

## MA 포장내 에틸렌 흡착 처리가 단감 '부유'의 선도유지에 미치는 영향

안광환 · 하영래\* · 손길만 · 송원두 · 서광기 · 최성진\*\*  
경남농업기술원, \*경상대학교 농화학과, \*\*대구효성카톨릭대학교 생명자원학부

### The Effects of Ethylene Absorbent on the Quality of 'Fuyu' Persimmon Fruits in MA Package

Gwang-Hwan Ahn, Yeong-Le Ha\*, Gil-Man Shon, Won-Doo Song,  
Kwang-Ki Seo and Seong-Jin Choi\*\*

Sweet Persimmon Experiment Station, Kyeongnam ARES

\*Department of Agricultural Chemistry, Gyeongsang National University

\*\*Department of Plant Breeding, Catholic University of Taegu-Hyosung

#### Abstract

The study was performed to elucidate the effects of ethylene-absorbent on the quality of 'Fuyu' persimmon fruits in the MA package. Five persimmons were packed in a MA package film (low density polyethylene, 0.055 mm film thickness), and stored at  $-0.5^{\circ}\text{C}$  for 60 days. Two persimmons were repacked in a MA package with or without ethylene absorbent (1 M  $\text{KMnO}_4$ +zeolite) and stored at  $-0.5^{\circ}\text{C}$ . Ten days later, these packages was moved to  $2^{\circ}\text{C}$  or  $25^{\circ}\text{C}$  storage room to examine the effect of the ethylene-absorbent on the quality of the fruits. Ethylene removal by enclosed ethylene absorbent in MA packaging reduced the rate of fruit respiration at  $25^{\circ}\text{C}$ , so that  $\text{O}_2$  and  $\text{CO}_2$  concentration in packing were maintained higher and lower, respectively, compared to control. These effects were not observed, however, in  $2^{\circ}\text{C}$  post-storage. Fruit firmness and sugar composition were also influenced by ethylene absorbent, showing more delayed flesh softening and higher sucrose concentration in ethylene absorbent treated fruits than control. But ethylene-absorbent treatment lowered glucose and fructose concentration. That shows that ethylene could influence on sugar composition by inhibiting sucrose inversion to glucose and fructose. The production of ethanol and acetaldehyde was reduced by ethylene removal, but the effect was not so high as other quality indices.

Key words : persimmon, softening, respiration, ethylene absorbent

#### 서 론

과실의 유통 중 일어나는 연화현상은 과실 고유의 식미를 저하시켜 상품성을 떨어뜨리는 주요한 원인이 되며 이러한 현상은 식물의 성숙과 노화를 촉진하는 가스상의 호르몬인 에틸렌의 작용과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다<sup>(1,2)</sup>. 특히 호흡상승형 과실의 성숙은 에틸렌의 생합성 증가와 밀접한 관련이 있으며, 생체내 에틸렌 농도의 증가로 연화관련 효소의 mRNA

합성이 증진된다고 보고되어 있다<sup>(3-5)</sup>. 또한 물리 및 화학적 자극에 의하여 에틸렌이 생합성 되는데, 이를 상처에틸렌이라 한다. 이는 에틸렌 생합성과정 중 S-adenosyl-methionine(SAM)에서 1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)로 전환이 촉진되어 발생하는 것으로 알려져 있는데<sup>(6)</sup>, 감은 외부 자극 2시간 이후 상처에틸렌이 발생하는 것으로 보고되어 있다<sup>(7,8)</sup>. 감은 호흡상승형 과실로 알려져 있으나<sup>(7,8)</sup> 생육 초기나 녹색기에 에틸렌에 대하여 민감하게 반응하며, 성숙이 진행될수록 에틸렌에 대한 민감도가 낮아지는 것으로 보고되어 있고<sup>(9)</sup>, 수확된 감의 외부에서 에틸렌을 처리할 경우 과실의 경도는 급속히 감소되며, 감소의 정도는 녹색기 과실에 더 심한 것으로 보고되었다<sup>(10)</sup>. MA포장내 에틸렌제거가 과실 품질저하에 미치는 온도의 영

Corresponding author : Gwang-Hwan Ahn, Sweet Persimmon Experiment Station, Kyeongnam ARES, 262-1 Woodng, Jin-young, Kimhae, Kyeongnam 621-800, Korea  
Tel : 82-55-343-4233  
Fax : 82-55-346-0441  
E-mail : ahngh@komet.net

향을 감소시키는 효과가 있다고 보고된 바 있다<sup>(11)</sup>.

국내 단감의 재배면적은 '98년 현재 23,500 ha로 '90년 대비 2.4배가 증가하였고, 생산량은 208,900 ton으로 3.2배 이상 증가하였다. 또한 '98년부터 수출량이 매년 크게 증가하여 '98년 764 ton, '99년 약 2,500 ton이 수출되었다. 그러나 국내단감의 주요 수입국이 싱가포르 등 동남아 열대지방에 편중되어 있어 현지에서 유통 시 고온에 의한 생리장해와 발생이 유통상의 문제점으로 대두되어있으며, 특히 국내에서 저온 저장 후 수출되는 과실은 유통 중 연화나 과육갈변 등으로 수출확대에 걸림돌이 되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는  $-0.5^{\circ}\text{C}$  저온저장 60일 후  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 에틸렌제거유무에 따른 단감의 호흡량 차이를 조사하고,  $2^{\circ}\text{C}$ 와  $25^{\circ}\text{C}$  유통시 MA 포장 내부에 에틸렌 흡착제 처리가 과실의 선도유지에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

단감 시료는 1999년 경남 김해시 진영지역의 20~25년생 부유품종(*Diospyros kaki* cv. Fuyu) 과원에서 관행으로 재배하여 성숙기(11월 3일)에 수확한 과실 중 과중이  $200 \pm 10$  g이고, 색도(Japanese Color Chart)<sup>(12)</sup> 4~5인 것을 사용하였다.

### 저장 및 시료처리

공시과실을 저밀도 폴리에틸렌필름(두께 0.055 mm) 봉지에 5개씩 넣고 밀봉하여  $-0.5^{\circ}\text{C}$  저온 저장고에서 60일간 저장 후 호흡이 없는 우수한 과실을 선별하여 일부는 호흡량을 측정하고, 일부는 유통 조사를 위하여 저밀도 폴리에틸렌필름(두께 0.055 mm) 봉지에 2개씩 재 포장하였다. 이때 5g의 에틸렌흡착제(1 M  $\text{KMnO}_4$  100 mL+제올라이트 1 L)를 함유한 에틸렌흡착제 처리구와 에틸렌흡착제를 함유하지 않은 무처리구로 나누었다.

재포장 된 시료는 유통 전  $-0.5^{\circ}\text{C}$  저온 저장고에서 10일간 다시 저장한 후  $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 와  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  저장고로 이동시켜 유통 기간별 과육 경도, 과육내 당함량, 에탄올 및 아세트알데히드 농도와 포장내 공기조성( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ )을 조사하였다.

### 호흡량 측정

폐쇄계 호흡측정방법(Closed system method)<sup>(13)</sup>을 이용하여  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 측정하였다. 단감 과실을 1,400 mL

밀폐용기에 2개씩을 넣고 완전 밀폐한 후 시기별  $\text{CO}_2$  농도를 측정하여 호흡량으로 환산하였다. 이때 에틸렌 흡착제(1 M  $\text{KMnO}_4$  100 mL+제올라이트 1 L) 20 g을 처리한 에틸렌 제거구와 에틸렌 흡착제를 처리하지 않은 무처리구로 나누어 조사하였다.

### MA포장지 내 $\text{O}_2$ , $\text{CO}_2$ 및 에틸렌 농도 측정

포장지 내부의  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ 와 에틸렌 농도는 gas-tight 주사기를 사용하여 각 포장지 내부공기 1 mL를 채취하여 HP 5890 series II gas chromatograph(Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 이들 기체 분석 조건은 다음과 같다.  $\text{CO}_2$ 와  $\text{O}_2$  분석조건은 detector, TCD; column, CTR-1(Alltech Co., USA); column temperature,  $60^{\circ}\text{C}$ ; detector temperature,  $120^{\circ}\text{C}$ ; carrier gas, He(50 mL/min)이었고, 에틸렌 분석 조건은 detector, FID; column, 황성알루미나(GC Science Co., Japan. 1/8 inch  $\times$  2 mm); column temperature,  $60^{\circ}\text{C}$ ; detector temperature,  $250^{\circ}\text{C}$ ; carrier gas, He(20 mL/min)였다.

### 과육 경도 측정

과실 양쪽에 적도면의 과피를 두께 1 mm 정도 제거하고 Texture analyser(TA-XT<sub>2</sub>, Stable Micro Systems Co., England)로 5 mm 직경의 plunger를 1.0 mm/sec의 속도로 3-7 mm까지 침투시키는데 요구되는 평균 저항값을 kg로 표시하였다.

### 유리당 측정

유리당 함량은 과실의 가식부 착즙액을 증류수로 10:1로 희석하여 0.45  $\mu\text{m}$  membrane filter로 여과한 여액을 LC Module I plus HPLC(Waters Co., USA)를 이용하여 측정하였다. Detector, RI detector; Column, Carbohydrate Column(Waters Co., USA); Mobile phase, acetonitrile(80):water(20); 유량, 1.5 mL/min로 하였다.

### 에탄올과 아세트알데히드 측정

과실의 착즙액을 20 mL용량의 vial에 1 mL 넣은 후 실리콘 septum을 이용해 밀봉하여 이를  $60^{\circ}\text{C}$  항온수조에 넣고 20분간 반응 후 headspace gas를 0.5 mL 채취하여 HP 5890 series II gas chromatograph(Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 이때 내부 표준물질로 Ethylacetate를 사용하였고, 분석 조건은 detector, FID; column, Polapak Q(Chrompack Co., Netherlands); column temperature,

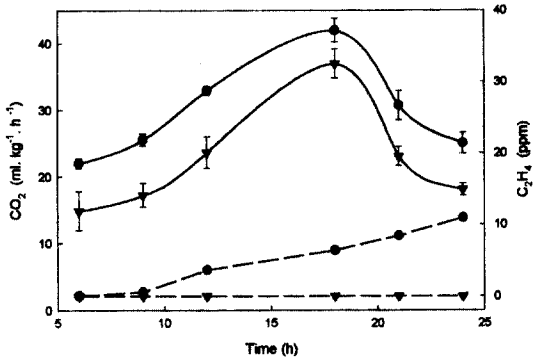
200°C; inject temperature, 200°C; detector temperature, 250°C; carrier gas, He(10 mL/min)였다.

**결과 및 고찰**

**에틸렌제거가 호흡에 미치는 영향**

과실의 성숙 과정에서 에틸렌은 과육의 연화를 유발하는 것으로 알려져 있다<sup>(1)</sup>. 또한 단감은 climacteric type의 호흡형을 가지는 작물로 호흡량의 증가와 함께 에틸렌 발생량이 증가하는 것으로 보고되어 있다<sup>(7,8)</sup>. 따라서 성숙과정에 발생한 에틸렌이 단감의 호흡량에 미치는 영향을 확인하기 위하여 폐쇄계 호흡측정방법<sup>(13)</sup>으로 호흡량의 변화를 측정하였다(Fig. 1). 호흡량 측

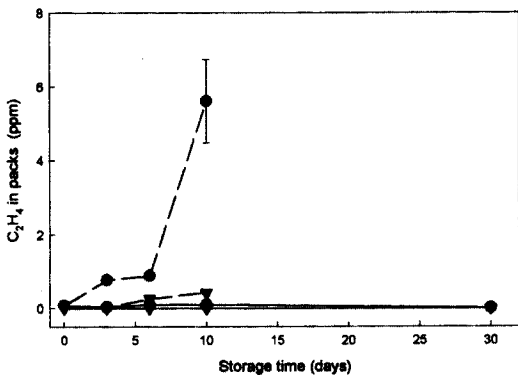
정 용기내에 과실에서 발생된 에틸렌을 제거하지 않은 무처리구와 이를 제거한 처리구 간에는 처리 12시간 후 무처리구에서 에틸렌농도가 3.7 ppm정도이고 호흡량이 33.0 mL · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>이었으나, 에틸렌을 제거한 처리구는 에틸렌이 측정되지 않았으며 호흡량은 23.6 mL · kg<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>으로 무처리구에 비해 72%정도 낮았다. 또 처리 3일 후 과실의 경도는 처리구 0.90 kg, 무처리구 0.61 kg로 조사되어(자료 미제시) 단감 과실에서 호흡량의 증가는 에틸렌과 관련이 있고, 또한 에틸렌이 과실의 연화와도 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 사실은 과실의 성숙 유발과 관련된 에틸렌의 일반적 작용에 대해 단감 과실 또한 예외가 아니며 에틸렌의 제거는 단감 과실에서 과육의 연화 등과 같은 품질 열화를 줄일 수 있음을 보였다.



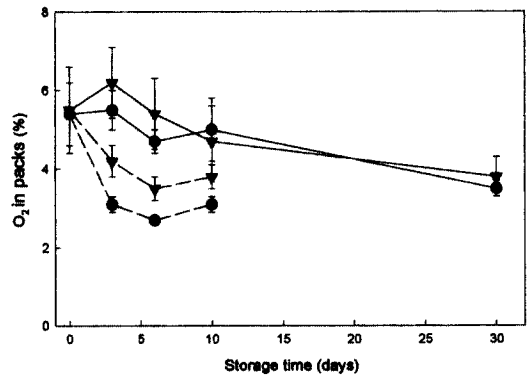
**Fig. 1. Changes in CO<sub>2</sub> evolution of the 'Fuyu' persimmon fruits and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> concentrations in closed containers at 25°C.** Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Solid lines and dashed lines represent CO<sub>2</sub> evolution and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> concentration, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

**에틸렌 흡착 처리와 온도에 따른 포장내 기체조성 변화**

에틸렌 흡착제 처리와 온도 조건에 따른 MA 포장내 에틸렌 농도 변화를 보면(Fig. 2), 에틸렌 흡착제를 처리하지 않은 구는 2°C에서 10일째 포장내 에틸렌 농도는 최고 0.1 ppm 수준이었고, 25°C에서는 5.61 ppm 수준으로 에틸렌이 측정되었다. 그러나 에틸렌흡착제를 처리한 2°C 처리구에서는 에틸렌이 검출되지 않았으며, 25°C에서도 포장내 0.43 ppm으로 무처리구에 비해 에틸렌 농도가 낮았다. 또한 MA 포장내 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도의 변화를 조사한 결과(Fig. 3, 4), 포장내 O<sub>2</sub> 농도는 2°C에서 에틸렌 흡착제 처리 및 무처리구 간에 차이 없이 3~7% 수준으로 유지되었으나, 25°C에서는 유통 3일 이후 최대 0.9%의 차이를 두고 처리구의 O<sub>2</sub> 농도가 높게 유지되었다. 또한 포장내 CO<sub>2</sub> 농도는



**Fig. 2. Changes in the C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> concentrations in packages of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C(—) and 25°C(---).** Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.



**Fig. 3. Changes in O<sub>2</sub> concentrations in the packages of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C (—) and 25°C(---).** Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

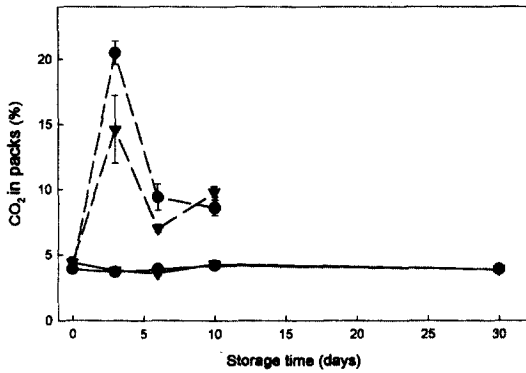


Fig. 4. Changes in CO<sub>2</sub> concentrations in the packages of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C (—) and 25°C(---).

Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

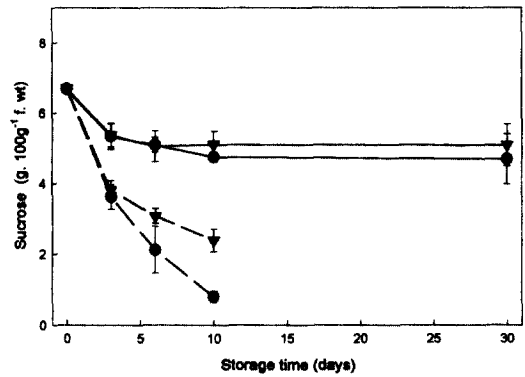


Fig. 6. Changes in sucrose concentrations of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C(—) and 25°C(---).

Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

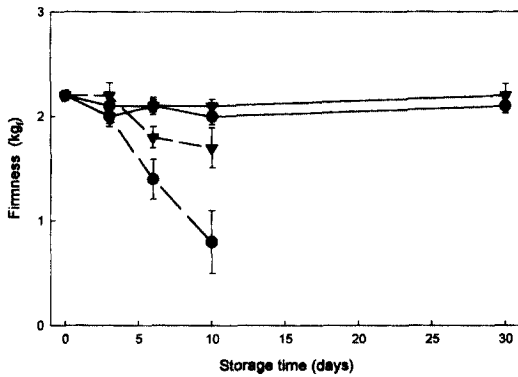


Fig. 5. Changes in flesh firmness during MA storage at 2°C(—) and 25°C(---).

Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

조사기간 중 2°C에서 에틸렌 흡착 처리 유무에 관계 없이 3~4%수준으로 일정하게 유지되었으나, 25°C에서는 에틸렌 흡착 처리구 및 무처리구에서 처리 3일째 각각 14.6% 및 20.5%로 처리간 차이가 있었다. 이는 에틸렌 흡착제 처리가 과실의 호흡량을 감소시킴에 따라 포장내 O<sub>2</sub> 농도의 감소 및 CO<sub>2</sub> 농도의 증가를 억제시키는 것으로 추정되었다. 그러나 2°C에서는 과실의 에틸렌 발생량이 적으므로 에틸렌 제거가 호흡에 미치는 효과가 크지 않으며, 따라서 포장지내 가스 조성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

에틸렌 흡착 처리와 온도에 따른 과육 경도 변화

단감은 과육을 먹을 때 음미되는 조직감이 품질의 중요한 척도가 되므로 과육의 경도는 소비자가 품질

을 측정하는 중요한 요인이다. Fig. 5는 에틸렌 흡착 처리와 유통온도가 과육 경도에 미치는 영향을 나타 내었다. 2°C에서는 에틸렌 흡착제 처리와 무처리구 모두 유통 30일 후 2.1±0.1 kg<sub>f</sub> 수준으로 처리간의 차이 없이 과육 경도가 높게 유지되었으나, 25°C에서는 유통 초기부터 에틸렌 흡착제 처리와 무처리구 간에 경도의 차이가 있었다. 유통 6일째 무처리구는 과육 경도가 1.4 kg<sub>f</sub>이었으나, 에틸렌 흡착제 처리구는 유통 10일째 1.7 kg<sub>f</sub> 수준으로, 에틸렌 흡착제 처리가 과실의 경도를 유지시키는 효과가 있음을 알 수 있었다.

에틸렌 흡착 처리와 온도에 따른 유리당 변화

감의 성숙 정도에 따른 당함량 변화에 대한 연구에서<sup>(14)</sup>, 성숙한 '부유' 단감의 주요 당은 glucose와 fructose이며, 이들은 성숙이 진행될수록 그 함량이 증가하고, 잎에서 합성된 sucrose는 과실로 이동될 때 glucose와 fructose로 분해된다고 보고하였다. 또한 과육내 sucrose함량은 성숙과정에 증가하다 과숙 되면 감소하는 것으로 보고하였다.

유통온도와 에틸렌 흡착제 처리 유무에 따른 단감의 유리당 함량 변화를 Fig. 6, 7, 8에 나타내었다. sucrose는 유통기간 중 감소하는 경향을 보였으며, 25°C에서 감소속도가 빨랐고 에틸렌 흡착제 처리시 sucrose의 감소를 억제하는 효과가 있었으며, 25°C에서 유통 10일 후 sucrose 농도가 무처리구에 비하여 약 3배정도 높게 유지되는 효과를 보였다. 그러나 glucose 및 fructose는 에틸렌 흡착제 처리시 sucrose의 감소 속도를 저하시킴으로써 유통 초기에는 오히려 무처리에 비하여 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 에틸렌 흡착 처

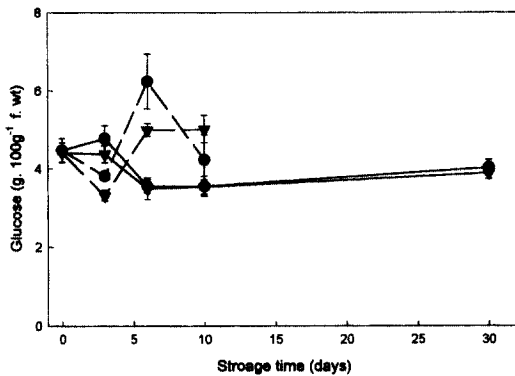


Fig. 7. Changes in glucose concentrations of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C (—) and 25°C (---). Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

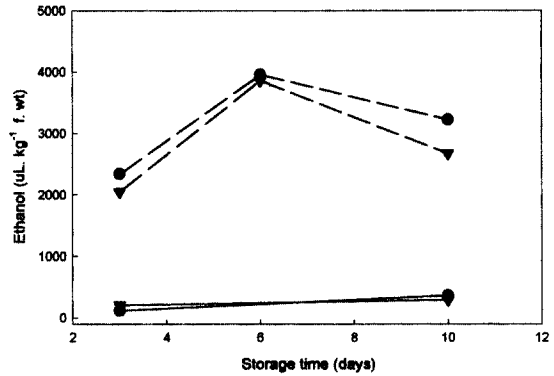


Fig. 9. Changes in ethanol concentrations of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C (—) and 25°C (---). Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively.

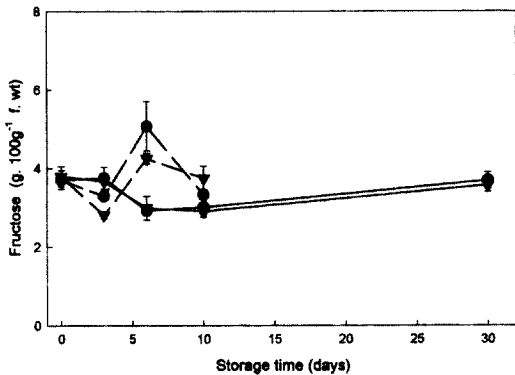


Fig. 8. Changes in fructose concentrations of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C (—) and 25°C (---). Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively. Vertical bars indicate ± SD.

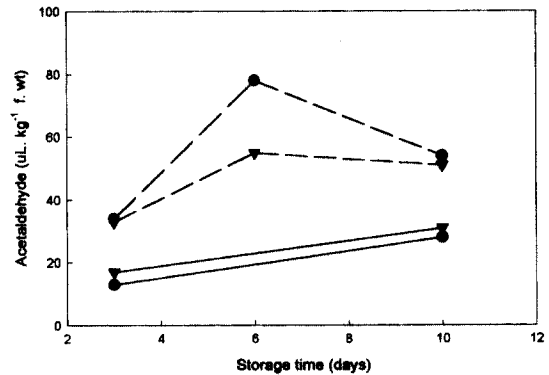


Fig. 10. Changes in acetaldehyde concentrations of the 'Fuyu' persimmon fruits during MA storage at 2°C (—) and 25°C (---). Triangles and circles represent with and without ethylene-absorbent, respectively.

리가 sucrose의 분해를 늦추므로 glucose 및 fructose의 생성이 감소함에 따라 나타나는 현상으로 생각되며, Mastui와 Kitagawa는 sucrose의 분해 효소인 invertase의 활성이 에틸렌의 영향을 받는 것으로 보고한 바 있다<sup>(11)</sup>. 또한 유통초기 glucose와 fructose의 함량이 크게 변화를 보이는 것은 과실의 호흡량과 관련이 있는 것으로 생각된다. 즉 조건에서 2°C와 25°C로의 급격한 온도변화가 발생되는데 이때 급격한 호흡량의 증가로 glucose와 fructose의 소모가 많아져서 유통초기 glucose와 fructose의 일시적 감소가 일어나는 것으로 판단된다.

에틸렌 흡착 처리와 온도에 따른 과육내 에탄올 및 아세트알데히드 변화

과육내 에탄올과 아세트알데히드는 무기 호흡의 결과로 발생하여 이취의 원인이 되는데, 특히 단감의 MA 저장 및 유통 시에는 포장내에 저산소와 고이산화탄소 조건으로 혐기성 호흡이 유발될 수 있으며<sup>(15)</sup> 과육내 에탄올 또는 아세트알데히드의 농도는 저산소 또는 고이산화탄소 장애의 정도를 나타내는 지표로 사용될 수도 있다<sup>(16,17)</sup>. 유통 기간 중 과육내 에탄올과 아세트알데히드의 농도는 2°C 조건에서는 낮은 수준을 유지하였으며 에틸렌 흡착제 처리의 효과도 뚜렷하지 않았다(Fig. 9, 10). 그러나 25°C 조건에서는 수일 이내에 고농도의 에탄올 및 아세트알데히드 축적이 관찰되었으며, 포장내 에틸렌을 흡착한 경우 에탄올 및 아세트알데히드의 농도는 감소하였으나 그 효과는 다

른 품질 지표에 비하여 크지 않은 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 단감의 호흡량, 과육 경도, 유리당 및 에탄올과 아세트알데히드 농도 변화는 에틸렌의 작용과 밀접한 관련이 있으며, 따라서 에틸렌 제거를 통하여 단감 품질 저하를 지연시키는 것이 가능한 것으로 생각된다. 특히 에틸렌 흡착제 처리의 효과는 저온에서 보다 고온에서 뚜렷하였으며 에틸렌 흡착제를 이용한 에틸렌의 제거는 단감 과실의 단기간 고온 유통시에 효과적으로 활용할 수 있을 것이다. 그러나 고온 유통시 MA포장내 에틸렌 흡착제처리가 에틸렌에 의한 품질저하를 근본적으로 방지하는 데는 한계가 있는 것으로 판단된다. 따라서 앞으로 단감의 선도유지에 관한 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 60일간 MA저온저장 후 2°C와 25°C의 다른 유통 온도 조건에서 MA포장내 에틸렌 흡착제의 처리가 단감의 선도유지에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

저장 후 25°C에서 폐쇄계 호흡측정방법으로 단감의 호흡량을 측정한 결과 에틸렌 흡착제 처리구가 무처리구에 비해 과실의 호흡량 증가를 완화시키는 것으로 조사되었다. 또한 MA 포장내 에틸렌 흡착제 처리가 유통 중 과실 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 25°C에서 에틸렌 흡착제 처리가 무처리구에 비해 포장내 O<sub>2</sub> 농도의 감소 및 CO<sub>2</sub> 농도의 증가를 억제시키는 것으로 조사되었다. 그러나 2°C에서는 과실의 에틸렌 발생량이 적으므로 에틸렌 흡착제 처리가 포장내 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다. 또한 25°C에서 포장내 에틸렌 흡착제 처리가 과실의 연화를 억제하는 효과가 있었다. 유리당 변화는 25°C에서 포장내 에틸렌 흡착제 처리가 무처리구에 비해 sucrose의 감소를 억제시키는 효과를 보였다. 그러나 glucose 및 fructose는 에틸렌 흡착제 처리 시 유통 초기에는 오히려 무처리에 비하여 낮아지는 경향을 보였다. 과육내 에탄올과 아세트알데히드의 농도는 25°C 유통시 고농도의 에탄올 및 아세트알데히드 축적이 관찰되었으며, 에틸렌 흡착제 처리 시 에탄올 및 아세트알데히드 농도는 감소하였으나 그 효과는 다른 품질 지표에 비하여 크지 않은 것으로 나타났다.

문 헌

1. Yang, S.F. Biosynthesis and action of ethylene. Hort-Science 20: 41-45 (1985)
2. Gross, K.C. Promotion of ethylene evolution and ripening of tomato fruit by galactoses. Plant Physiol. 79: 306-307 (1985)
3. Brecht, J.F. and Huber, D.J. Products released from enzymatically active cell wall stimulate ethylene production and ripening in preclimacteric tomato (*Lycopersicon esulentum*, M.) fruit. Plant Physiol. 88: 1037-1041 (1988)
4. Boller, T., Herner, R.C. and Kende, H. Assay for and enzymatic formation of an ethylene precursor 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Planta. 145: 293-303 (1979)
5. Lincoln, J.F. and Fisher, R.L. Diverse mechanisms for the regulation of ethylene-inducible gene expression. Mol. Gen. Genet. 212: 71-75 (1988)
6. Lau, O.L. and Yang, S.F. Stimulation of ethylene production in the mung bean hypocotyls by cupric ion, calcium ion, and kinetic. Plant Physiol. 57: 82-88 (1976)
7. Biale, J.B., Young, R.E. and Olmstead, A.J. Fruit respiration and ethylene production. Plant Physiol. 29: 168-174 (1954)
8. Akamine, E.K. and Goo, T. Carbon dioxide and ethylene production in diospyros discolor wild. HortScience 16: 519 (1981)
9. Akira, S., Yuriko, M. and Toru, M. Relationship between ethylene evolution and internal ethylene concentration in young fruits of persimmon. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 56: 236-241 (1987)
10. Kang, I.K., Chang, K.H. and Byun, J.K. Change in the components cell in persimmon fruits with ethylene treatment. Kor. J. Postharvest Soc. Technol. 5: 247-255 (1998)
11. Mastui, T. and Kitagawa, H. Effects of ethylene absorbent on invertase activity of persimmon fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 57: 507-512 (1988)
12. Yamazaki, T., Suzuki, S.M. and Otake, S. Color charts: Useful guide to evaluate the fruit maturation. II. Colorimetric specification of Color chart for kaki fruit, cv. 'Hiratanenashi' Bul. Fruit Tree Res. Stn. A. 8: 79-84 (1988)
13. Yam, K.L. and Lee, D.S. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce. p. 55-73 In: Active Food Packaging, Rooney, M. L. (ed), Blackie Academic & Professional London (1995)
14. Senter, S.D., Chapman, G.W., Forbus, JR. and Payne, J.A. Sugar and nonvolatile acid composition of persimmons during maturation. J. of Food Science 56: 989-991 (1991)
15. Lee, Y.M., Kwon, O.C., Cho, Y.S. Park, Y.M. and Lee, Y.J. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder MA storage of 'fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40: 585-590 (1999)
16. Nichols, W.C. and Patterson, M.E. Ethional accumulation and poststorage quality of 'Delicious' apples dur-

- ing short-term, low-O<sub>2</sub>, CA storage. HortScience 22: 89-92 (1987)
17. Ruth B.A. and Yohanan Z. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packag-

ing. HortScience 27: 811-813 (1992)

---

(2000년 7월 28일 접수)