fruit after storage.

Storage ²	Fruit core browning (%)					
	Storage days					
	15	30	45	60	75	90
Control	0.0	0.0	5.0	7.5	5.0	10.0
DAP	0.0	22.5	15.0	5.0	7.5	22.5
DAPE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5

²See Table 1.

³Mean separation within columns by LSD at 5% level.