

Aminoethoxyvinylglycine 및 열처리가 ‘후지’ 사과의 CA 저장 동안 과신품질에 미치는 영향

권현중¹ · 김목종¹ · 이진욱² · 최 철³ · 윤태명³ · 강인규^{3*}

¹국립원예특작과학원 사과시험장, ²미국 농무성 농업연구소 과수연구실, ³경북대학교 원예과학과

Effects of Aminoethoxyvinylglycine Application and Heat Treatment on Fruit Quality of ‘Fuji’ Apples during CA Storage

Hun-Joong Kweon¹, Mok-Jong Kim¹, Jinwook Lee², Cheol Choi³, Tae-Myung Yoon³, and In-Kyu Kang^{3*}

¹Apple Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Gunwi 716-810, Korea

²USDA-ARS, Tree Fruit Research Laboratory, Wenatchee, WA 98801, USA

³Department of Horticultural Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract. This study was carried out to investigate the effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) application and heat treatment on fruit quality of ‘Fuji’ apples during CA storage. AVG (75 mg·L⁻¹) was applied to ‘Fuji’ tree at 150 and 175 days after full bloom (DAFB) and the fruit were harvested at 185, 195, and 205 DAFB, respectively. Respiration rate and ethylene production of fruit applied with AVG were greatly reduced more than those in control. Flesh firmness and acidity of fruit applied with AVG were higher than those in control. Flesh browning occurred in all of the control fruit regardless of harvest date. However, AVG-treated fruits were free of flesh browning except for late harvested fruits. At 185 DAFB, ‘Fuji’ apples were harvested and prestorage heat treatment was done for 3 days at 38°C and 6 hours at 46°C. Heat treatment at 38°C and 46°C prior to CA storage greatly reduced respiration rate and ethylene production. The incidence of flesh browning were 35%, 14%, and 5%, in control fruit, heating at 38°C and 46°C, respectively. The titratable acidity was lower at heated apple than at controlled one.

Additional key words: ethylene, flesh browning, flesh firmness, harvest date

서 언

사과는 우리나라의 대표적 과실로 경제성장과 소득 수준의 향상과 건강에 대한 관심이 증대되고 있어 사과 소비는 양적인 면보다는 질적인 면을 중요시하게 되었다. 우리나라 ‘후지’ 사과는 수확 후 당년에 약 50% 정도가 소비되고, 나머지는 저장되어 이듬해에 소비되는데 특히, 4월 이후의 소비는 약 12%에 지나지 않는다(Park, 1996). 이와 같은 사과 소비의 편중현상은 대부분 저온저장에 의존하고 있기 때문에 이듬해 3월 이후의 과실은 품질이 저하된 상태로 출하되는 문제점이 있다. 따라서 고품질 과실을 연중 공급하기 위해서는 저장방법의 개선이 이루어져야 한다.

사과는 CA 저장이 가장 많이 적용되는 과실로써 CA 저장 환경은 품종에 따라 차이는 있으나, 일반적으로 온도 1-3°C, 1.5kPa의 산소와 3kPa의 이산화탄소 조건이 대부분의 사과 품종에 적합한 것으로 알려져 있다(Dilley et al., 1989; Meheriuk, 1990). CA 저장의 최적조건은 품종, 재배환경 등에 따라 다르나 우리나라 ‘후지’ 사과는 외국의 기술을 검증없이 적용하여 CA 저장에서 과육의 일부 조직이 갈변하는 저장장해가 발생하게 된다(Hwang et al., 1998; Kweon et al., 1998; Park and Lee, 1991; Park et al., 1997). 이러한 ‘후지’ 사과의 내부갈변 현상은 CA 저장의 실용화를 가로막는 하나의 요인으로 작용하고 있다. 사과 CA 저장 중 발생하는 갈변장해는 수확이 늦어지거나 성숙이 많이 진행된 과실일

*Corresponding author: kangik@knu.ac.kr

※ Received 18 June 2012; Revised 3 July 2012; Accepted 3 July 2012. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ007890)과 2010년 경북대학교 특별연구보조금지원에 의해 이루어진 것임.

경우 많이 발생하게 된다(Elgar et al., 1999; Lau, 1998; Lau et al., 1986). ‘후지’ 사과를 만개 후 170일경에 수확하여 CA 저장하였을 때는 저장장해는 발생되지 않았지만 착색이 불량하여 과실의 품질을 저하시키는 등 많은 문제가 있다(Kweon et al., 1998). 최근 1-methylcyclopropene(1-MCP)는 사과의 숙성을 지연시켜 저장성을 향상시키고 저장장해를 억제하지만 CA 저장 시 품종에 따라 1-MCP에 대한 반응은 다르게 나타난다고 하였다(Fan et al., 1999; Watkins et al., 2000). 에틸렌 생합성 억제제인 aminoethoxyvinylglycine (AVG)는 사과의 수확전 낙과방지, 저장성 향상 및 숙기 지연 등의 효과가 있고(Halder and Bangerth, 1987; Kang and Byun, 2002; Park et al., 1999), 열처리 시 사과의 껍질텐병이 감소하고 저장성이 향상된다고 하였다(Klein and Lurie, 1990, 1992, 1994).

따라서 본 연구는 ‘후지’ 사과의 저장력 향상을 위하여 저장 전 AVG처리와 열처리가 CA저장 동안 과실의 품질과 저장장해에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

‘후지’/M.9(8년생) 나무에서 수확한 ‘후지’ 사과를 수확 전 처리와 수확 후 처리에 따른 과실 품질과 저장성 향상에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 그리고 AVG 및 열처리 과실들은 CA저장 환경조성이 산소 2.5-3.0kPa, 이산화탄소 1-1.5kPa 및 저장온도 0°C인 CA 저장고에 6개월 동안 저장하면서 실험을 수행하였다.

AVG 처리 및 열처리

수확 전 처리는 AVG를 75mg·L⁻¹ 농도로 전착제(Silwet L-77, 0.1%; Loveland Inc., USA)를 사용하여 ‘후지’ 사과에 만개 후 150일(9월 24일)과 175일(10월 14일)에 2회 수체 살포한 다음 과실을 만개 후 185일(10월 24일), 195일(11월 3일) 그리고 205일(11월 13일)에 각각 3회에 걸쳐 수확하여 저장하였다.

수확 후 열처리는 ‘후지’ 과실을 만개 후 185일에 수확하여 당일 상온에 두었다가 수확 1일 후에 38°C에서 3일, 그리고 46°C에서 6시간 동안 각각 열처리한 후 저장하였다. 열처리 방법은 항온기를 이용하여 항온기 내의 공기를 순환시키면서 처리하였다.

호흡량 및 에틸렌 발생량

호흡량과 에틸렌 발생량을 조사하기 전에 과실을 1일 전

에 저장고에서 꺼내어 실온(25°C)에서 평형을 시킨 후 측정하였다. 호흡량과 에틸렌 발생량은 1.6L 밀폐용기에 한 개의 과실을 넣어 항온기에서 1시간 방치한 후 head space에서 1mL의 gas 시료를 채취하여 TCD(thermal conductivity detector)와 FID(flame ionization detector)를 장착한 gas chromatography(HP 6890, USA)로 분석하였다. Gas chromatography의 분석 조건은 Porapak Q(80/100 2m, Yoingin Frontier, Korea) column을 이용하여 oven temperature 70°C, detector temperature 200°C, injector temperature 100°C로 설정하였으며, carrier gas는 He를 사용하였고, flow rate는 분당 20mL로 하였다. Internal ethylene은 1mL 주사기를 꽃받침 부위에 삽입하여 과실 내 gas 1mL를 채취하여 위와 동일한 방법으로 분석하였다.

과실 품질특성

과실 경도는 직경 8mm plunger를 장착한 물성분석기(Texture Analyzer, Model TA. XT2, England)를 사용하여 과실 적도면에 과피를 제거한 후 과실당 2회 측정된 값을 평균하여 Newton(N)으로 나타내었다.

가용성고형물 함량은 과실을 착즙하여 디지털 굴절 당도계(ATAGO, PR-101, Japan)를 사용하였고, 산 함량은 과즙 2mL에 증류수 5mL를 희석하여 0.1N NaOH로 적정한 후 사과산으로 환산하여 표시하였다.

과피의 착색정도는 색차계(JX-777)로 Hunter L, a, b 값으로 나타냈으며, 측정은 과실당 적도부의 3곳을 측정하여 평균값으로 나타내었다.

저장장해 발생률

과실의 적도부를 횡단면으로 절단하여 갈변된 과실을 전체 조사 과실에 대한 백분율로 나타내었다.

결과 및 고찰

AVG 처리에 따른 과실품질 변화

AVG 75mg·L⁻¹을 만개 후 150일과 175일에 수체에 살포한 후 과실을 만개 후 185, 195 및 205일에 각각 수확한 당시의 과실품질을 조사하였다. 수확 당시 ‘후지’ 과실의 적색도를 나타내는 Hunter a 값과 가용성 고형물 함량은 처리 과실 간에 차이를 보이지 않았다(Table 1). 그러나 산 함량은 AVG 처리 과실은 수확 시기 간에는 차이가 없었으나 어느 시기에서나 무처리에 비하여 높았다. 그리고 과실의 경도는 무처리 및 AVG 처리 간에는 차이가 없었으나 동일한 수확기에서는 AVG 처리과실이 무처리 과실보다 경도가

다소 높은 경향을 보였고, 수확시기가 늦어질수록 경도는 감소하는 경향을 보였다(Table 1). ‘쓰가루’ 과실에 수확 4 주전 AVG 처리는 과실의 성숙과 착색을 지연시키는 효과가 있었으나(Park et al., 1999) 본 실험에서는 차이가 인정되지 않았다. 이는 ‘후지’ 과실의 경우 착색이 불량해지는 것을 억제하기 위하여 AVG 살포시기를 과실의 착색이 진행되고 있는 시점에 적용하여 AVG 효과의 영향이 적었기 때문이라 사료된다.

저장 후 가용성 고형물 함량은 처리 간 차이를 보이지 않았고, 산 함량과 과실의 경도는 AVG 처리 과실에서 더 높게 유지되었다(Table 2). 산 함량은 만개 후 195일 수확 시에 무처리 0.22%였으나 AVG 처리 과실은 0.26%로 AVG 처리 과실이 매우 높았다. 그러나 만개 후 205일에 수확한 과실은 AVG 처리 과실도 무처리의 0.18%와 같이 산 함량이 급격히 감소하였다. 과실의 경도는 AVG 처리 과실이 무처리 과실에 비해 더 높게 유지되었으나 수확시기가 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다. 그리고 과실 내부 갈변 발생은 AVG 처리 과실은 만개 후 185일과 195일 수확에

서 저장장해가 발생하지 않았고, 만개 후 205일에 수확한 과실에서 4월 조사 시에 10%의 발생률을 나타내었다(Table 2). 이에 비해 무처리 과실은 4월 조사 시에 만개 후 185일, 195일, 205일에 수확한 과실에서 각각 3, 5, 22%의 저장장해가 발생하였다. ‘후지’ 사과와 CA 저장 중 발생하는 갈변 장애는 수확이 늦어지거나 성숙이 많이 진행된 과실에서 발생이 많았다는 결과(Kweon et al., 1998; Park and Lee, 1991)와 동일한 결과를 보였다. 따라서 수확 전 AVG 처리는 CA 저장한 ‘후지’ 사과의 저장장해 방지에 효과가 있는 것으로 판단되었다. 에틸렌 생합성 억제제인 AVG는 사과의 수확 전 낙과방지, 저장성 향상에 효과가 있으나(Andrew et al., 2006; Autio and Bramlage, 1982; Halder and Bangerth, 1987; Kang and Byun, 2002; Park et al., 1999; Williams, 1980) 수확시기가 늦어질 경우 산 함량이 감소하고 내부 갈변이 발생하는 것으로 보아 CA 저장 시 만개 후 195일 이전에 수확하는 것이 바람직하다고 판단된다.

CA 저장 중 과실의 호흡량 변화를 보면, 수확 시에는 처리 간에 큰 차이를 보이지 않았으나, 저장기간이 길어질수

Table 1. Effects of AVG application on the color and the quality of ‘Fuji’ apples at harvest.

Treatment	Harvest maturity (DAFB) ^z	Hunter value			Soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Firmness (N)
		L	a	b			
AVG (A)	185	45	20	13	12.6	0.29	31.06
	195	45	19	13	12.9	0.29	30.06
	205	42	21	14	13.0	0.29	28.46
Untreated (B)	185	44	22	13	12.5	0.26	31.36
	195	42	21	12	13.3	0.25	29.86
	205	43	20	13	13.0	0.25	27.96
Significance	A	ns	ns	ns	ns	ns	*
	B	ns	ns	ns	ns	*	*
	A × B	ns	ns	ns	ns	*	ns

^zDAFB: Days after full bloom.

ns,*Nonsignificant or significant at $P = 0.05$, respectively.

Table 2. Effects of AVG application on the fruit quality and the incidence of flesh browning of ‘Fuji’ apples after CA storage for 6 months.

Treatment	Harvest maturity (DAFB) ^z	Soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Firmness (N)	Incidence of disorder (%)	
					Investigation date	
					March 20	April 20
AVG (A)	185	13.6	0.26	30.16	0	0
	195	13.0	0.26	28.86	0	0
	205	13.0	0.18	27.96	7	10
Untreated (B)	185	13.6	0.24	29.96	2	3
	195	13.1	0.22	28.16	2	5
	205	13.5	0.18	26.77	17	22
Significance	A	ns	*	*	*	*
	B	ns	*	*	*	*
	A × B	ns	**	*	**	**

^zDAFB: Days after full bloom.

ns,*,**Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01$, respectively.

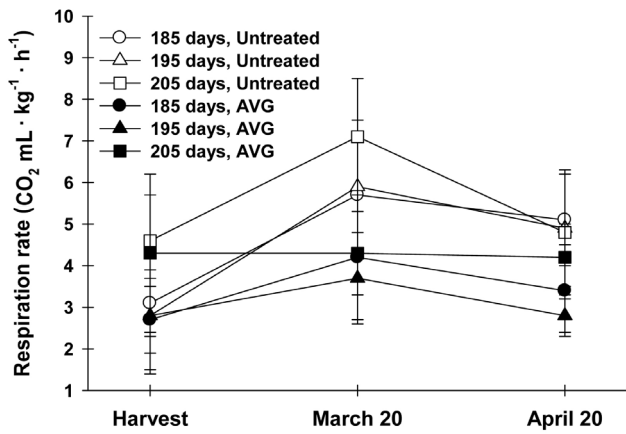


Fig. 1. Effect of AVG application on the respiration rate of 'Fuji' apples during CA storage. Vertical bars indicate standard errors (n = 3).

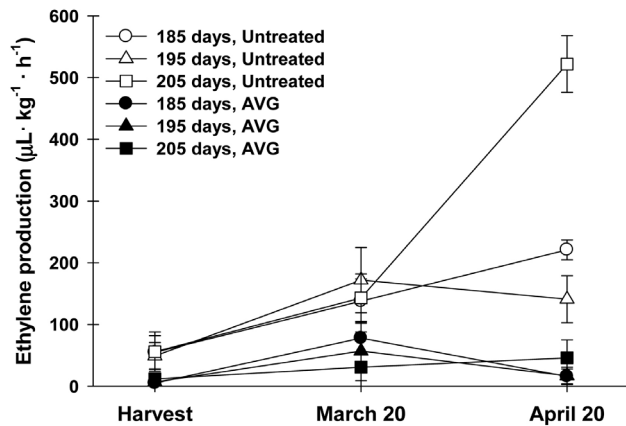


Fig. 2. Effect of AVG application on the ethylene production of 'Fuji' apples during CA storage. Vertical bars indicate standard errors (n = 3).

록 무처리과실에 비하여 AVG 처리 과실에서 호흡량이 낮았다. 특히, AVG 처리시기가 빠를수록 호흡량이 낮아지는 결과를 보였다(Fig. 1). 에틸렌 발생량은 수확 시와 저장기간 동안 AVG 처리 과실이 무처리 과실에 매우 낮았다(Fig. 2). 저장 중 AVG 처리 과실의 에틸렌 발생량은 수확 시에 비해 다소 증가하기는 하였으나 상승폭은 매우 적었고, 무처리 과실은 저장기간이 길어질수록 매우 증가하였다. 특히, 수확 시기가 늦은 만개 후 205일에 수확한 과실에서는 매우 높은 발생량을 나타내었다. 내생에틸렌 발생량은(Fig. 3) 에틸렌 발생과 동일한 경향으로 AVG 처리 과실에서는 수확시기에 따른 차이는 크지 않았고, 저장 중 내생에틸렌 발생량의 증가도 매우 적었다. 그러나 무처리 과실에서는 만개 후 205일에 수확한 과실이 185일과 195일에 수확한 과실에 비해 내생에틸렌 발생이 현저히 증가하였다. 따라서 '후지' 과실에 AVG를 처리할 경우 무처리과실에 비하여 경도가 저하를 지연시켰으며 또한 에틸렌발생량을 억제시켜 10일 이상 과

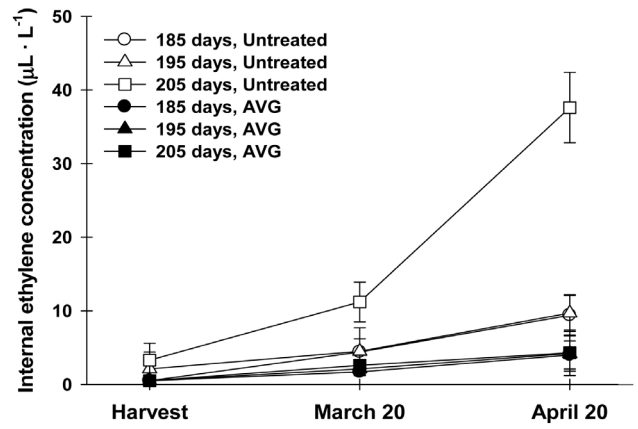


Fig. 3. Effect of AVG application on the internal ethylene concentration of 'Fuji' apples during CA storage. Vertical bars indicate standard errors (n = 3).

실의 성숙을 지연시킬 수 있었다. AVG는 에틸렌 생합성억제제로 '쓰가루'와 '홍월' 과실의 호흡량과 에틸렌 발생량을 억제한다(Andrew et al., 2006; Kang and Byun, 2002; Kang et al., 2007; Park and Youn, 1999) 결과로 '후지' 과실에서도 호흡량과 에틸렌 발생량을 억제하여 장기간 과실의 저장성을 유지시키는 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

열처리에 따른 과신품질 변화

저장 전 열처리가 '후지' 사과와 CA 저장 시 과실의 품질과 저장장해 발생에 미치는 영향을 구명하기 위하여 각각 38°C에서 3일 처리한 구와 46°C에서 6시간 처리한 구를 저장실험에 사용하였다.

열처리 직후의 과실의 착색변화를 보면, 명도를 나타내는 Hunter L 값은 38°C에서 3일 동안 처리한 과실과 46°C에서 6시간 처리한 과실은 처리 전에 비해 다소 낮아졌다(Table 3). Hunter a 값은 처리 전이 21.1이었으나 38°C 처리구는 22.1, 46°C 처리구는 23.5로서 다소 높아지는 경향이 있었다. 그리고 Hunter b 값은 38°C 처리에서는 높아지는 경향이 있었으나 통계적 유의성은 없었다. 이같은 결과는 열처리는 처리전보다 적색이 향상되는 경향이 있었지만 탁한 적색으로 된 것을 의미하고 있어 과신품질이 향상된 결과는 아니라고 판단된다. 과실의 경도는 처리 전 35.55N에서 38°C와 46°C로 처리구에서는 각각 36.25N과 36.95N으로 더 높은 경향을 보였고, 가용성 고형물 함량은 처리 간 차이가 없었다(Table 3). 그러나 산 함량은 처리 전에는 0.34%였으나 38°C와 46°C 열처리 후에는 각각 0.32%와 0.31%로 감소하였다. 열처리는 저장 동안 과실의 경도를 향상시키고 (Lurie and Klein, 1992; Porritt and Lidster, 1978), 또한 과실 세포막의 투과성이 일시적으로 변하게 되어 과실의 조직을 다소 질겨지게 한 원

Table 3. Effects of prestorage heat treatment on the color and quality of 'Fuji' apples.

Treatment	Hunter value			Firmness (N)	Titratable acidity (%)	Soluble solids (°Brix)
	L	a	b			
Untreated	48.5 a ²	21.1 a	17.5 a	35.55 a	0.34 a	15.0 a
38°C, 3 d	47.3 a	22.1 ab	19.2 a	36.25 b	0.32 b	14.9 a
46°C, 6 h	47.0 a	23.5 b	17.7 a	36.95 b	0.31 b	15.0 a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* = 0.05.

Table 4. Effects of prestorage heat treatment on fruit quality and the incidence of flesh browning of 'Fuji' apples after CA storage for 180 days.

Treatment	Soluble solids (°Brix)	Titratable acidity (%)	Firmness (N)	Flesh browning (%)	
				Storage periods (day)	
				90	180
Untreated	14.9 a	0.29 b	27.76 a	20 c	35 c
38°C, 3 d	14.9 a ²	0.25 a	30.80 b	5 b	14 b
46°C, 6 h	15.1 a	0.26 a	33.56 c	0 a	5 a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *P* = 0.05.

인으로 경도가 높아지는 것으로 추정되었다(Klein and Lurie, 1994).

열처리한 과실을 CA 저장하였을 때 가용성 고형물 함량은 처리 간 차이가 없었으나, 경도는 열처리한 과실이 무처리에 비해서 높게 유지되었다(Table 4). 열처리는 저장 동안 과실의 경도 유지에 효과적이며(Lurie and Klein, 1992; Porritt and Lidster, 1978), 사과 과실에서 열처리 온도가 높을수록 산 함량이 감소하였다(Lurie et al., 1992). 본 실험에서도 산 함량은 무처리에 비해 낮았지만 38°C와 46°C의 열처리 온도에 따른 차이는 없었다.

열처리한 과실들을 90일 동안 CA저장하였을 때 저장장해인 내부 갈변 증상은 38°C 처리구는 5%였고, 46°C 처리구에서는 전혀 발생하지 않았으나, 저장 180일 후에는 무처리는 35%로 높은 반면 46°C 처리구는 5%와 38°C 처리구는 14%로 90일간 저장에 비하여 증가하는 경향을 보였다(Table 4). 과실의 신선도 유지와 저장력을 증진시키기 위한 방법으로 저장 전 열처리는 여러 종류의 과실에서 후숙을 억제시키고, 생리적 장애 및 품질 저하를 줄일 수 있었다(Lurie, 1998). 특히, 사과 과실의 저장 전 38°C에서 열처리했을 때 과실의 연화를 억제하고(Klein and Lurie, 1990; Porritt and Lidster, 1978), 껍질텐병(Joshua and Lurie, 1994; Klein and Lurie, 1990; Lurie and Klein, 1992) 및 과실 내부 갈변(Porritt and Lidster, 1978) 같은 저장장해를 감소시킨다. 그리고 사과와 배 품종들에 44°C와 46°C에서 열처리하였을 때 경도는 증가하는 반면 산 함량은 감소하는 경향으로 처리온도가 높고, 처리 시간이 길어질수록 그 현상이 뚜렷하였다고 하였다(Klein and Lurie, 1990; Neven et al., 2000). 또한 저장 전

열처리와 칼슘침지의 복합 처리는 과실 경도(Lurie and Klein, 1992)와 저장장해 감소(Klein and Lurie, 1994)에 더 효과적이라 하였다. 본 실험에서 저장 전 과실의 열처리 온도는 38°C의 온도보다는 다소 높은 온도인 46°C가 과실의 경도유지와 과실 내부 갈변 발생을 억제시키는데 효과적임을 알 수 있었다.

열처리 후 CA 저장한 과실의 호흡량은 무처리 과실에 비해 열처리 과실에서 낮았고(Fig. 4), 에틸렌 발생량도 호흡량과 비슷한 경향으로 저장 180일째의 에틸렌 발생량이 무처리의 30.6 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 에 비해 38°C 열처리는 24.4 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 이었고, 46°C 열처리는 21.1 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 로 무처리에 비하여 감소하였다(Fig. 5). 이는 과실의 경도가 무처리보다 높게 유지되는 것(Table 4)과 연관이 있는 것으로 판단되었다.

앞에서 언급한 바와 같이 외국의 경우 사과 장기저장을 위하여 CA 저장이 안정적으로 수행되고 있으나 국내에서는 '후지' 사과의 경우 내부 갈변 발생으로 인하여 실용되지 못하고 있다. 따라서 AVG 처리 후 만개 195일 이전에 수확하여 CA 저장 시 과실품질을 유지하면서 저장장해인 내부 갈변 증상을 억제할 수 있었고, 열처리는 CA 저장 시 저장장해를 감소시키는 효과를 보였으나 저장기간이 길어질수록 저장 장해율이 증가하는 것은 저장환경인 CO₂ 농도를 1-1.5%로 다소 높게 설정한 원인과 저장장해를 유발하기 위하여 수확시기를 만개 후 185일로 지연시킨 결과로 추정된다. 따라서 국내에서도 CA 저장 시 저장장해인 내부 갈변을 방지하고 상품성을 유지하기 위해서는 과실의 수확시기 조절은 물론 CO₂ 농도를 1% 이하로 재조정하고 또한 AVG 처리농도 및 처리시기 그리고 열처리에 대한 더 세밀한 연구

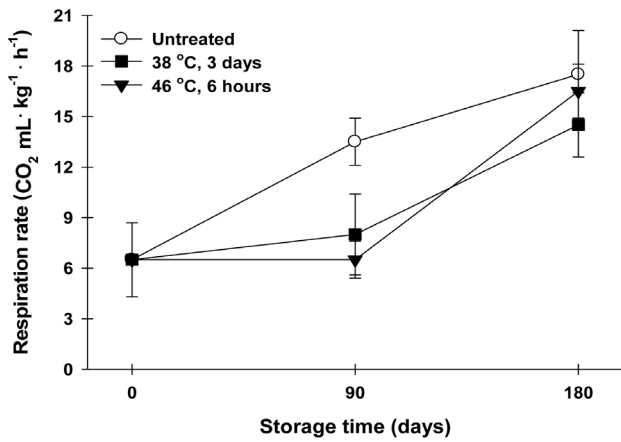


Fig. 4. Effect of prestorage heat treatment on the respiration rate of 'Fuji' apples in CA storage for 6 months. Vertical bars indicate standard errors (n = 3).

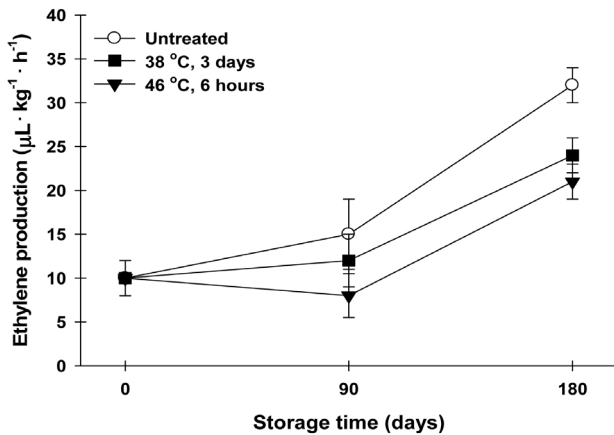


Fig. 5. Effect of prestorage heat treatment on the ethylene production of 'Fuji' apples in CA storage for 6 months. Vertical bars indicate standard errors (n = 3).

가 진행된다면 CA 저장을 실용화할 수 있을 것으로 사료된다.

초 록

‘후지’(M.9, 8년생) 나무를 대상으로 ‘후지’ 사과에 수확 전 AVG처리와 수확 후 열처리에 따른 과실의 저장성 향상에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 실험을 수행하였다. ‘후지’ 사과에 AVG 75mg · L⁻¹을 만개 후 150일과 175일에 처리한 후 과실을 만개 후 185일부터 10일 간격으로 3회에 걸쳐 수확하여 저장하였을 때, 호흡량과 에틸렌 발생량은 AVG처리 과실이 무처리 과실에 비해 현저히 낮았다. 그리고 산 함량과 경도는 더 높게 나타났다. 내부 갈변은 무처리 과실에서는 모두 발생하였지만, AVG 처리 과실은 마지막 수확 일을 제외하고는 발생하지 않았다. ‘후지’ 사과를 38°C에서 3일, 46°C에서 6시간 동안 열처리 후 CA 저장하였을 때 호흡량과 에틸렌 발생량은 무처리 과실에 비해 현저히

억제되었다. 내부 갈변 발생률은 46°C 열처리(5%)와 38°C 열처리(14%)가 무처리(38%)에 비해 적었다. 그러나 산 함량은 열처리한 과실이 무처리 과실에 비해 낮았다.

추가 주요어 : 에틸렌, 과실 내부 갈변, 과실 경도, 수확 시기

인용문헌

- Andrew, C.R., I.K. Kang, C.H. Park, W.J. Yoo, and J.K. Byun. 2006. Foliar application of AVG delays fruit ripening and reduces pre-harvest fruit drop and ethylene production of bagged 'Kogetsu' apples. *Plant Growth Regul.* 50:91-100.
- Autio, W.R. and W.J. Bramlage. 1982. Effects of AVG on maturation, ripening, and storage of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:1074-1077.
- Dilley, D.R., E. Lange, and K. Tomala. 1989. Optimizing parameters for controlled atmosphere storage of apples, p. 1-16. In: J.K. Fellman (ed.) *Proceedings of the 5th International CA Research Conference*. University of Idaho Press, Moscow, Idaho.
- Elgar, H.J., C.B. Watkins, and L. Nagin. 1999. Harvest date and crop load effects on a carbon dioxide-related storage injury of 'Braeburn' apple. *HortScience* 34:305-309.
- Fan, X., S.M. Blankenship, and J.P. Mattheis. 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:690-695.
- Halder, D.H. and F. Bangerth. 1987. Inhibition of autocatalytic C₂H₄-biosynthesis by AVG applications and consequences on the physiological behavior and quality of apple fruits in cool storage. *Sci. Hort.* 33:87-96.
- Hwang, Y.S., I.I. Kim, and J.C. Lee. 1998. Effects of harvest maturity and storage environment on the incidence of water-core, flesh browning, and quality in 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:569-573.
- Joshua, D.K. and S. Lurie. 1994. Time, temperature, and calcium interact in scald reduction and firmness retention in heated apples. *HortScience* 29:194-195.
- Kang, I.K. and J.K. Byun. 2002. Effect of aminoethoxyvinylglycine dipping treatment on storability of 'Tsugaru' apple fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:306-308.
- Kang, I.K., J.K. Byun, H.J. Kweon, M.J. Kim, S.I. Kwon, M.Y. Park, D.H. Lee, C. Choi, and D.G. Choi. 2007. Effect of aminoethoxyvinylglycine on preharvest drop, fruit color, and quality of 'Tsugaru' apple. *Hort. Environ. Biotechnol.* 48:159-164.
- Klein, J.D. and S. Lurie. 1990. Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:584-587.
- Klein, J.D. and S. Lurie. 1992. Prestorage heating of apple fruit for enhanced postharvest quality: Interaction of time and temperature. *HortScience* 27:326-328.
- Klein, J.D. and S. Lurie. 1994. Time, temperature, and calcium interact in scald reduction and firmness retention in heated apples. *HortScience* 29:194-195.
- Kweon, H.J., H.Y. Kim, O.H. Ryu, and Y.M. Park. 1998. Effects of CA storage procedures and storage factors on the quality

- and the incidence of physiological disorders of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:35-39.
- Lau, O.L. 1998. Effect of growing season, harvest maturity, waxing, low O₂ and elevated CO₂ on flesh browning disorders in 'Braeburn' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 14:131-141.
- Lau, O.L., R. Yastremski, and M. Meheriuk. 1986. Influence of maturity, storage procedure, temperature and oxygen concentration on quality and disorder of 'McIntosh' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:93-96.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 14:257-269.
- Lurie, S. and J.D. Klein. 1992. Calcium and heat treatment to improve storability of 'Anna' apples. *HortScience* 27:36-39.
- Meheriuk, M. 1990. Controlled atmosphere storage of apples: A survey. *Postharvest New Inf.* 1:51-54.
- Park, Y.M. 1996. Internal breakdown of 'Fuji' apples during CA storage. *Postharvest Hort.* 6:22-24. (In Korean)
- Park, M.Y., H.J. Kweon, I.K. Kang, and J.K. Byun. 1999. Effects of AVG application on harvest time extension and storability improvement in 'Tsugaru' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:577-580.
- Park, Y.M., H.J. Kweon, H.Y. Kim, and O.H. Ryu. 1997. Preharvest factors affecting the incidence of physiological disorders during CA storage of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38:725-729.
- Park, Y.M. and S.K. Lee. 1991. Susceptibility of 'Fuji' apples to low-oxygen injury and high-carbon dioxide injury during CA storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 33:38-43.
- Park, Y.M. and S.W. Youn. 1999. Changes in postharvest physiology in relation to the incidence of CA disorders during CA storage of 'Fuji' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:56-69.
- Porritt, S.W. and P.D. Lidster. 1978. The effect of prestorage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:584-587.
- Watkins, C.B., J.F. Nock, and B.D. Whitaker. 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biol. Technol.* 19:17-32.
- Williams, M.W. 1980. Retention of fruit firmness and increase in vegetative growth and fruit set of apples with aminoethoxyvinyl glycine. *HortScience* 15:76-77.