

# 동결피해 후의 수확시기가 사과 ‘후지’ 품종의 저장 중 과실품질에 미치는 영향

권현중 · 이상규 · 박무용 · 송양익 · 남중철 · 사공동훈\*

국립원예특작과학원 사과시험장

## Influence of Harvest Time after Freezing Damage on Fruit Quality during Storage of ‘Fuji’ Apples

Hun-Joong Kweon, Sang-Gyu Lee, Moo-Yong Park, Yang-Yik Song, Jong-Chul Nam, and Dong-Hoon Sagong\*

*Apple Research Station, National Institute of Horticulture & Herbal Science, Gunwi 716-812, Korea*

**Abstract.** This study was conducted to compare differences in fruit quality by harvest time of ‘Fuji’ apple fruit that was frozen on tree by unusual low temperature in that air temperature was under  $-3.5^{\circ}\text{C}$  for 7 hours. Fruits were harvested at 1 day before, and 2 days and 6 days after freezing damage, respectively. Harvest’s soluble solid contents in all treatments was over  $14^{\circ}\text{Bx}$ . Firmness and titratable acidity of fruit harvested after freezing damage was lower than those of fruit harvested before freezing damage. During cold storage, ethylene production of fruit harvested after freezing damage was higher than that of fruit harvested before freezing damage. The reduction in the level of fruit quality during cold storage of fruit harvested after freezing damage was more serious than that of fruit harvested before freezing damage. The reduction of fruit quality during subsequent ambient temperature for 1 week after cold storage of fruit harvested after freezing damage was higher than that of fruit harvested before freezing damage. In comparison of treatments that were harvested at different times after freezing damage, ethylene production and reduction in the level of fruit quality until 8 weeks of cold storage of fruit harvested at 6 days after freezing damage was lower than that of fruit harvested at 2 days after freezing damage. However, this difference by harvest time after freezing damage disappeared after 8 weeks of cold storage. Incidence of flesh browning was not affected by freezing at air temperature under  $-3.5^{\circ}\text{C}$  for 7 hours.

**Additional key words:** ambient storage, ethylene production, freezing air temperature, respiration rates

### 서 언

우리나라의 대표적인 사과 품종인 ‘후지’는 품질은 우수하나 착색이 불량하여 농가에서는 수확기를 지연시키는 사례가 많은데, 최근 널리 논의되고 있는 지구 온난화에 의해 우리나라의 기온이 상승함에 따라(Yun, 2002), ‘후지’의 수확기가 더욱 늦어지는 경향이 있다.

근년의 ‘따뜻한 겨울’ 추세와 달리 2009년 11월초에 2-3일 정도 갑작스러운 저온( $-3^{\circ}\text{C}$ 에서  $-8^{\circ}\text{C}$ )이 사과주산지에 발생하여, 과실이 착과된 상태에서 동결피해를 본 사과원들이 많이 있었다. 일반적으로 사과는 동결점보다 약간 낮은 온도에서 며칠을 조우할 경우 과실의 피해는 경미하지만 -7에

서  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서는 단 몇 시간 만에 심각한 장해를 입게 되는데(Hardenberg 등, 1986; Kim과 Kim, 2004), Park과 Hong(2009)은 사과 ‘후지’의 동결점과 실제 과실 내 얼음이 형성되기 직전의 온도인 과냉각점이 각각  $-1.0^{\circ}\text{C}$ 에서  $-2.5^{\circ}\text{C}$ ,  $-2.7^{\circ}\text{C}$ 에서  $-3.1^{\circ}\text{C}$ 로 ‘후지’ 사과 수확 전후의 기온 또는 저장 초기 유닛클러 인접 공간의 온도가  $-3.5^{\circ}\text{C}$ 에서  $-4.0^{\circ}\text{C}$ 로 떨어지면 5시간 이내에 동결 피해가 나타난다고 보고하였다. 또한 Forney 등(2000)은 ‘텔리셔스’의 경우 저장실 온도를  $-8.5^{\circ}\text{C}$ 로 낮출 경우 2.0-5.5시간 후 열방출 현상이 나타나면서 빙결(ice formation)된다고 보고하였는데, 만약 수확 전 수체상에서 동결점 이하로 기온이 떨어지면 과육이 얼고 이후 이러한 과실은 저온저장 중 과피 위축 및 내부 갈변 증상으로 발전할 소지가 높고, 과육조직 붕괴 및 호흡속도 증가에 의해 경도와 산 함량이 감소될 수 있는 것으로 알려져 있다(Forney 등, 2000; Kim과 Kim, 2004; Kim과 Park, 2008;

\*Corresponding author: sa0316@korea.kr

※ Received 12 August 2010; Accepted 23 November 2010.

Park, 2004).

식물체 조직은 얼어 있는 동안에는 상처를 쉽게 받게 되므로, 과냉각된 과실들은 일정한 온도 이상으로 상승되기 전까지 안정된 상태로 유지해야 한다(Kim과 Kim, 2004). 이상적인 해동온도를 설정한 실험에 의하면 빠른 해동은 조직에 피해를 입히며, 아주 느린 해동은 조직 내에 얼음 결정이 너무 오랫동안 남아 있기 때문에 4°C가 적절한 해동온도로 제시되고 있다(Gorini, 1963; Lutz, 1936).

본 시험은 동결피해가 발생할 수 있는 한파(평균 -3.0에서 -8.5°C) 내습 직전과 수일 후에 수확된 '후지' 품종 과실의 저장 중 에틸렌 발생량 및 과실품질 등을 조사하여, 동결피해 후의 수확시기와 동결피해를 받은 과실의 수확 후 관리에 대한 기초자료를 제시하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

본 시험이 수행된 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장은 2009년 11월 2일 23시에 기온이 -2.7°C로 떨어지기 시작하여 11월 3일 7시에 -8.4°C까지 떨어졌고, 11월 4일 2-4시에 다시 -3.1°C까지 떨어졌다. 동결점 이하 저온 경과시간은 11월 3일의 경우 -3.5°C 이하로 떨어진 시간이 7시간 동안 지속되었고, 11월 4일은 -2.7°C 이하로 떨어진 시간이 2시간 동안 지속되었다(Fig. 1). 시험재료는 '후지'/M.9 사과나무(재식 12년차)에 착과된 과실(주당 착과수: 50-70개)을 사용하였다. 기온자료는 경북 군위군 소보면 소재 사과시험장에 설치되어 측정된 기상청의 표준관측 자료를 활용하였다.

수확 시기는 -8.4°C까지 내려간 11월 3일을 기준으로 하여 동결피해 1일 전(11월 2일), 동결피해 2일 후(11월 5일), 동결피해 6일 후(11월 9일)로 하였다.

수확방법은 각각의 수확시기에 10주의 나무를 선정 한 후,

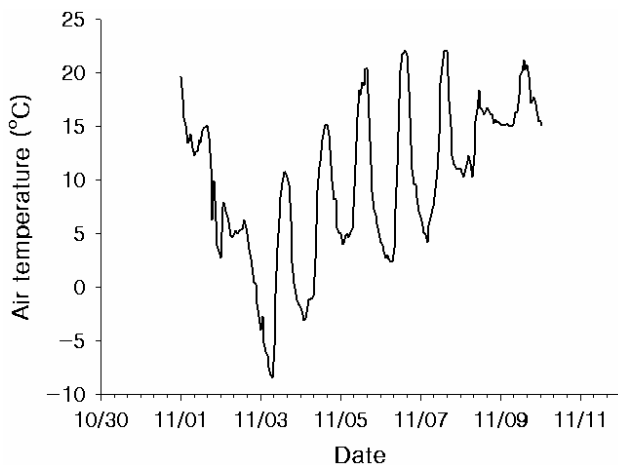


Fig. 1. Time course changes in air temperature at 'Fuji' apple orchard located in Gunwi during late harvest period in 2009.

과실을 전량 수확하여 과실 개별의 무게를 측정하였다. 수확시의 과실품질은 주당 5과씩 선별하여 경도, 가용성 고형물 함량 및 산 함량을 조사하였다. 경도는 직경 8mm 헤드를 가진 경도계(FT-327, WAGNER, USA)로 측정하였으며, 가용성고형물 함량은 과실을 분쇄하여 착즙한 후 거름종이로 걸러낸 과즙을 디지털당도계(PR-100, Atago Co., Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였고, 산 함량은 착즙한 과즙 5mL를 증류수 20mL로 희석한 후 0.1N NaOH을 투입, pH 8.1-8.3이 되는 점을 중화점으로 한 적정치를 사과산으로 환산하였다. 250g 이상의 나머지 건전한 과실(수확시기별로 500과 이상)은 평균기온 1-2°C, 상대습도 85-90%인 저장고에 24주 동안 저장하였다.

과실품질 변화는 수확시기를 기준으로 20개의 과실을 2주 간격으로 10회(20주간) 저온저장고에서 출고하여 조사하였다. 이 중 10개의 과실은 경도 측정 후 파쇄하여 산 함량을 조사하였다. 나머지 10개의 과실은 과중을 측정한 후 수 시간 실온에 방치한 뒤 이들 과실을 1.0L 밀폐용기에 넣어 실온에서 2시간 방치한 후 head space에서 1mL 가스 시료를 채취하여 GC(HP6890, Hewlett-Packard, USA)로 에틸렌 발생량을 조사하였고, 호흡속도는 저장 후 14주부터 GC(6890N, Agilent Technol., USA)로 조사하였다.

동결피해 전후로 수확된 과실의 저온저장 후, 실온에서의 과실품질 변화를 알기 위하여 저온저장고에서 2주마다 출고된 과실 중에서 과중 및 에틸렌 발생량, 호흡속도를 조사한 과실을 다시 실온(15-20°C)에 1주일간 노출시킨 후 이들 과실의 과중, 에틸렌 발생량, 호흡속도 및 과실품질을 조사하였다.

과육 갈변 발생여부 조사는 2주마다 수확시기별로 출고된 20개의 과실을 대상으로 품질조사를 할 때 갈변 발생 여부를 동시에 조사하였으며, 저온저장 24주 경과 후에 수확시기별로 건전한 과실 150-200개를 선별한 뒤, 과실을 횡으로 절단하여 과육부분의 갈변 발생 여부를 육안으로 관찰하여 갈변 발생률로 나타내었다.

통계분석을 위한 반복처리에 있어 수확 시 과실품질은 1주를 1반복으로 한 완전임의배치 10반복이었다. 저온저장 중 과실품질 및 실온유통 모의실험 조사에서의 과중, 경도, 에틸렌 발생량 및 호흡속도의 반복처리는 1과를 1반복으로 한 10반복이었고, 산 함량은 1-2과를 착즙하여 만든 과즙을 1반복으로 한 6반복이었다.

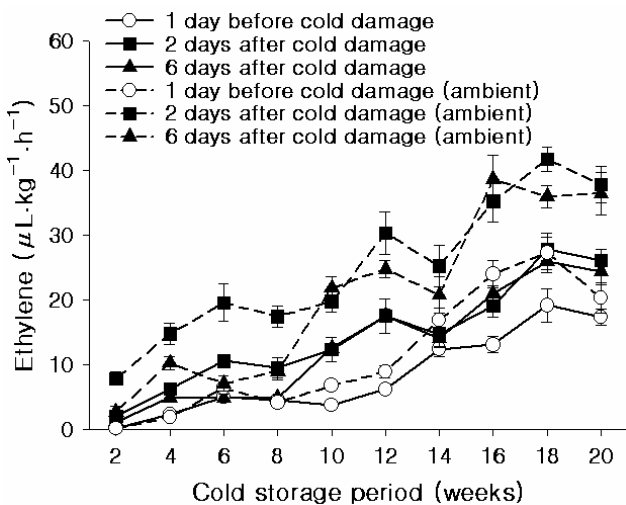
## 결과 및 고찰

### 수확시의 과실품질

동결피해 2일 후에 수확 시험구를 든 것은 11월 4일 9시

이후 기온이 0°C 이상으로 올라갔으나(Fig. 1), 동결된 과실들을 바로 수확할 경우 과실이 상처를 받기 쉬울 것으로 생각되어 완전하게 과실이 해동되었을 것으로 생각되는 11월 5일에 과실을 수확하였다. 동결피해 6일 후에 수확 시험구를 둔 것은 일부 독농가에서 동결피해 발생 시에 6-7일 경과한 다음에 과실을 수확하는 사례가 있기 때문이었다.

수확시기별 수확시의 과중 및 가용성 고형물 함량은 각각 280-290g, 14.0-14.1°Bx 범위에 있어 수확시기에 따른 차이가 인정되지 않았으나, 경도 및 산 함량은 동결피해 후에 수확한 시험구들이 각각 3.1kg/Ø8mm, 0.27-0.28%로 동결피해 전에 수확한 시험구의 3.4kg/Ø8mm, 0.35%보다 유의하게 낮았다. 이는 동결피해를 받지 않은 '후지' 과실을 저장 전에 0.0°C와 동결온도인 -3.0 ± 0.5°C 조건에서 15일간 저장한 뒤 바로 과실품질을 조사해 본 결과, 가용성 고형물 함량은 처리 간에 차이가 없었으나 경도와 산 함량은 -3.0 ± 0.5°C 처리구가 0.0°C 처리구보다 낮았다는 보고(Kim과 Park, 2008)와 동일 하였다. 그러나 '텔리셔스'와 '노턴스파이' 과실을 대상으로 -8.5°C 조건에서 각각 0, 6, 24시간 동안 처리한 후 상온조건(20°C에서 1, 2, 5, 7일간 저장)에 저장한 뒤의 가용성 고형물 함량은 차이가 없었고, 경도는 품종 및 상온저장 기간에 관계없이 동결시간이 길수록 감소되었지만 산 함량은 '텔리셔스'의 경우 동결시간이 길수록 증가하였고, '노턴 스파이'는 반대로 감소되었다는 보고(Forney 등, 2000)가 있는 것으로 볼 때 산 함량은 품종에 따라 동결피해의 영향이 달라지는 것으로 추정되었다.

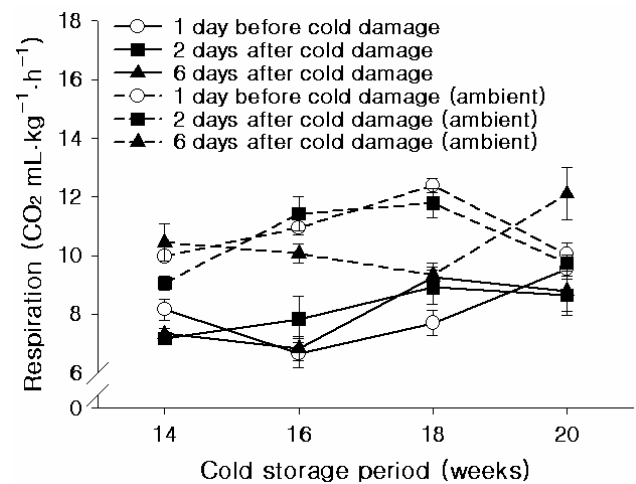


**Fig. 2.** Changes in ethylene production of 'Fuji' apple harvested after freezing damage during cold storage and after transfer to ambient temperature for 1 week from the cold storage for 20 weeks. Air temperature of cold storage were controlled from 1°C to 2°C. Ambient temperature was from 15°C to 20°C. Vertical bars indicate standard errors of ten fruit replications.

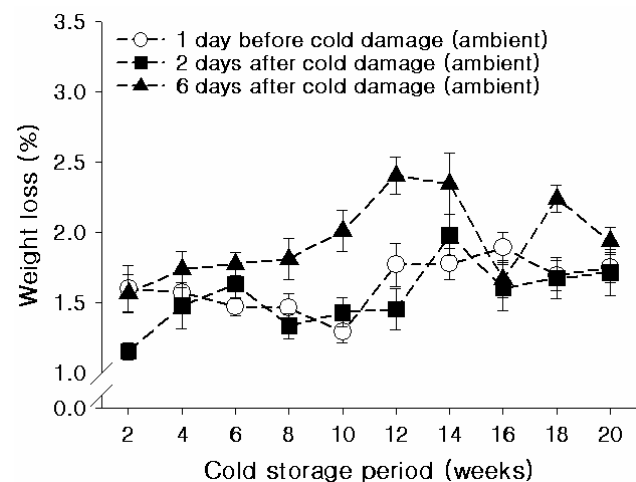
### 저온저장 동안 및 저온저장 뒤 상온 1주일 노출 후의 에틸렌 발생량과 호흡속도의 변화

동결피해 후에 수확한 '후지' 사과의 저온저장 20주 동안의 에틸렌 발생량은 동결피해 전에 수확한 시험구보다 높은 경향이 있었다. 동결피해 후 수확시기간의 비교에서는 동결피해 2일 후에 수확한 시험구의 에틸렌 발생량이 저온저장 8주까지는 동결피해 6일 후에 수확한 시험구보다 약 2-5배 정도 높은 경향이 있었으나, 저온저장 10주 후부터는 차이가 없었다(Fig. 2). 저온저장 14주 이후부터 측정된 호흡속도는 일정한 경향이 없었다(Fig. 3).

저온 저장고에서 출고 후 상온에서 1주일 경과한 다음의 감모율 및 에틸렌 발생량, 호흡속도 조사에서 감모율은 동



**Fig. 3.** Changes in respiration rates of 'Fuji' apple harvested after freezing damage during cold storage and after transfer to ambient temperature for 1 week from the cold storage for 20 weeks. Vertical bars indicate standard errors of ten fruit replications.



**Fig. 4.** Changes in weight loss of 'Fuji' apple harvested after transfer to ambient temperature for 1 week from the cold storage for 20 weeks. Vertical bars indicate standard errors of ten fruit replications.

결과해 6일 후에 수확한 시험구가 다른 시기에 수확한 시험구들보다 높았다(Fig. 4). 매 2주마다 출고직후의 에틸렌 발생량 대비 상온 1주일 노출 후의 에틸렌 발생량 증가 정도에 있어, 동결피해 전에 수확한 시험구의 상온 1주일 노출 후의 에틸렌 발생량은 출고직후의 에틸렌 발생량보다 평균적으로(20주) 1.3배 정도 증가하였고, 동결피해 2일과 6일 뒤에 수확한 시험구들은 각각 2.0배, 1.7배 정도 증가하였다. 수확시기와 저온저장 기간에 따른 상온 1주일 노출 후의 에틸렌 발생량 변화 양상은 출고직후의 결과와 거의 일치하였다(Fig. 2). 매 2주마다 출고직후의 호흡속도 대비 상온 1주일 노출 후의 호흡속도 증가 정도는 수확시기에 상관없이 상온 1주일 노출 후의 호흡속도가 출고직후의 호흡속도보다 평균적으로(8주) 1.3-1.4배 정도 증가하였다(Fig. 3).

Kim과 Park(2008)의 동결시험에서 호흡속도를 조사한 바 저온저장 전에는 동결과의 호흡속도가 정상과보다 높았으나 저장 30일 후부터는 일정한 경향이 없었다고 하였는데, 본 시험에서 저온저장 14주 후부터 측정된 호흡속도가 동결유무에 따른 일정한 경향이 없었던 것은 동결과라도 일정한 시간이 경과하면 호흡속도가 정상과와 차이가 없어지는 것으로 추정되었다(Fig. 3).

Forney 등(2000)과 Park(2004)은 동결과의 에틸렌 발생량이 동결되지 않은 과실보다 낮았다고 보고하였는데, 이러한 원인에 대해 Forney 등(2000)은 과실의 세포가 동결에 의해 손상을 받았기 때문이라고 추정하였다. 그러나 본 시험에서는 동결피해 후 수확한 과실들의 저온저장 2주후 에틸렌 발생량이 1.2-2.1 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 로 동결피해 전에 수확한 과실들의 0.24 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 보다 약 5-10배 정도 높게 나타났으며(Fig. 2), 과실들의 세포 조직은 동결에 따른 손상이 없었던 것으로 나타났었다(자료 미제시). 즉, 본 시험의 동결피해 후 수확한 시험구들의 에틸렌 발생량이 높았던 이유는 11월 3일과 4일의 동결피해에 의해 과실이 스트레스를 받았으나, 동결 지속시간이 앞선 보고들(Forney 등, 2000; Park, 2004)보다 짧아 동결피해에 따른 과실 세포의 손상 정도가 에틸렌 발생량을 감소시킬 정도는 아니었던 것으로 추정되었다.

#### 저온저장 동안 및 저온저장 뒤 상온 1주일 노출 후의 과실품질 변화

저온 저장기간 동안의 경도와 산 함량의 변화 양상은 수확시의 결과(Table 1)와 비슷한 경향이 있었다. 동결피해 후 수확시기의 비교에 있어 경도는 동결피해 6일 후에 수확한 시험구가 2일 후에 수확한 과실들보다 높았다(Fig. 5). 산 함량은 동결피해 후 수확시기에 따른 차이가 일정하지 않았다(Fig. 6).

매 2주마다 출고직후의 경도 및 산 함량 대비 상온에서 1주일 노출 후의 경도 및 산 함량 변화 정도에 있어, 동결피해 전에 수확한 시험구의 상온에서 1주일 노출 후의 경도 및 산 함량은 출고직후의 경도(3.0 $\text{kg}/\phi 8\text{mm}$  이상)와 산 함량(0.20% 이상)과 비교해 큰 차이가 없었으나 동결피해 2일 후 수확한 시험구는 출고직후와 비교해 1주일 노출 후의 경도와 산 함량이 평균적으로 6% 정도 감소되었으며, 동결피해 6일 후 수확한 시험구는 평균적으로 각각 약 2%와 8% 정도 감소되었다(Fig. 5, 6).

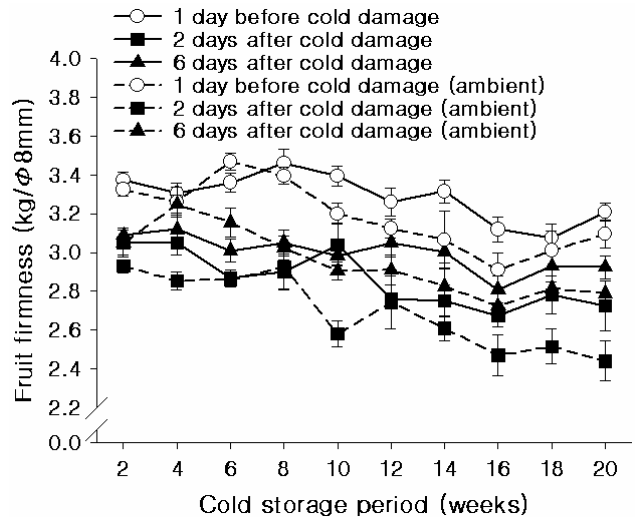


Fig. 5. Changes in fruit firmness of 'Fuji' apple harvested after freezing damage during cold storage and after transfer to ambient temperature for 1 week from the cold storage for 20 weeks. Vertical bars indicate standard errors of ten fruit replications.

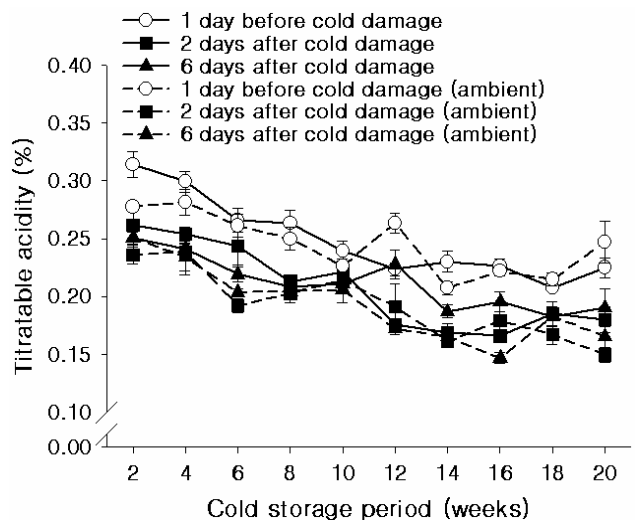


Fig. 6. Changes in titratable acidity of 'Fuji' apple harvested after freezing damage during cold storage and after transfer to ambient temperature for 1 week from the cold storage for 20 weeks. Vertical bars indicate standard errors of 6 juice replications.

**Table 1.** Fruit quality of 'Fuji' apple harvested after freezing damage at Gunwi in 2009.

Harvest time <sup>y</sup>	Fruit weight (g)	Firmness (kg/∅8 mm)	SSC (°Brix)	Titrateable acidity (%)
1 day before freezing damage	281.2 a <sup>z</sup>	3.4 a	14.0 a	0.35 a
2 days after freezing damage	289.2 a	3.1 b	14.0 a	0.28 b
6 days after freezing damage	289.7 a	3.1 b	14.1 a	0.27 b

<sup>z</sup>Means followed by the same letter are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $P < 0.05$ .

<sup>y</sup>Freezing damage was happen between 1 a.m. to 8 a.m. in 3rd and 4th November. air temperature range was -2.7 to -8.4°C by 3rd November and -0.8 to -3.1°C by 4th November. So, we set up the date of freezing damage as 3rd November.

Iwanami 등(2005)은 경도가 30N(약 3.0kg/∅8mm) 미만이면 과실 연화가 심하여 식미가 감소한다고 하였다. 본 시험에서는 동결피해 전에 수확한 시험구의 경우 저온저장 20주 경과한 과실을 출고 후 상온에서 1주일 노출시켜도 경도가 3.0kg/∅8mm 이상 유지되었다. 그러나 동결피해 2일 후 수확한 시험구는 저온저장 2주 이후부터 상온에 1주일 노출시킨 과실의 경도가 3.0kg/∅8mm를 넘지 못하였고, 동결피해 6일 후 수확한 시험구는 저온저장 8주 이후부터 상온에 1주일 노출시킨 과실의 경도가 3.0kg/∅8mm를 넘지 못하였다(Fig. 5).

Park과 Hong(2009)은 '후지'의 과냉각점이 -2.7부터 -3.1°C이지만 저온 조우기간이 길어질 경우 -2.4°C 이상에서도 24-26 시간 후에 열방출 현상과 함께 전체 과육조직의 빙결현상이 일어났다고 하였으며, Crisosto와 Kader(2008)는 과실의 동결점은 가용성 고형물 함량에 따라 달라진다고 하였다. Kim과 Park(2008)은 동결과와 저온저장(0°C) 90일 후 경도는 정상과와 차이가 없었다고 하였다. 본 실험은 -3.5°C 이하로 떨어진 시간이 7시간 정도이며(Fig. 1), 수확시의 가용성 고형물 함량이 14°Bx 이상으로(Table 1), Kim과 Park(2008)의 저온 정도(-3.0 ± 0.5°C) 및 저온 조우기간(15일) 및 저온 저장에 들어간 과실들의 가용성 고형물 함량(14°Bx 미만)에 차이가 있어 저온저장 중의 경도에 대한 결과(Fig. 5)가 앞선 보고(Kim과 Park, 2008)와 달랐던 것으로 추정되었다.

### 과육 갈변증상 발생률

모든 처리구의 저온저장 동안(20주) 2주 간격으로 과실 품질을 조사할 때마다 과육부분의 갈변 발생 여부를 조사한 결과, 과육 갈변증상이 나타난 과실은 없었다(자료 미제시). 다만 저온저장 24주 후 각 수확시기별로 150-200개 과실의 과육 갈변증상 발생을 조사한 결과(자료 미제시), 동결피해 전에 수확한 과실과 동결피해 2일 후, 동결피해 6일 후에 수확한 과실에서 각각 0.9%, 0.0%, 3.3%의 발생률을 보여, 본 시험에서는 동결피해가 과육 갈변 발생에 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다.

Park(2004) 및 Kim과 Park(2008)은 과실을 -3.0 ± 0.5°C

의 조건에서 15일 동안 동결시킨 후 0°C 조건에서 90-105일간 저장시켜 본 결과, 동결된 과실들의 과육 갈변 증상 발생률이 동결되지 않은 과실들보다 높았고, 특히 CA저장고에 저장한 동결과실들의 과육 갈변 증상 발생이 더 많았다고 보고하였다. Forney 등(2000)은 -8.5°C 조건에서 각각 0, 6, 24시간 동안 처리한 후 상온조건(20°C)에서 7일간 저장할 경우 동결시간이 길수록 갈변 발생률이 증가하였다고 보고하였다. 본 시험에서 동결이 과육 갈변 발생에 영향을 미치지 않은 것은 본 시험에서 동결점(-3.5°C) 이하의 경과시간(11월 3일: 7시간, 11월 4일: 2시간)이 앞선 보고(Forney 등, 2000; Park, 2004)의 동결온도(-2.7에서 -8.5°C)와 지속시간(6시간-15일) 및 과실의 품종 및 가용성 고형물 함량 등 조건이 달랐기 때문인 것으로 추정되었다.

이상의 결과를 종합해보면, 동결온도, 동결 지속시간, 품종 및 과실의 가용성 고형물 함량에 따라 동결피해가 달라질 수 있고, 동결피해의 정도에 따라 저온저장기간과 유통기간이 달라질 수 있다. 수확시 가용성 고형물 함량이 14°Bx 이상인 '후지' 과실을 대상으로 조사한 본 시험에서는 '후지'가 이상저온(-3.5°C 이하에서 7시간 지속)에 의해 수체 상에서 과실이 동결될 경우 동결피해 1-2일 후에 바로 수확하는 것보다는 5-6일 후에 수확하는 것이 과실품질 유지에 유리한 것으로 판단되었다. 동결피해 6일 후에 수확한 과실이라도 저온저장 8주 이후에는 경도와 산 함량이 급속히 감소하므로 동결피해를 받은 과실의 저온저장 기간은 8주 이내로 하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

### 초 록

본 시험은 이상저온(-3.5°C 이하에서 7시간 지속)에 의해 수체 상에서 동결된 사과 '후지' 과실들의 수확시기에 따른 품질차이를 비교하고자 실시하였다. 수확 시기는 동결피해 1일 전, 동결피해 2일 후, 동결피해 6일 후였다. 시험에 조사된 과실들의 수확시 가용성 고형물 함량은 14°Bx 이상이었다. 동결피해 후 수확한 과실의 수확 시 정도 및 산 함량은

동결피해 전에 수확한 과실보다 낮았다. 저온저장 중의 에틸렌 발생량은 동결피해 후 수확한 과실이 동결피해 전에 수확한 과실보다 높았다. 동결피해 후 수확한 과실의 저온저장 동안의 품질저하는 동결피해 전에 수확한 과실보다 심하였다. 동결피해 후에 수확한 과실의 저온저장 출고 후 실온 1주일째의 품질 저하는 동결피해 전에 수확한 과실보다 더 심하였다. 동결피해 후에 수확한 시험구들간의 비교에서는 저온저장 8주까지 동결피해 6일 후에 수확한 시험구의 에틸렌 발생량 및 과실품질 저하가 동결피해 2일 후에 수확한 시험구보다 낮았으나, 이러한 차이는 저온저장 8주 이후로는 없었다. 과육 갈변증상 발생률은  $-3.5^{\circ}\text{C}$  이하에서 7시간 동결될 경우 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

**추가 주요어 :** 상온저장, 에틸렌 발생량, 동결 기온, 호흡속도

## 인용문헌

- Crisosto, C.H. and A.A. Kader. 2008. Peaches, In: K.C. Gross, C.Y. Wang, and M. Saltveit Jr. (eds.). The commercial storage of fruits, Vegetables, and florist and nursery stocks (Website version, Revised April 2004). Agr. Handbook No 66. USDA-ARS.
- Forney, C.F., M.A. Jordan, and K.U.K.G. Nicholas. 2000. Volatile emission and chlorophyll fluorescence as indicators of freezing injury in apple fruit. *HortScience* 35:1283-1287.
- Gorini, F.L. 1963. Experiments on the thawing of apples for 42 hours at  $-5^{\circ}\text{C}$ . *Fruittic.* 25:647-650.
- Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. p. 19-30. USDA. Agric. handbook. No. 66.
- Iwanami, H., S. Moriya, N. Kotoda, S. Takahashi, and K. Abe. 2005. Influence of mealiness on firmness of apples after harvest. *HortScience* 40:2091-2095.
- Kim, J.J. and Y.M. Park. 2008. Respiratory metabolic changes in 'Fuji' apples during prestorage exposure to freezing temperature and subsequent refrigerated storage as related to the incidence of flesh browning. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49: 232-238.
- Kim, W.S. and M.S. Kim. 2004. Postharvest physiology. p. 314-344. In: S.D. Oh (Ed.). *Fruit tree physiology in relation to temperature*. Gilmogm Press, Seoul, Korea.
- Lutz, J.M. 1936. The influence of rate of thawing on freezing injury of apples, potatoes and onions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 33:227-233.
- Park, Y.M. 2004. Storage response of 'Fuji' apples to postharvest near-freezing temperature exposure and subsequent elevated carbon dioxide atmospheric condition. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45:31-37.
- Park, Y.M. and Y.P. Hong. 2009. Methodological approach to evaluate freezing points of peach and apple fruits through exotherm study. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:601-606.
- Yun, J.I. 2002. Urbanization effect on observed warming in Korea during the recent half century. *Kor. J. Agric. For. Meteorol.* 4:58-63.