

## 에테폰 처리가 자두과실의 성숙과 수확후 유통방법이 품질에 미치는 영향

임 병 선 · 이 종 석 · 최 선 태 · 김 영 배 · 이 재 창\* · 황 용 수\*

### Effect of ethphon treatment on the maturation of Plum fruits (*Prunus salicina*) and changes of the quality as affected by storage conditions

Byung-Seon Lim, Chong-Seok Lee, Seon-Tae Choi, Young-Bae Kim, Jae-Chang Lee and  
Young-Soo Hwang

*Storage and Utilization division, National Horticultural Research Institute,*

*\*Department of horticultural, Chungnam national University*

#### Abstract

In order to determine the physiological characteristics of plum fruits(Oishi wase) during maturation and quality according to temperature after harvest, (2-chloroethyl)phosphonic acid(ethphon) 390ppm was sprayed on plum tree 11days before commercial maturity in Suwon area. And also this study was acted to investigate fruits quality(Formosa) influenced by temperature(room, low) and polyethylene films(0.03, 0.06, 0.1mm).

1. Effect of ethphon on the fruits maturation and fruits(Oishi wase) quality according to temperature after harvest.

Ethephon stimulated fruits ripening but the firmness was reduced rapidly. Soluble solids and titratable acidity was not very different than each treatment. Carbon dioxide and ethylene production were advanced and the production peak were shown earlier by ethephon treatment as compared with control fruit. Anthocyanin development was enhanced rapidly by ethephon treatment but it exerted a bad influence on fruits color after harvest. The soluble sugars in fruits were mainly glucose, sucrose, and fructose. Those content were higher in treated fruit than control. The organic acid was mainly malic acid. The shelf life was less than about 5days at room temperature and about 10 days at low temperature.

2. Fruits(Formosa) quality as affected by polyethylene film bagging.

The polyethylene films well maintained the firmness both room and low temperature. Low temperature was more effective in maintaining titratable acidity than room temperature, especially polyethylene films. On the other hand, soluble solids content was not shown wide difference between room and low temperature.

Polyethylene film showed a high respiration rate, the rate was higher at room temperature than low temperature and thicker films revealed higher rate. Otherwise, ethylene production was low in all treatment.

Polyethylene film inhibited the coloration of fruits, decreased anthocyanin content. Fruits coloration delayed by low temperature in control. The shelf life of plum fruits was about 6 days at room temperature and 13 days at low temperature in control. Polyethylene film had no advantage on shelf life both at room and low temperature.

Key words : Plum, Fruit, Storage, Ethephon

## 서 론

자두과실의 국내 재배면적은 2,670ha로써 총과수 재배면적의 7번째 과실이며 생산량은 20,764톤에 이르나 아직 자두에 관한 국내 연구는 매우 미흡한 상태에 있다.

주산지는 경북 김천지역으로 조생종인 '대석조생'과 중생종인 '포모사'가 주로 재배되고 있는데 재배관리, 병충해 방지, 수확 및 수확후 관리 등이 확립되어 있지 않아 안정적인 자두 생산에 어려움을 겪고 있다.

특히 조생종인 '대석조생'의 경우는 수확시기를 앞당기면 매우 높은 가격으로 유통되어 소득이 증대되므로 농가에서는 에테폰을 처리하는 경우가 많은데 자두과실에 대한 합리적인 에테폰 처리 방법과 농도에 대한 기준이 마련되어 있지 않아 경우에 따라 낙과, 낙엽 등 약해가 발생하여 수확량 감소는 물론 자두나무의 수세를 약화시켜 다음해 결실에도 악영향을 미치는 경우가 종종 발생한다. 또한 에테폰은 아직까지 자두과실에 대한 생장조절제 품목고시가 이루어지지 않아 자두에 대한 에테폰의 처리에 관한 연구는 시급히 해결되어야 할 과제로 생각되며 더우기 자두과실은 수확후 연화현상이 급격히 이루어지므로 유통기간이 다른 과실에 비해 매우 짧기 때문에 신선도를 유지하기 위한 수확후 관리 방법이 모색되어야 할 것으로 생각된다. 이러한 실정에서 본 연구

에서는 에테폰 처리된 과실과 처리하지 않은 과실간의 유통 및 저장온도에 따른 성숙과 연화에 따른 생리적 차이를 살피고자 하였다.

또한 품질이 우수하여 경제성이 높은 포모사 품종을 공시하여 유통 및 저장기간을 증진시키고자 polyethylene film으로 밀봉하여 상온 및 저온조건하에서 경시적으로 생리적 변화를 조사함으로써 저장력을 증대시키기 위한 해결방안을 모색해보며 아울러 자두과실의 유통 및 저장에 기초적인 자료를 마련하고자 하였다.

토마토 과실과 같은 climacteric형 과실에서는 에틸렌은 polygalacturonase의 활성을 증대시키는 trigger 역할을 한다.[1] 고추에 에테폰 처리는 착색을 촉진시키며[2] 짧은감에 에테폰을 침지처리하면 과실의 연화를 촉진하게 되는데 특히 8~10℃ 보다는 18~20℃ 조건에서 연화가 촉진되며 에테폰 처리로 약 3일 정도에 연시를 만들 수 있다고 보고하였다[3]. 'Sour Cherry' 잎에 에테폰을 처리하여 24시간 후에 조사한 결과 무처리구보다 많은 에틸렌을 발생하였다.[4]'Avocado' 과실에서는 27℃ 이하에서 온도가 높을수록 에틸렌 생성이 많아짐과 동시에 연화도 촉진된다고 하였다.[5]

원예작물의 성숙양상은 호흡율의 변화에 따라 climacteric형 과실과 non-climacteric형 과실로 나눌 수 있는데 자두는 climacteric형 과실로 성숙 말기에 급격히 증가하는 시기가 있다. 이러한 호

흡 급증현상은 에틸렌과 연관이 있고 연화에 밀접한 관련이 있다. 특히 참다래는 미량의 에틸렌에도 영향을 받아 저장기간에 큰 변화를 보이는데 이는 에틸렌에 의한 조직의 연화가 급속히 발생하기 때문이다.[6]

Climacteric 형의 과실에 에틸렌을 처리하면 비록 즉각적인 에틸렌 생성이 유도되지 않더라도 처리 에틸렌 농도에 비례하여 자축매적 에틸렌 생성의 시점 또는 호흡의 급증 개시 시기가 앞당겨 진다고 보고하고 있다.

자두과실에 에테폰 80ppm을 처리한 경우 에틸렌 발생량은 3일 만에 약간 검출되었으며 그 후 anthocyanin 생성이 증가함에 따라 급증하였다. 대조구는 anthocyanin 발현이 상당히 진전된 후부터 에틸렌이 검출되었으며 그 후 완숙기까지 급증하였다.[7,8] 바나나 과실의 경우 에틸렌과 CO<sub>2</sub> 발생관계에 있어서 에틸렌의 증가와 더불어 CO<sub>2</sub>의 발생도 급증하게 되며 에틸렌과 CO<sub>2</sub>와의 증가하는 시기적 차이는 에틸렌 증가시점이 CO<sub>2</sub>증가시점보다 빠르거나 일치한다고 보고하고 있어[9] 작물의 종류에 따른 차이가 확인되고 있으나 에틸렌 처리로 호흡 급증현상을 촉진 시킨다는 점에서 공통적이다.

자두과실의 성숙중에 일어나는 당의 변화에 관한 조사에서 sucrose 함량은 초기에는 서서히 증가하다가 성숙말기에는 급격히 증가하며 glucose, fructose는 성숙초기에는 완만히 증가하였으나 성숙이 진전됨에 따라 glucose는 감소하고 fructose는 증가하는 경향이라고 보고한 바 있다.[10] 이러한 당의 조성변화는 앞으로부터 전류된 광합성 산물이 성숙에 관련된 호흡을 비롯한 다양한 생리화학적 변화에 따른 변화로 볼 수 있는데 착색과 당의 축적에는 밀접한 관련이 있음이 포도 등에서 보고되어 있다[7,8] 자두과실의 비대 및 성숙 과정에 있어 에테폰 처리는 처리 3 일후부터 leucoanthocyanin이 증가하기 시작하여 완전착색

기에 해당되는 7일 후에 최고치에 달하였다가 완숙기에 들어 다시 감소하는 경향을 보인다고 하였다. 또한 산함량 변화는 속도의 진전에 따라 점차 감소하였는데 에테폰 처리과는 무처리과 보다 감소율이 더 현저하였다고 하였으며 당함량은 착색정도가 진전됨에 따라 급진적인 증가를 보이며 에테폰 처리는 대조구에 비해 그 증가율이 더욱 현저하였다고 보고 하였다.[7,8]

원예산물을 저장하기위해 오래전부터 저온을 이용하였으며 더욱 효과적인 방법으로 저장고내의 기체조성을 조절하여 CO<sub>2</sub>의 농도는 높히고 산소농도는 줄임으로써 과실의 호흡을 저하시키는 저장 CA저장방법이 실용화 되어 왔다. 그러나 CA저장은 막대한 설비비등으로 인해 어려운 점이 많으며 이에 산물주변의 대기조성을 투과성이 있는 film을 이용하여 modified atmosphere(MA)효과를 적용하고자하는 연구가 많이 진행되어 왔다. '신고'배를 PE film으로 5개월간 저장하였을 경우 0~7C 범위에서 상대습도는 86~89%가 유지되었고 산소농도는 5~14%, 이산화탄소 농도는 3~5% 범위에서 변화하였다고 하였으며 저장 5개월 동안의 중량감소는 포장한 구는 1%밖에 발생하지 않았으나 무포장 구는 4.1%까지 중량이 감소하여 위조현상이 나타났다고 하였다.[11] 바나나를 low density PE film으로 밀봉저장하면 저장성을 향상시킬 수 있다고 하였다.[12] 복숭아를 상온 및 저온(5C)에서 PE밀봉할 경우 상온 저온 모두 PE 밀봉처리가 경도를 높게 유지할 수 있었고 실온 PE 밀봉은 부패 및 변질을 유기시켰으며 저온 PE 밀봉은 처리후 6일째부터 향기의 저하가 있었다. 또한 당도 및 산도는 상온 PE 밀봉에서 급격히 감소하였고 저온에서는 완만하였다고 하였다.[13] 참다래를 PE밀봉 저장할 경우 저장기간이 길어질수록 CO<sub>2</sub> 축적이 현저하였으며 저온에서 PE 0.03mm가 5개월 저장후에도 4% 수준을 보임으로 가장 양호한 수준이었다고 하였다.[14]

## 재료 및 방법

에테폰 처리는 농촌진흥청 원예연구소 포장에서 수세가 고른 '대석조생'(Oishi wase)나무를 선별하여 처리당 2주씩 임의로 배치하고 에테폰(영일화학) 390mm을 95년 6월 29일에 수관에 분무기로 약액이 흐르지 않을 정도로 살포하였다. 과실은 7월 7일 수확(에테폰 처리후 7일)하여 상온 및 저온(0~3°C)에 보관하며 경시적으로 품질을 조사하였다.

포모사(Formosa)품종의 신선도유지를 위해 사용된 Polyethylene film 밀봉은 가로30×세로40cm인 저밀도 필름으로 두께는 각각 0.03, 0.06, 0.08 mm이었다. 과실의 경도 측정은 과실 경도계(Fruit hardness tester FHM-5, 일본죽촌전기제작소)를 과실 적도 3 부위에서 과피를 제거한 후 측정하였다. 색도는 색차계(Minolta chromameter CR-200, 일본 Minolta Camera Co.)를 이용하여 과실 적도 3지점에서 측정 Hunter L,a,b 값으로 나타내었다. 당도 및 적정산 함량을 측정하기 위한 과즙은 과실의 4부위에서 채취한 과육을 자체제작한 스텐레스 착즙기로 착즙하였다. 당도는 PR-100 refractometer(일본 Atago Co.)로 측정하였고, 적정산 함량은 과즙 5ml에 증류수 15ml를 섞은 후 0.1N NaOH로 pH 8.1이 되게 적정하여 측정하였으며 공히 3 반복 하였다.

과실의 CO<sub>2</sub> 및 에틸렌 생성량은 각각의 저장온도 조건에서 1ℓ 용기에 과실 3개씩을 넣고 3반복 하여 1시간 밀폐하여 용기내에 축적된 CO<sub>2</sub>와 에틸렌을 gas chromatography (GC)로 측정하여 CO<sub>2</sub> 및 에틸렌의 발생량을 조사하였다.

CO<sub>2</sub>는 Varian 3400GC로 측정하였으며 column 크기는 2.4mm ID×2m이고 충전제는 active alumina 60/80 mesh, detector는 thermal conductivity detector, 그리고 column온도는 110°C로 하였고 carrier gas(30ml/min)로써 helium을 이용하였다. 에틸렌 발생량은 CO<sub>2</sub>측정시와 동일한 기종으로

분석하였으며 column크기는 2.4mm ID×2m, 충전제는 active aluminum oxide 60/80 mesh, detector는 flame ionization detector, 그리고 column 온도는 110°C로 하였으며 nitrogen을 carrier gas(30ml/min)로 이용하였다.

과실의 유리당 함량은 과육 10g을 채취하여 증류수로 추출한 후 15,000rpm으로 원심분리하고 Sep-pak C18 cartridge로 정제하여 HPLC(Spectra-Physics)에 주입하였다. 분석 column은 sugar-Pak 1(6.5×300mm), mobile phase는 HPLC용 water(Fisher scientific)를 이용하였으며, flow rate는 0.5ml/min로 하여, refractive index(Shodex)로 정량하였다. 시료는 10 μℓ roof injector를 이용하여 주입하였다.

과실의 유기산 함량은 시료 10g을 95% ethanol 10ml 에 넣고 추출한 후 증류수로 100ml로 정용하였다. 추출 즙액은 Whatman #2와 0.45 μm milipore filter로 여과한 후 Sep-Pak C<sub>18</sub> cartridge로 정제하여 HPLC(Waters 440)에 주입하였다. 분석 column은 μ-bondapak C<sub>18</sub>, mobile phases는 2.0% potassium dihydrogen phosphate(phosphoric acid로 pH 2.4로 보정), flow rate는 0.5ml/min로 하여 214nm에서 정량하였다.

## 결과 및 고찰

1. 에테폰 처리가 자두 과실의 성숙에 미치는 영향과 수확후 유통온도가 품질에 미치는 영향(대석조생)

자두 '대석조생' 품종을 공시하여 수확전 에테폰 처리가 과실의 경도변화에 미치는 영향은 과실의 생장과 함께 계속 감소 하였으며 에테폰 처리구에서 무처리구의 과실보다 더욱 빠르게 감소하였다(그림 1). 즉 에테폰 처리는 성숙중 과실의 연화에 영향을 미친다는 결과로 생각되며 이는 짧은감에 에테폰을 처리하여 더욱 빠르게 연화시

킬 수 있었다는 기존의 결과와 유사하였다.[3] 또한 수확후 상온 유통중 과실의 경도는 무처리구보다 더욱 빠르게 감소하였으며 저온저장중에는 무처리구보다 경도감소의 속도가 늦었으나 처리간에는 유의적인 차이가 없었다(표 1). 이러한 결과로써 저온은 에테폰 처리에 관계없이 자두과실의 경도 저하 속도를 줄일 수 있다는 결과로 보여진다.

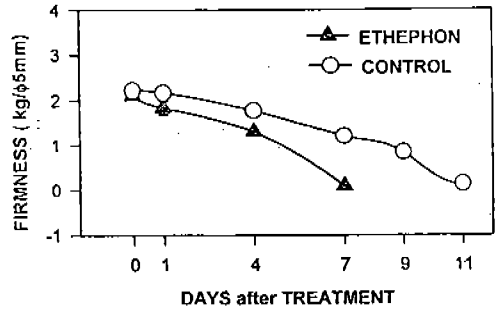


Fig 1. Changes in firmness of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

Table 1. Changes in firmness of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest(kg/5mm)

| Temperature          | Treatment | Days after storage |      |      |   |    |
|----------------------|-----------|--------------------|------|------|---|----|
|                      |           | 0                  | 2    | 4    | 6 | 10 |
| Room Temp.           | Ethephon  | 0.09               | 0.05 | 0.01 |   |    |
|                      | Control   | 0.13               | 0.06 | 0.04 |   |    |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 0.05               | 0.05 | 0    | 0 | 0  |
|                      | Control   | 0.06               | 0.04 | 0.02 | 0 | 0  |

가용성 당은 전분의 소실과 함께 가용성 당의 함량이 증가하는데 자두과실의 성숙 중 꾸준한 증가를 보였고 처리간 차이를 볼 수 없었으며(그림 2) 수확후 상온유통 및 저온저장중에도 각기 처리간 유의성을 볼 수 없었다. 상온유통조건을 부여한 경우 저온저장 보다 약간 높은 경향을 보였는데 본연구에서는 전분함량을 조사하지 않았으나 조직내 축적된 전분의 가수분해가 저온에서 보다 빠르게 진행되었기 때문인 것으로 추정된다(표 2). 적정산도는 성숙중 과실에 신선한 맛을 주며 그 농도는 성숙이 진행됨에 따라 감소하는데 이러한 현상은 대부분의 과실에서 공통적으로 관찰되며 본 실험에서도 같은 결과로써 성숙중 꾸준히 감소하는 경향이었고 처리간 유의성은 볼 수 없었으나 각기의 수확일자를 감안한다면 에테폰 처리구가 무처리구보다 4일 정도 일찍 수확하였으므로 결과적으로는 에테폰 처리에 의해 산의 함량감소가 더욱 빠르게 진행되었음을 알

수 있으며(그림 3) 이는 기존의 결과와 유사하였다.[7,8] 각처리별 수확후 온도조건에 따라서는 에테폰 처리에 관계없이 저온은 상온에서보다 적정산도의 저하속도를 줄일 수 있었다(표 3).

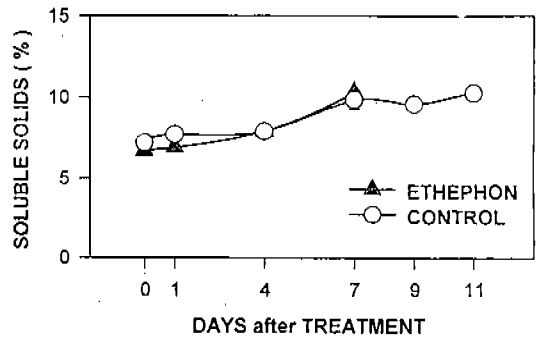
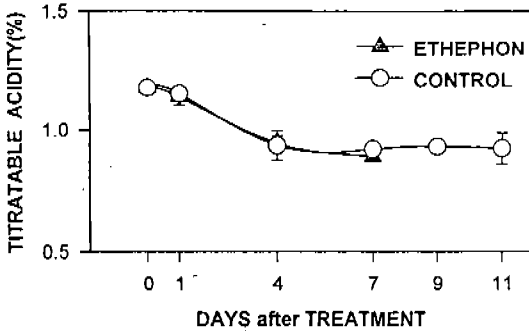


Fig. 2. Changes in soluble solids of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

Table 2. Changes in soluble solids of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest(%).

| Temperature          | Treatment | Days after storage |      |      |     |     |
|----------------------|-----------|--------------------|------|------|-----|-----|
|                      |           | 0                  | 2    | 4    | 6   | 10  |
| Room Temp.           | Ethephon  | 10.3               | 10.3 | 10.3 |     |     |
|                      | Control   | 10.3               | 10.0 | 10.0 |     |     |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 10.2               | 10.5 | 8.7  | 9.6 | 9.9 |
|                      | Control   | 9.6                | 8.9  | 8.9  | 9.2 | 9.5 |

Fig. 3. Changes in titratable acidity of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

CO<sub>2</sub> 생성량은 과실 생장기간 동안 꾸준히 생성되었으며 이는 최종 수확일까지 지속되었고 에테폰 처리구는 무처리구 보다 더욱 많이 발생하 는 경향으로 이러한 결과는 자두과실에 수상 에테폰 처리는 과실의 성숙중 호흡을 증대시키는 결과로 판단되어 지며 이는 climacteric형의 과실에 에틸렌을 처리하면 에틸렌 농도와 비례하여 호흡의 급증개시 시기가 앞당겨 진다고 보고 한 것과 비슷한 결과를 나타내었다(그림 4). 또한 수확후 상온유통중 처리간 CO<sub>2</sub> 발생량은 에테폰

Table 3. Changes in titratable acidity of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest(%).

| Temperature          | Treatment | Days after storage |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|--------------------|------|------|------|------|
|                      |           | 0                  | 2    | 4    | 6    | 10   |
| Room Temp.           | Ethephon  | 0.89               | 0.53 | 0.36 |      |      |
|                      | Control   | 0.93               | 0.59 | 0.41 |      |      |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 0.68               | 0.66 | 0.64 | 0.64 | 0.59 |
|                      | Control   | 0.64               | 0.63 | 0.60 | 0.52 | 0.52 |

처리구가 무처리구보다도 더욱 많은 발생량을 보였으며 무처리구의 CO<sub>2</sub>발생량은 증가후 감소하는 경향이었으나 에테폰 처리구는 수확후 급격히 감소한후 다시 증가하는 경향을 보였다. 즉 생장기간중에 급증하는 현상과 그 보다는 적긴 하지만 수확후에 다시 급증하는 결과를 볼 수 있었는데 이러한 결과는 첫째, 자두과실의 숙기차이에서 나타나는 현상이거나 둘째, 에테폰에 의한 영향으로 생각되어지며 이는 급후 좀 더 연구할 필

요가 있을 것으로 생각된다. 반면 저온저장중의 자두과실의 CO<sub>2</sub>발생량은 처리에 관계없이 상온류통에 비해 월등히 낮은 생성량을 보였으며 에테폰 처리구가 무처리구 보다 약간 많이 생성하는 경향이였다(표 4). 즉 에테폰 처리는 과실의 생장기간중에서 뿐만 아닌 수확후에도 영향을 미침으로써 호흡을 증대시키는 결과로 생각된다.

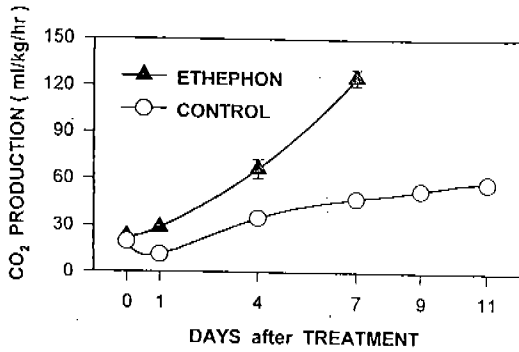


Fig. 4. Changes in carbon dioxide production of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

과실에 처리한 에테폰에 의한 에틸렌 발생은 대체적으로 약제의 분해와 더불어 증하하는 경향이나 본 연구에서는 처리한 과실의 에틸렌 발생이 최종 수확일에 증가한 점이 특히 하였으며 에틸렌 생성의 급증시기 및 횡수는 호흡량과 거의 일치 하였고 이는 호흡량의 생성결과와 동일하게 해석되어야 할 것으로 생각된다. 에틸렌 생성량은 과실 성숙중 무처리구에서는 최종 수확 당일 까지도 거의 발생하지 않았는데 이때에 호흡의 증가는 계속 이루어 짐을 감안 할 때 자두과실에서는 호흡의 증가와 더불어 에틸렌의 생성이 증가하지는 않는다는 결과를 볼 수 있었다. 이는

Table 4. Changes in CO<sub>2</sub> production of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest(ml/kg/hr).

| Temperature          | Treatment | Days after storage |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|--------------------|------|------|------|------|
|                      |           | 0                  | 2    | 4    | 6    | 10   |
| Room Temp.           | Ethephon  | 122.5              | 25.3 | 79.4 | 66.5 | 62.2 |
|                      | Control   | 57.6               | 65.1 | 37.9 | 39.5 |      |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 26.8               | 7.8  | 10.0 | 18.4 | 5.5  |
|                      | Control   | 65.1               | 8.7  | 4.8  | 2.0  | 1.1  |

에틸렌의 증가시점은 호흡의 증가시점 보다 느린 것으로 판단되었다. 이는 바나나 과실에서 에틸렌 증가시점이 CO<sub>2</sub> 증가시점 보다 빠르거나 일치한다는 것과 다른 결과를 보였다. 에테폰 처리구는 처리후 초기에는 거의 생성됨을 보이지 않다가 수확당일에 이르러 증가 하였다(그림 5). 또한 수확후 온도에 따른 에틸렌 생성량은 상온 조건이 저온보다 월등히 많이 생성됨을 보였는데 이는 'abocado'과실에서 온도가 높을수록 에틸렌 생성이 많아지며 연화가 촉진된다는 결과와 유사하였다.[5] 상온에서의 에테폰 처리는 무처리구 보다 더욱 많은 에틸렌을 생성하였는데 무처리구는 수확후 점차 증가하다가 수확후 6일에 많은 생성량을 보였다. 또한 상온에서의 에테폰 처리

구는 감소후 다시 급격히 증가하는 경향을 보였으며 무처리구에서 나타나는 급증현상보다 시기적으로 빠를 뿐만 아니라 그 생성량도 많았는데 이는 climacteric형 과실에 에틸렌을 처리할 경우 에틸렌 생성시점이 앞당겨 진다는 보고와 비슷한 결과를 보였다. 저온에서의 처리간 에틸렌 발생량은 거의 미미한 수준이었으며 처리간의 유의성은 볼 수 없었다(표 5). 결과적으로 에테폰 처리는 과실의 성장기간 뿐만 아니라 수확후에도 과실의 호흡과 에틸렌 생성을 조장하며 이는 기존의 결과와 유사하였으며[7,8] 호흡 및 에틸렌의 생성은 수확후에는 저온에 의해 억제된다.

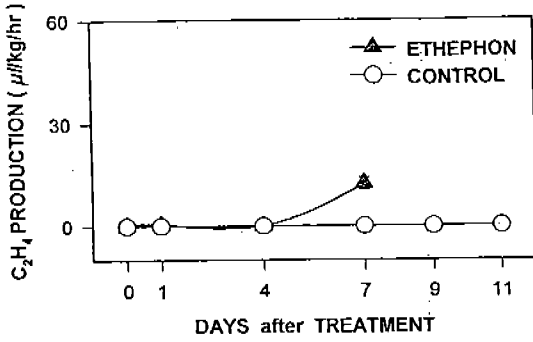


Fig. 5. Changes in ethylene production of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD

자두과실은 성숙중 과피색의 변화로 성숙정도 및 노화정도로써 판단하고자 Hunter value로 표현하였는데 색의 lightness를 결정하는 L 값은 에테폰 처리구가 수확전 무처리구와 비슷하였으나, 수확후 상온에서 무처리구에 비하여 빠른 속도로 감소하였다. 즉 에테폰처리는 자두과실의 어두운 색으로의 변화를 빠르게 촉진 시킴을 보이고 있다. 또한 저온에서는 저하속도가 완만하였으나 상온에서와 마찬가지로 처리구는 무처리구보다 빠르게 저하함으로써 결국 에테폰 처리는 과피색을 더욱 빠르게 변화시킨다는 결과를 알 수 있었다(그림 6, 표 6)

Table 5. Changes in ethylene production of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest (nl/g/hr).

| Temperature          | Treatment | Days after storage |      |       |       |       |
|----------------------|-----------|--------------------|------|-------|-------|-------|
|                      |           | 0                  | 2    | 4     | 6     | 10    |
| Room Temp.           | Ethephon  | 12.5               | 2.26 | 64.72 | 89.92 | 48.52 |
|                      | Control   | -                  | 2.19 | 4.40  | 53.36 |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 2.13               | 0.54 | 0.99  | 0.57  | 0.56  |
|                      | Control   | 2.14               | 0.41 | 0.70  | 0.20  | -     |

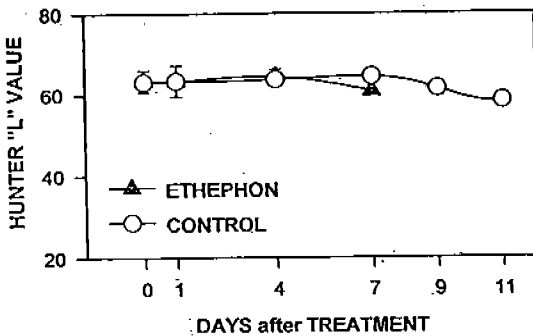


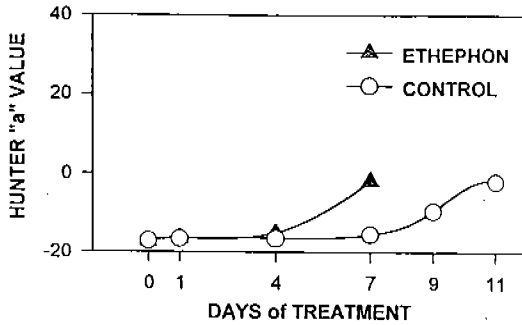
Fig. 6. Changes in Hunter "L" value of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

과피의 적색도를 나타내는 Hunter a 값은 생장기간동안 증가하는 경향이었으며 에테폰 처리구가 무처리구 보다 더욱 빠르게 증가하였다(그림 7). 또한 수확후 상온 및 저온에 관계없이 a 값은 계속 증가하였고 저온보다는 상온에서 더욱 빠르게 진행되었으며 에테폰 처리구가 무처리구보다도 빠르게 변화하였다(표 7) 이는 에테폰처리가 과실의 숙기를 앞당기므로 수확후에도 과실의 anthocyanin 생성을 더욱 증가시켰기 때문으로 생각되었다.



Table 6. Changes in Hunter L value of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest.

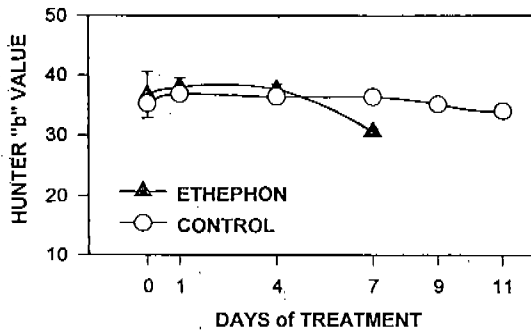
| Temperature          | Treatment | Days after storage |       |       |       |       |
|----------------------|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
|                      |           | 0                  | 2     | 4     | 6     | 10    |
| Room Temp.           | Ethephon  | 60.84              | 59.35 | 43.68 |       |       |
|                      | Control   | 58.37              | 55.22 | 54.36 |       |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 59.33              | 59.58 | 56.27 | 56.64 | 53.92 |
|                      | Control   | 55.68              | 63.93 | 62.27 | 60.78 | 57.22 |

Fig. 7. Changes in Hunter "a" value of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

과피의 적색도를 나타내는 Hunter a 값은 생장기간동안 증가하는 경향이였으며 에테폰 처리구가 무처리구 보다 더욱 빠르게 증가하였다(그림 7). 또한 수확후 상온 및 저온에 관계없이 a 값은 계속 증가하였고 저온보다는 상온에서 더욱 빠르게 진행되었으며 에테폰 처리구가 무처리구보다도 빠르게 변화하였다(표 7) 이는 에테폰 처리가 과실의 숙기를 앞당기므로 수확후에도 과실의 anthocyanin 생성을 더욱 증가시켰기 때문으로 생각되었다.

Table 7. Changes in Hunter a value of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest.

| Temperature          | Treatment | Days after storage |       |       |      |       |
|----------------------|-----------|--------------------|-------|-------|------|-------|
|                      |           | 0                  | 2     | 4     | 6    | 10    |
| Room Temp.           | Ethephon  | -1.88              | 0.84  | 20.58 |      |       |
|                      | Control   | -2.02              | 2.55  | 12.59 |      |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 0.88               | -4.29 | 1.41  | 8.85 | 11.87 |
|                      | Control   | 2.25               | -3.87 | 3.24  | 5.72 | 9.49  |

Fig. 8. Changes in Hunt "b" value of plum fruits after ethephon treatment. Bars show  $\pm$ SD.

자두과실에 함유된 주된 당은 glucose, fructose, sucrose 순이었으며, sorbitol, manitol을 소량 함유하고 있었고 galactose 함량은 거의 흔적 정도만 검출되었다(그림 9, 10, 11). Sucrose 함량은 성숙기간동안 증가하는 경향이였으나 수확시점을 기준으로 볼 때 에테폰 처리구는 무처리구보다 함유량이 낮았다(그림 9). 이는 자두과실에서 sucrose 함량은 초기에는 서서히 증가하다가 약간 감소하며 성숙말기에는 급격히 증가한다고 보고한 결과와 유사하였다.[10] Glucose 및 fructose

함량은 생장초기에는 서서히 증가하다가 약간 감소하며 성숙말기에는 급격히 증가한다고 하였는데[10] 본 실험에서도 비슷한 결과를 보였다(그림 10, 11). 그러나 수확당시에는 에테폰 처리구

가 무처리구 과실보다 그 함유량이 낮았다. 즉 에테폰 처리는 수확시기를 앞당길 수 있으나 과실내 당의 종류별 함유량이 낮음으로 결국 수확 후 품질이 낮은 결과를 보이는 것으로 판단된다.

Table 8. Changes in Hunter b value of plum fruits as influenced by storage temperature after harvest.

| Temperature          | Treatment | Days after storage |       |       |       |       |
|----------------------|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
|                      |           | 0                  | 2     | 4     | 6     | 10    |
| Room Temp.           | Ethephon  | 30.63              | 28.74 | 18.86 |       |       |
|                      | Control   | 34.11              | 31.38 | 27.57 |       |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | Ethephon  | 28.52              | 32.45 | 28.99 | 25.52 | 26.07 |
|                      | Control   | 31.50              | 36.58 | 33.43 | 30.96 | 27.46 |

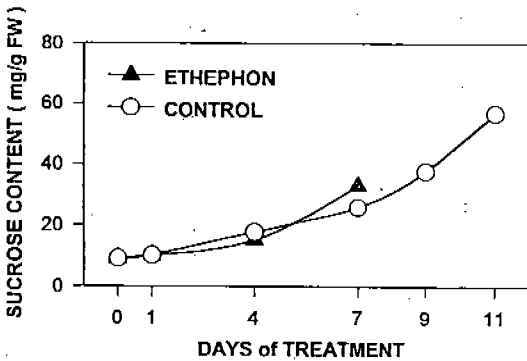


Fig. 9. Changes in sucrose content of plum fruits after ethephon treatment.

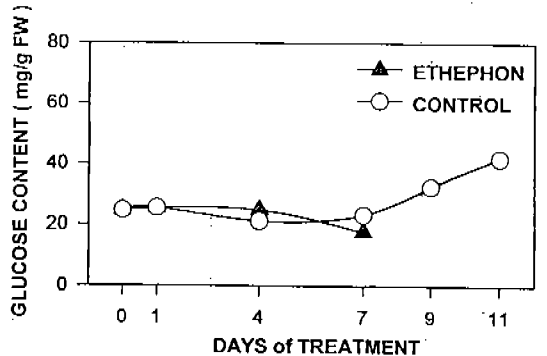


Fig. 10. Changes in glucose content of plum fruits after ethephon treatment.

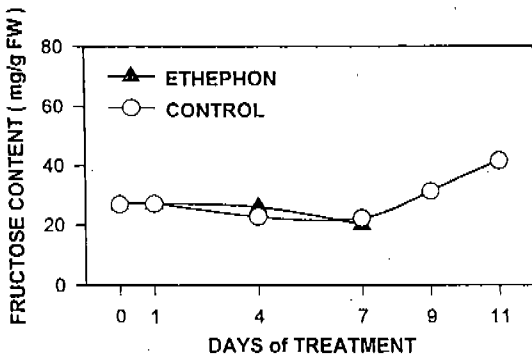


Fig. 11. Changes in fructose content of plum fruits after ethrel treatment.

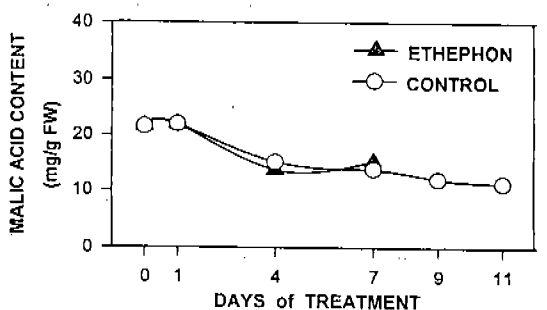


Fig. 12. Changes in malic acid content of plum fruits after ethephon treatment.

산의 종류별 함유량을 조사한바 주된 산은 malic acid이었고 총산의 함량변화와 같은 경향으로 에테폰 처리구가 무처리구 보다 더욱 빠르게 감소하였다.

결국 관행의 에테폰 처리는 무처리구 보다 수확일수를 약 4일 정도 앞당길 수 있었으며 주산지인 김천지역에서는 위도의 차이를 감안 한다면 그 보다 더 앞당길 수 있으리라 생각된다. 상온에서의 상품성의 한계는 처리에 관계없이 4일~6일 정도이고 저온에서는 약 10일 정도인 것으로 추정된다. 그러나 과실내 함유된 당과 과피색을 연관하여 검토 할 때 관행의 에테폰 처리는 과실의 상품성에 악영향으로 작용하는 것으로 판단되므로 금후 에테폰 처리에 관한 종합적인 연구가 실행되어야 할 것으로 생각된다.

## 2. Polyethylene film 밀봉처리가 과실 품질에 미치는 영향(포모사)

자두 포모사 품종을 공시하여 과실의 유통기간을 늘리고자 수확후 상온 및 저온 조건하에서 polyethylene film(PE) 두께별로 밀봉하여 경시적인 과실의 품질 변화를 검토하였다. 수확당시 과실의 경도는 0.4kg/φ5mm 정도의 비교적 낮은 수준이었으며 수확후 상온은 저온에서 보다 PE밀봉에 관계없이 더욱 빠르게 감소하였다. 또한 상온에서 PE 0.1mm 밀봉처리에서 경도가 가장 높게 유지되었으나 처리후 기일이 지날수록 무기발효에 의한 이취가 발생하여 실용적인 효과는 없을 것으로 판단된다. 반면 저온에서는 PE 밀봉이 경도유지에서만 국한하여 볼 때 효과적인 것으로 나타났으며 PE 두께별 경도의 차이는 확인되지 않았다(표 9). 결국 PE 밀봉은 경도유지에 효과적이었으며 이는 복숭아를 PE 밀봉시에 상온 및 저온에서 경도를 높게 유지될 수 있었다는 결과와 비슷하였다.[13]

Table 9. Changes of firmness of plum fruits according to temperature and PE film packing(kg/φmm)

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after storage |       |        |       |
|----------------------|------------------|--------------------|-------|--------|-------|
|                      |                  | 0                  | 3     | 6      | 13    |
| Room Temp.           | 0.03             | 0.4                | 0.23a | 0.21a  |       |
|                      | 0.07             | 0.4                | 0.22a | 0.22a  |       |
|                      | 0.1              | 0.4                | 0.31a | 0.37a  |       |
|                      | control          | 0.4                | 0.15a | 0.03a  |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 0.4                | 0.56a | 0.53a  | 0.32a |
|                      | 0.07             | 0.4                | 0.47a | 0.37ab | 0.37a |
|                      | 0.1              | 0.4                | 0.30a | 0.49a  | 0.50a |
|                      | control          | 0.4                | 0.42a | 0.22b  | 0.26a |

가용성당의 함량은 상온 및 저온에서 처리간 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다(표 10).

총산함량의 변화는 상온에서 급격히 저하하였고 저온에서보다 저하속도가 더욱 빠르게 진행되었다. 처리별 산함량의 변화는 상온 및 저온에서 0.07mm 처리구에서 가장낮은 수준을 보였는데 이러한 결과가 PE 종류에 의한 것이라고 판단하기에는 어려울 것으로 생각되어지나 금후 재 검토가 요구되었다(표 11).

과실 날개별 CO<sub>2</sub> 생성량은 저온보다는 상온 조건하에서 PE 두께가 두꺼울수록 그 생성량이 많았으며 PE 밀봉처리구에서 무처리구보다 생성량이 많은 결과를 보였는데(표 12) 이러한 결과는 과실의 호흡에 의해 생성되어 누적된 고농도의 CO<sub>2</sub>와 호흡에 의해 소모된 결과인 저산소조건이 과실의 정상적인 호흡을 억제하고 있었으나 PE 밀봉내의 과실을 대기상태에 둬으로써 급격한 호흡의 증가를 가져온 것으로 생각된다.

Table 10. Changes of soluble of plum fruits according to temperature and PE film packing(%).

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |       |       |       |
|----------------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|
|                      |                  | 0                    | 3     | 6     | 13    |
| Room Temp.           | 0.03             | 10.8                 | 10.8a | 10.8a |       |
|                      | 0.07             | 10.8                 | 9.3a  | 9.5a  |       |
|                      | 0.1              | 10.8                 | 9.5a  | 10.5a |       |
|                      | control          | 10.8                 | 10.6a | 10.1a |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 10.8                 | 12.0a | 11.3a | 11.3a |
|                      | 0.07             | 10.8                 | 11.6a | 11.9a | 10.9a |
|                      | 0.1              | 10.8                 | 10.0b | 11.7a | 10.7a |
|                      | control          | 10.8                 | 10.2b | 10.4a | 9.7a  |

Table 11. Changes of titratable acidity of plum fruits according to temperature and PE film packing(%).

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |        |       |       |
|----------------------|------------------|----------------------|--------|-------|-------|
|                      |                  | 0                    | 3      | 6     | 13    |
| Room Temp.           | 0.03             | 0.62                 | 0.32ab | 0.32a |       |
|                      | 0.07             | 0.62                 | 0.25b  | 0.24a |       |
|                      | 0.1              | 0.62                 | 0.37a  | 0.28a |       |
|                      | control          | 0.62                 | 0.36a  | 0.28a |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 0.62                 | 0.63a  | 0.56a | 0.50a |
|                      | 0.07             | 0.62                 | 0.62a  | 0.41b | 0.44b |
|                      | 0.1              | 0.62                 | 0.52a  | 0.56a | 0.51a |
|                      | control          | 0.62                 | 0.56a  | 0.38b | 0.37b |

Table 12. Changes of CO<sub>2</sub> production of plum fruits according to temperature and PE film packing(ml/g/hr).

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |        |        |        |
|----------------------|------------------|----------------------|--------|--------|--------|
|                      |                  | 0                    | 3      | 6      | 13     |
| Room Temp.           | 0.03             | 0.020                | 0.104c | 0.165c |        |
|                      | 0.07             | 0.020                | 0.208b | 0.331b |        |
|                      | 0.1              | 0.020                | 0.201a | 0.493a |        |
|                      | control          | 0.020                | 0.02d  | 0.07d  |        |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 0.020                | 0.051b | 0.039c | 0.029c |
|                      | 0.07             | 0.020                | 0.092a | 0.085a | 0.055b |
|                      | 0.1              | 0.020                | 0.089a | 0.073b | 0.082a |
|                      | control          | 0.020                | 0.099c | 0.006d | 0.005d |

저온조건하에서의 PE 밀봉에서 꺼낸 과실 날 개별 CO<sub>2</sub> 생성량은 상온 조건에 비해 그 생성량이 매우 적었고 그 경향은 상온조건하에서와 비슷한 양상을 보이고 있었으며 그 결과는 상온에

서와 마찬가지로 설명될 수 있다(표 12).

에틸렌 생성은 '대석조생'에 비하여 극히 미미한 수준으로 유지되었으며 온도 및 PE 밀봉처리 에 따른 차이는 생성량이 극히 미미함으로 비교

하기가 어려울 것으로 생각되어진다(표 13).

Table 13. Changes of ethylene production of plum fruits according to temperature and PE film packing( $\mu\ell$ /kg/hr)

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |         |         |        |
|----------------------|------------------|----------------------|---------|---------|--------|
|                      |                  | 0                    | 3       | 6       | 13     |
| Room Temp.           | 0.03             | 0.452                | 0.131b  | 0.174a  |        |
|                      | 0.07             | 0.452                | 0.182b  | 0.342ab |        |
|                      | 0.1              | 0.452                | 0.370ab | 0.271ab |        |
|                      | control          | 0.452                | 0.944a  | 1.781a  |        |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 0.452                | 0.423a  | 0.087a  | 0.124a |
|                      | 0.07             | 0.452                | 0.809a  | 0.178ab | 0.157a |
|                      | 0.1              | 0.452                | 0.557a  | 0.136ab | 0.166a |
|                      | control          | 0.452                | 0.498a  | -       | 0.199a |

수확후 처리별 상온 온도에 따른 색의 변화를 Hunter value로 나타낸 바 색의 밝기를 나타내는 L 값은 상온 및 저온조건 모두 큰 변화가 없었으며 상온 무처리구에서 낮아지는 경향이었고(표 14) Hunter a 값이 상온 및 저온조건 모두 PE 밀봉 처리구는 그 값이 저하하였으며 이러한 결과는 저온보다 상온에서 더욱 빠르게 진행되었다(표 15). 이는 PE 밀봉 내에서 축적된 고농도의 CO<sub>2</sub>가 조직의 대사작용을 지연시켰음 것으로 판단되며 이러한 대사작용의 저해는 착색이 지연된 것으로 생각된다. 그러나 무처리구는 a 값이 상온에서 급격히 증가하는 경향이었으며 저온에

서는 서서히 증가함으로써 자두과실의 수확후 붉은색으로의 착색은 저온에 의하여 지연됨을 알 수 있었다. 반면 b 값은 PE 밀봉 처리구는 온도에 관계없이 PE처리별 모두 경시적인 변화를 볼 수 없었으며 무처리구는 상온에서 쉽게 저하하였고 저온에서는 수확당시와 거의 비슷한 수준으로 유지되었다(표 16). 이러한 결과를 토대로 볼때 PE 밀봉처리구는 밀봉으로 인한 무기호흡의 결과, 과실의 착색억제 및 탈색현상을 초래하며 이 취를 발생하고 저온은 자두과실의 착색을 억제시키는 것으로 판단된다.

Table 14. Changes of soluble of plum fruits according to temperature and PE film packing(%).

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |       |       |       |
|----------------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|
|                      |                  | 0                    | 3     | 6     | 13    |
| Room Temp.           | 0.03             | 10.8                 | 10.8a | 10.8a |       |
|                      | 0.07             | 10.8                 | 9.3a  | 9.5a  |       |
|                      | 0.1              | 10.8                 | 9.5a  | 10.5a |       |
|                      | control          | 10.8                 | 10.6a | 10.1a |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 10.8                 | 12.0a | 11.3a | 11.3a |
|                      | 0.07             | 10.8                 | 11.6a | 11.9a | 10.9a |
|                      | 0.1              | 10.8                 | 10.0b | 11.7a | 10.7a |
|                      | control          | 10.8                 | 10.2b | 10.4a | 9.7a  |

Table 15. Changes of Hunter a value of plum fruits according to temperature and PE film packing.

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |       |       |       |
|----------------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|
|                      |                  | 0                    | 3     | 6     | 13    |
| Room Temp.           | 0.03             | 2.97                 | -3.25 | -3.35 |       |
|                      | 0.07             | 2.97                 | -0.26 | 2.66  |       |
|                      | 0.1              | 2.97                 | -4.33 | -4.31 |       |
|                      | control          | 2.97                 | 1.73  | 16.74 |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 2.97                 | -3.9  | -1.77 | -1.04 |
|                      | 0.07             | 2.97                 | 0.64  | 0.35  | -1.06 |
|                      | 0.1              | 2.97                 | -0.66 | -0.83 | -2.54 |
|                      | control          | 2.97                 | -0.71 | -4.51 | 3.65  |

Table 16. Changes of Hunt b value of plum fruits according to temperature and PE film packing.

| Temperature          | PE thickness(mm) | Days after treatment |       |       |       |
|----------------------|------------------|----------------------|-------|-------|-------|
|                      |                  | 0                    | 3     | 6     | 13    |
| Room Temp.           | 0.03             | 35.66                | 37.36 | 36.00 |       |
|                      | 0.07             | 35.66                | 34.85 | 29.69 |       |
|                      | 0.1              | 35.66                | 34.52 | 34.12 |       |
|                      | control          | 35.66                | 32.63 | 24.37 |       |
| Low Temp.<br>(0~3°C) | 0.03             | 35.66                | 36.37 | 34.80 | 36.35 |
|                      | 0.07             | 35.66                | 35.24 | 31.07 | 32.28 |
|                      | 0.1              | 35.66                | 34.80 | 32.51 | 34.67 |
|                      | control          | 35.66                | 35.16 | 36.51 | 34.48 |

즉 자두 포모사 품종은 상온 무처리구에서는 상품성을 유지할 수 있는 기간은 약 6일 정도, 저온에서는 약 13일을 약간 넘을 것으로 판단된다. 또한 PE 밀봉으로써 처리할 경우 두께에 관계없이 상온에서는 무기호흡을 야기시킴으로써 과실의 약취 및 과피색의 탈색으로 저온에서는 그 기일이 늦추어질 뿐 상온에서와 같은 결과를 나타내어 PE 밀봉에 의한 저장성 또는 유통기간 확대는 어려운 것으로 판단되었다. 최근 다양한 종류의 기능성 필름이 개발되고 있으므로 급후 더욱 연구가 진행되어야 할 것으로 생각되었다.

## 요 약

자두(대석조생)과실의 수확시기를 앞당기기 위

하여 농가에서는 에테폰을 처리하고 있으므로 이에 관한 현황 및 문제점을 검토하고자 본 실험을 수행하였다. 에테폰 처리는 대석조생 품종을 공시하여 관행적인 방법인 에테폰 390ppm을 수원 농촌진흥청 원예연구소에서 처리하고 과실의 생장기간중 생리적 변화와 수확후 온도에 따른 과실의 품질변화를 검토하였다. 또한 포모사품종을 대상으로 유통기간 연장 방법을 모색하기 위한 일환으로 PE 종류(0.03, 0.06, 0.1mm) 및 온도(room and low temperature)에 따른 과실의 품질 변화 및 생리적 변화를 검토하였다.

1. 에테폰 처리가 자두과실의 성숙에 미치는 영향과 수확후 유통온도가 품질에 미치는 영향(대석조생)

자두 대석조생품종에 수확 에테폰 처리는 수확

시기를 약 4일 정도 앞당길 수 있었다. 처리구는 경도의 저하가 무처리구에 비해 빨랐으며 가용성 고형물 및 산의 함량 차이는 미미 하였다.

에테폰 처리는 과실의 호흡량 및 에틸렌 생성량을 증대시켰고 증가시기도 무처리구 보다 앞당길 수 있었으며 과실의 색의 변화에 영향을 미침으로 과피색이 빠르게 변화하여 외관이 불량하였다. 과실의 당구성은 주로 glucose, sucrose, fructose 등의 순이었으며 처리별 수확당시의 당함량은 처리구가 무처리구에 비하여 낮은 수준이었다. 유기산의 함량은 주로 malic acid 이었다.

수확후 상품성의 한계는 처리에 관계없이 상온에서 4일~6일 정도이고 저온에서는 약 10일 정도인 것으로 생각된다.

## 2. 수확후 polyethylene film 밀봉저장이 과실 품질에 미치는 영향(포모사)

PE 밀봉저장으로 과실의 경도를 유지 할 수 있었고 산의 함량은 저온 보다 상온에서 급격히 저하하였으며 저온에서의 PE필름 처리에서 그 함량이 잘 유지되었다. 가용성 당의 함량은 상온 및 저온에서 처리간 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다.

PE밀봉 저장과의 과실 날개별 호흡량은 상온 조건하에서 높았고 모든 PE처리구는 무처리구에 비해 높았다. 에틸렌 생성량은 전처리구가 모두 미미 하였다.

수확후 PE처리과는 무처리구에 비해 착색이 억제되거나 오히려 anthocyanin함량이 감소되었으며 무처리구는 저온에 의해 착색이 지연 되었다.

자두 포모사 품종의 상온에서 상품성 유지 기간은 무처리구에서는 약 6일 저온에서는 약 13일을 약간 넘을 것으로 예측되었다. PE밀봉 처리는 두께에 관계없이 유통기간을 연장하는 방법으로는 어려울 것으로 판단되었다.

## 참 고 문 헌

1. Grierson, D. and G.A. Tucker. 1983. Timing of ethylene and polygalacturonase synthesis in relation to the control of tomato fruit ripening. *Planta.*, 157, 174-179.
2. 최관순. 1987. 에테폰 처리가 붉은 고추의 收量, 品質 및 몇가지 成分含量에 미치는 影響. 農村振興廳. 農試論文集, 29(1), 10-15.
3. 林丙善, 李宗, 崔英勳, 金榮培, 宋南顯. 1993. 植物生長 調整劑 ethephon 處理가 淸은 감 (Diospyros kaki, L.)의 軟化에 미치는 影響. 農試論文集, 35(1), 800-806.
4. Olien, W.C. and M.J. Bukovac. 1979. The effect of temperature on rate of ethylene evolution from ethephon and from ethephon-treated leaves of sour cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 103, 199-202.
5. Lee, S.K. and R.E. Young. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109, 689-692.
6. McDonald, B. and J.E. Harman. 1982. Controlled-atmosphere storage of kiwifruit. I. Effect on fruit firmness and storage life. *Sci. Hort.*, 17, 113-123.
7. 李載昌, 李永馥. 1980. 자두 果實의 着色生理에 關한 研究. I. Ethephon 處理가 자두 果實의 成分 및 anthocyanin 發現에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌, 21, 36-41.
8. 李載昌, 李永馥. 1980. 자두 果實의 着色生理에 關한 研究. II. 糖 및 生長調節物質이 자두 果實의 anthocyanin 發現에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌, 21, 170-175.
9. Bangerth, F. 1984. Changes in sensitivity for ethylene during storage of banana fruits under hypobaric conditions. *Sci. hort.*, 24, 151-163.

10. 金賢珠, 文廣德, 孫泰華. 1988. 자두果實의 成熟中 糖含量 및 invertase의 含量變化. 慶北大 農學志, 6, 129-135.
11. 김영명, 한대석, 오태광, 박관하, 신현경. 1986. 폴리에틸렌 필름을 사용한 '신고' 배의 Modified Atmosphere 저장. 한국식품과학회지, 18, 130-136.
12. 고하영, 박영후, 강통삼, 1988. 포장방법이 바나나 저장성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 20(6), 737-641
13. 金善圭, 高光出. 1976. 폴리에틸렌 필름 피대가 복숭아의 品質에 미치는 影響. 韓國園藝學會誌, 17, 28-37.
14. 洪晟植. 1991. Polyethylene film 두께와 溫度處理가 kiwifruit 貯藏 時 品質에 미치는 影響. 高麗大學校 碩士學位論文.