

수확기 동상해 피해가 ‘부유’ 단감의 저장 품질에 미치는 영향

조윤희 · 최성태 · 김성철 · 김은경 · 황연현 · 김은석 · 안광환*

경상남도농업기술원 단감연구소

Effect of Freeze Injury by Weather on Quality of ‘Fuyu’ Sweet Persimmon at Harvest and Subsequent Storage

Yun Hee Jo, Seong-Tae Choi, Seong-Cheol Kim, Eun-Gyeong Kim,
Yeon-Hyeon Hwang, Eun-Seok Kim, and Gwang-Hwan Ahn*

Sweet Persimmon Research Institute, Gimhae 50871, Korea

Abstract Persimmons on the trees are often exposed to weather condition of cold temperature before harvest, which affects the fruit quality at harvest time and later storage. This study investigated the effect of the harvest season temperature on the storage quality of ‘Fuyu’ sweet persimmons. Monitoring the temperature changes in the orchard showed five times of cold temperature below the freezing temperature of persimmon, -2.1°C , in the harvesting period between mid October and mid November with the lowest being as low as -5.4°C . Among three different harvestings, the tertiary one at mid November showed decreased ‘L’ value and consistently high ‘a’ value of color index and high reduction in hardness during 150 days storage of fruits at 0°C showing freeze-injured symptoms, compared to the first one at mid October and the second one at early November. The fruits of first harvest maintained consistently hard texture with increased ‘a’ color value probably due to postharvest ripening. The tertiary harvest exhibited increase in fructose and glucose contents and decrease in sucrose of the fruits, being very different from the first and secondary harvests which maintained constant level of all three free sugars. Mid November with possible sudden temperature drop is unsuitable period for harvesting sweet persimmons in the quality at harvest and later storage, and thus the harvest should be designed to be done before that time.

Keywords Harvest time, Sweet persimmon, Quality characteristics, Storage, Freeze-damage

서 론

소비자들이 선호하는 ‘부유’(*Diospyros kaki* Thunb. cv. Fuyu)는 만생종 완전단감의 대표적인 품종이다. ‘부유’ 단감의 재배면적은 2013년 기준 10,593 ha로 전체 단감재배면적의 82%를 차지하고 있으며 지역별 재배면적은 7,789 ha로 경남이 최대 주산지이며¹⁾, 2014년 기준 연평균 기온은 13°C 이며 최저기온은 -0.5°C 로써 단감을 재배하기에 적합한 기후를 조성하고 있다²⁾. 단감은 아미노산(amino acid), 비타민 C(vitamin C), 무기물, 식이섬유소(dietary fiber) 및 페놀

화합물(phenolic compounds) 등 기능성 물질을 다량 함유하고 있어 항산화 효과³⁾와 더불어 항알러지⁴⁾, 항응고⁵⁾ 효과가 뛰어나다. 이는 과피색, 가용성 고형분 함량, 탄닌의 수렴 정도 등 숙성 정도에 따라 품질이 결정되므로⁶⁾, 과실의 숙성이 충분히 진행되도록 수확시기를 결정해야 한다^{7,8)}. 하지만 최근 가을 수확철 생산지에 갑작스러운 이상저온 현상이 나타나면서 과실이 수확되기 전에 저온장해나 동해 피해가 급증하고 있다. 저온으로 인한 동상해는 과실의 직접적인 품질 저하의 요인이 되어 저장 중 품질변화에 영향을 미칠 것이며⁹⁾, 품질저하로 인해 상품으로서 가치가 하락함에 따라서 농가의 단감 생산 안정에 문제가 발생할 것으로 판단된다.

현재 국내에서 ‘부유’ 감나무의 저온장해나 동상해 피해와 관련하여 감나무 수체 생장¹⁰⁾, 수확 시기별 단감 성장

*Corresponding Author : Gwang-Hwan Ahn
Sweet Persimmon Research Institute, Gimhae 50871, Korea
Tel : +82-55-254-1563, Fax : +82-55-254-1559
E-mail : ahngh1@korea.kr

관련 연구⁷⁾, 감나무 표고별 동상해 피해 정도¹¹⁾ 등 감나무 수체 관련 연구한 결과는 있지만, 단감 과실을 대상으로 동해 피해발생 시기조사 또는 동해피해 과실 저장 중 변화에 관련한 연구 보고는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 단감과원의 동상해 피해 발생 저온 내습 시기 조사와 더불어 단감의 수확 시기별 동상해 유무에 따른 품질변화 및 저장성에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 처리 및 저장조건

동상해 피해를 입기 전과 후의 과실품질 차이를 확인하기 위해서, 경남 김해에 위치한 단감연구소 내 과원에서 '부유' (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Fuyu) 단감을 시험품종으로 선정하였다. 사용할 과실은 동상해 피해가 발생하기 전 2014년 10월 말에 1차 수확, 11월 초 2차 수확 그리고 발생 후 11월 중순 3차 수확으로 각각 수확 시기를 달리하여 과실을 수확한 후, 균일한 중량(220±10 g)의 과실을 선별하여 3일 동안 예건을 거쳐 50 µm 두께의 LDPE (51×12.5 cm) 포장지에 5개씩 포장한 후 0°C 저온저장고에 저장하였다. 3차 수확을 끝으로 약 30일 단위로 저장 중 수확 시기별 동상해 정도 차이에 따른 단감의 색도, 경도, 당도, 유리당 함량 조사를 실시하였다.

2. 조사과실 품질 측정

단감과원의 최저기온이 나타난 시점을 확인하기 위해 과원에 위치한 시험수 주변에 디지털 온도기록계(Thermo Recorder TR-71Ui., T&D CORP., Nagano, Japan)를 설치하여 실시간 온도변화를 관찰·기록하여 온도에 따른 동상해 피해 정도를 확인하고자 하였다. 과실의 색도, 경도, 당도 조사 방법은 다음과 같다. 저장 중 과실 표면의 색 변화를 확인하기 위해서, 색도값은 휴대용 분광측색계(CM-508i, Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)를 이용해 Hunter L, a, b 값을 측정 후 ΔE값을 이용하여 처리구별 저장기간 중 색차 정도를 확인하였다. 조사과실의 단단한 정도를 확인할 수 있는 경도는 경도계(Ver. 4.10.1., Labtron Co., Busan, Korea)를 사용하였으며, 기기에 장착된 직경 5 mm의 탐침을 이용하여 3 mm/sec 속도로 과실 표면으로부터 과육 내부 10 mm까지 진입했을 때 얻어지는 평균 최대값을 N으로 나타내었다. 단감의 가용성 고형물 함량은 과실의 표면에서 약 2 cm 깊이까지 착즙한 샘플을 굴절당도계(PAL-1, Atago Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정 후 그 값을 °Brix로 표기하였다. 유리당 함량 분석은 Carbohydrate column (4.6×250 mm Cartridge, Waters, Ireland)을 장착한 HPLC (Waters 2690 Separations Module., Waters, MA, USA)를 사용하였으며, 전처리된 샘플 1 mL를 취하여 0.45

µm membrane filter로 필터 후 40°C로 설정한 column에 10 µL씩 주입하여 분석을 실시하였다. 이동상은 acetonitrile 과 water (80:20, v/v)로 유량은 1.5 mL/min였으며, 검출은 Refractive Index(RI) detector를 이용하였다. 정성 및 정량은 과당(fructose), 포도당(glucose), 설탕(sucrose) 표준품을 이용하였다.

3. 통계처리

수확시기별 저장기간 동안의 데이터에 대한 결과분석은 PASW Statistics 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시한 후, Duncan's multiple range test에 따라 $p < 0.05$ 수준에서 평균들 간의 유의성 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 온도변화

과실에 동상해 피해가 발생할 만큼의 급작스러운 저온이 내습한 시기 및 그 횟수를 파악하기 위해서 11월 초부터 11월 말 중점으로 시험수 주변의 온도변화를 관찰하였으며, 그 데이터는 Fig. 1에서 확인할 수 있다. 동해로 인한 대부분 식물의 생리적 변화는 주로 동결점 이하의 낮은 온도에서 발생하므로, 과실의 동상해 유무는 감의 동결온도인 -2.1°C를 기준으로 하였다¹²⁾. 11월 1일부터 10일 사이 온도는 최저 0.0°C, 최고 22.5°C로써, 감의 동결온도를 기준으로 동결에 의한 동상해 피해는 거의 없을 것으로 판단하였다. 하지만 11월 11일부터 20일 사이 온도는 최저 -5.4°C 최고 18.0°C를 나타내었으며, 이 기간에는 과실에 동상해 피해를 입힐 정도의 저온이 5회 내습한 것으로 확인되었다. 특히 11월 19일 최저 -5.4°C로 감의 동결온도 -2.1°C보다 3.3°C 낮아서, 이 시기에 수확한 감은 동상해 피해가 클 것으로 판단하였다. 이후 11월 30일까지 온도가 상승하여 최저온도 1.0°C 및 최고온도 17.0°C 사이를 유지하였다. 따라서 2014년에는 11월 중순에 과실 동해가 발생할 만큼의 낮은 온도가 5회 발생함에 따라 과실의 적정 품질을 위한 수확시기는 10월 말부터 11월 초가 적합했던 것으로 판단된다. 1차 수확 시기인 10월 말의 경우, 최고온도 24.6°C, 최저온도 8.9°C로 감의 동결점보다 6.8°C 정도 높아 수확하기에 적합한 온도라 판단하여 데이터를 제시하지 않았다¹³⁾.

2. 색도

저장 중 과실 표면의 색 변화를 관찰한 결과는 Table 1에서 확인할 수 있다. 1차 수확단감의 색도 L값은 저장 150일 49.4로 초기 53.6를 기준으로 4.2만큼 감소하였으며, a값은 초기 23.7에서 저장 60일까지 32.2로 급격히 증가하여 저장 150일 시점에 29.9로 평균 30.8의 값을 유지하였다. b값

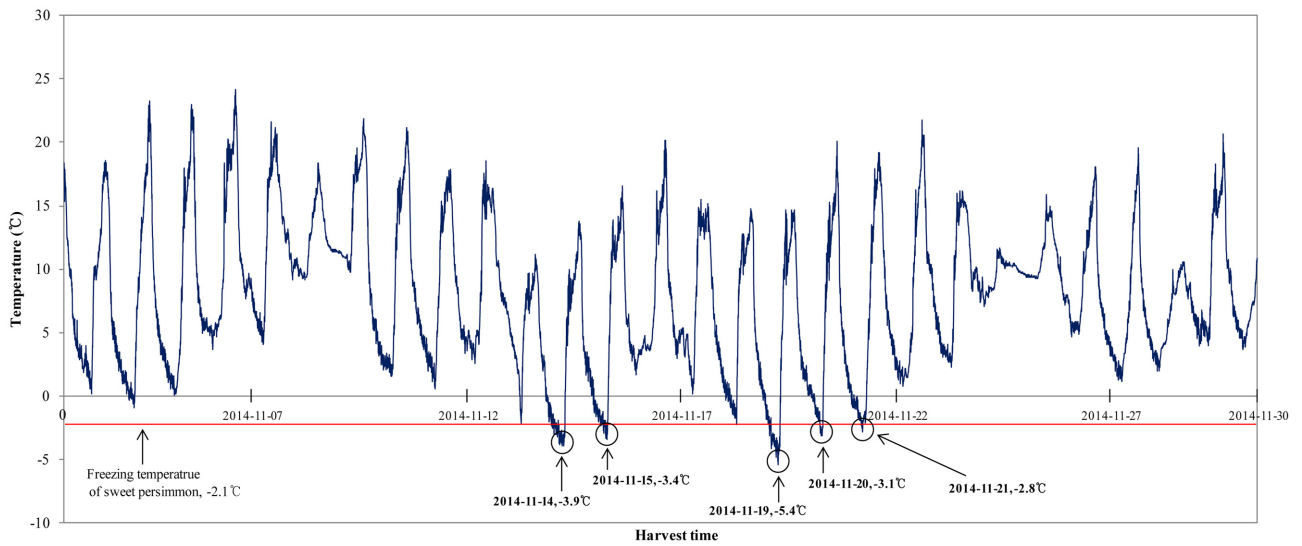


Fig. 1. Temperature change for sweet persimmon orchard at Gimhae Korea in November, 2014.

Table 1. Change in surface color of sweet persimmon during storage at 0°C for 150 days

Harvest time	Color	Initial	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days
Primary Harvest ¹⁾	L	53.6±1.5	51.7±1.5	51.5±0.9	51.5±0.8	51.0±2.1	49.4±0.5
	a	23.7±1.8	28.3±3.5	32.2±2.5	29.9±1.7	31.0±3.2	29.9±3.0
	b	28.5±1.4	28.1±1.5	27.5±0.7	28.1±0.8	27.3±2.4	25.6±1.6
	ΔE	0.0±0.0	5.7±3.0a ^{4,5)}	8.9±2.4b	6.7±1.6ab	8.8±1.9b	8.3±2.4ab
Secondary Harvest ²⁾	L	51.6±1.4	50.5±1.7	50.1±0.9	50.4±1.7	49.9±1.6	48.2±0.7
	a	30.3±3.0	31.7±3.3	33.1±2.0	32.6±2.5	33.6±0.5	33.5±1.7
	b	27.2±2.2	27.9±1.6	27.0±3.1	27.2±0.5	26.5±1.2	25.8±1.4
	ΔE	0.0±0.0	4.1±1.5a	4.3±2.2ab	3.4±1.9a	4.2±0.9a	5.1±1.3b
Tertiary Harvest ³⁾	L	55.1±1.0	51.5±2.2	49.7±2.7	50.2±1.2	48.4±1.9	47.1±2.6
	a	33.9±2.0	35.9±1.8	34.9±2.7	35.2±2.1	35.0±0.7	34.5±2.2
	b	30.1±1.1	28.4±1.4	26.9±2.7	27.5±0.9	25.4±1.8	24.2±2.2
	ΔE	0.0±0.0	4.7±2.6a	7.0±3.2ab	6.0±1.7ab	8.3±2.5bc	10.1±3.3c

¹⁾In the middle of October.

²⁾At the beginning of November.

³⁾In the middle of November.

⁴⁾Values are means±standard deviations (n=9).

⁵⁾Values with different alphabetical superscript are significantly different within a row according to Duncan's multiple range at α=0.05.

은 수확 직후 28.5, 저장종료시점 25.6으로 측정되어 저장 중 큰 변화가 없었음을 확인하였다. 2차 수확단감의 경우, 색도 L값은 초기 51.6에서 저장 150일 48.2로 측정되어 3.4만큼 과피의 명도가 감소하였다. 색도 a값은 수확 직후 30.3에서 저장 150일 33.5, 그리고 b값은 수확 후 27.2 및 저장종료시점 25.8로 a값과 b값 모두 저장 중 큰 변화는 없었다. 반면, 3차 수확단감은 색도 L값이 초기 55.1로 시작하여 저장 중 지속적인 감소로 저장 150일 후 47.1로 초기대

비 8.0 감소함에 따라 1, 2차 L값과 비교해 약 2배정도 과 피가 어두워짐을 확인하였다. 색도 a값은 초기 33.9, 저장 150일 34.5로 저장 중 값의 변화는 발견되지 않았으나, 색도 b값은 초기 30.1에서 저장 150일 후 24.2로 세 처리구 중에서 3차 수확단감의 b값 변화 정도가 가장 컸다.

전반적으로 과실 표면 색변화를 관찰한 결과, 1차 수확 단감의 경우 a값의 증가로 인한 색차로써 저장 중 후숙에 의한 것이며, 3차 수확단감의 경우 L, b값의 감소에 의한

것으로 저장 중 후숙보다는 수확 전 동상해 피해에 의한 저온장해로 과피가 붉어진 후 저장 중 그 부위를 시작으로 갈변 또는 연화의 진행으로 과색이 어두워진 것으로 판단된다. 과실의 색은 저온에서 후숙이 진행됨에 따라서 밝은 주홍빛에서 붉은빛으로 변하여 색도 L, b값은 감소하고 a 값이 증가한다는 보고^{14,16)}와 일치하였으며, 이는 수확 시기 별 저온장해나 동상해 피해 정도에 따라서 차이가 있다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 경도

저장 중 과실의 경도변화 결과는 Table 2에서 확인할 수 있다. 초기 과실 경도는 동상해 피해를 받지 않은 1차 수확단감의 경도가 가장 높은 반면에 동상해 피해를 받은 3차 수확단감의 경도는 가장 낮은 값을 보였다. 이는 수확시기에 따른 과육부의 후숙 또는 동상해 정도에 의해 발생한 차이로써, 경도 초기대비 경도 감소율을 계산하여 단감 과육부의 경도 감소 변화를 확인하였다.

수확시기가 가장 빨랐던 1차 수확단감은 초기 24.9 N에서 저장 150일 후 23.3 N으로 초기대비 약 6.7% 정도 감소를 보였으며, 2차 수확단감은 수확직후 22.5 N을 기준으로 하여 저장 30일 23.7 N으로 경도가 다소 증가하였다가 저장 종료시점까지 약 21.5 N 정도의 경도를 유지하여 초기대비 저장 150일 후 약 8.5%의 경도 감소율을 보였다. 3차 수확단감의 경우, 수확 후 20.3 N에서 저장 30일 23.2 N으로

초기대비 약 14% 일시적으로 증가하는 경향을 보였다. 이후 저장 120일까지 9.4% 감소하여 1, 2차와 비슷한 감소율을 보이는 듯 했으나, 저장 150일 시점에 11.3 N으로 초기대비 약 44.2%로 절반 가까이 감소하였다. 두 처리구와 비교하여 3차 수확단감의 경도 감소율이 크게 증가함과 더불어 처리구별 저장기간 사이의 통계분석 결과에서도 경도에 대한 유의적 차이($p<0.05$)가 존재함을 확인하였다. 전반적으로 장시간 저온에 노출되어 동상해 피해를 받아 식물 조직의 상처나 파괴되어 감 과육부에 발생한 갈변 현상이^{17,18)} 연화로 이어진 것으로 판단되며, 이는 Chung⁹⁾의 결과와 일치하였다.

4. 가용성 고형물 함량

단감 과실의 저장 중 가용성 고형분 함량 변화는 Table 3에서 확인할 수 있다. 1차 수확단감의 초기 당도는 15.1 °Brix로 세 처리구 중에서 가장 낮은 함량을 보였으나, 저장 150일에 16.6 °Brix로 증가하였다. 2차 및 3차 수확단감의 당도 함량은 수확직후 16.7 °Brix로 같은 값을 보였으며, 이후 2차 수확단감은 저장 종료 시점에 16.2 °Brix, 3차 수확단감은 저장 150일까지 약 16.8 °Brix의 가용성 고형분 함량을 유지하였다.

통계 처리 결과, 1차 수확단감의 당도는 저장기간이 길어 질수록 증가하여 초기와 저장 150일 사이에 유의적으로 차이($p<0.05$)가 있었던 반면에, 3차 수확단감은 초기부터 저

Table 2. Change in hardness of sweet persimmons during storage at 0°C for 150 days

Harvest time	Initial	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days
Primary Harvest ¹⁾	24.9±1.7a ^{4,5)}	24.3±1.9b	22.4±2.7ab	24.1±2.1ab	22.7±2.4b	23.3±1.2ab
Secondary Harvest ²⁾	22.5±3.2ab	23.7±1.8a	20.9±2.1bc	21.6±1.0bc	19.7±1.9c	20.6±1.3bc
Tertiary Harvest ³⁾	20.3±2.7ab	23.2±2.1a	19.9±5.9ab	18.8±2.7b	18.4±3.5b	11.3±6.0c

¹⁾In the middle of October.

²⁾At the beginning of November.

³⁾In the middle of November.

⁴⁾Values are means±standard deviations (n=9).

⁵⁾Values with different alphabetical superscript are significantly different within a row according to Duncan's multiple range at $\alpha=0.05$.

Table 3. Change in soluble solid content of sweet persimmons during storage at 0°C for 150 days

Harvest time	Initial	30 days	60 days	90 days	120 days	150 days
Primary Harvest ¹⁾	15.1±0.8a ^{4,5)}	16.1±1.4bc	15.9±0.5abc	16.2±0.5abc	15.6±0.1ab	16.6±0.6c
Secondary Harvest ²⁾	16.7±0.8b	16.3±0.3ab	16.4±1.0ab	16.4±0.7ab	16.2±0.6ab	15.9±0.1a
Tertiary Harvest ³⁾	16.7±0.6a	16.9±0.6a	16.8±0.3a	16.5±0.8a	16.4±0.8a	16.9±0.5a

¹⁾In the middle of October.

²⁾At the beginning of November.

³⁾In the middle of November.

⁴⁾Values are means±standard deviations (n=9).

⁵⁾Values with different alphabetical superscript are significantly different within a row according to Duncan's multiple range at $\alpha=0.05$.

장종료시점까지 일정한 값을 유지함으로써 유의적 차이($p > 0.05$)는 없었다. 3차 수확단감의 당도는 수확이 늦어지는 과정에서 -2°C 이하의 저온 내습으로 동상해 피해를 받아 과육이 물러진 상태에서 저장으로 이어져 과육 내 수분의 증발과 동시에 과즙의 점도 증가로 인해 저장 종료 시점에서 세 처리구 중 당도함량이 가장 높은 것으로 판단된다.

5. 단감 과실 내 유리당 함량

수확시기별 과실의 유리당 함량을 조사한 결과는 Fig. 2에서 확인할 수 있다. 세 처리구의 fructose 및 glucose 함량의 변화는 비슷한 경향을 보였다. 우선, 1차와 2차 수확단감의 fructose는 각각 2.3와 2.5% 정도의 함량을 저장기간 내내 유지하였다. 3차 수확단감의 fructose 함량은 수확직후 1.9%에서 저장 종료 시점에 5.7%로 증가함에 따라 두 처리구와 비교하여 3%정도 증가했음을 확인할 수 있었다. 또한, 저장 중 수확 1, 2차 수확단감의 glucose 함량은 저온에서 각각 평균 2.6과 2.8%를 유지하였으나, 3차 수확단감은 초기 2.2%에서 5.7%로 증가하였다. 반면에 sucrose 함량은 세 처리구 모두 대체적으로 감소하는 경향을 보였다. 10월 말에 수확한 1차 수확단감은 저장 30일을 제외하고 초기 sucrose 함량 9.2%에서 시작하여 저장이 종료된 시점에 8.3%로 감소를 보였다. 2차 수확단감은 수확직후 과실 내 10.6%의 sucrose가 존재하였지만, 저장 60일 동안 9.6%까지 감소하였다. 이후 저장 종료 시험까지 약 7.5% 함량을 유지하였다(저장 90일을 제외). 마지막으로 3차 수확단감은 2차와 동일하게 초기 10.6%의 sucrose 함량을 보였으나 150일 동안 2.0%까지 지속적인 감소를 보였다. 이 결과를 바탕으로, 동해를 입은 후 수확한 과실 내 sucrose는 빠른 속도로 분해되어 그 함량이 감소하였으며 glucose와 fructose 함량은 증가함을 확인할 수 있었다.

요 약

단감은 수확 전 저온에 노출되는 경우가 종종 발생하며, 저온에 노출된 단감은 수확 후 저장 품질이 저하될 우려가 있다. 본 연구는 수확시기별 단감 과원의 기온이 ‘부유’ 단감의 저장 품질에 미치는 영향을 조사하였다. 10월 중순에서 11월 중순 사이에 단감 과원의 기온변화를 관찰한 결과, 단감의 동상해를 유발하는 온도의 -2.1°C 이하의 저온이 과수원에 5회 내습하였으며, 그 중 11월 19일 -5.4°C 로써 수확기 중 가장 낮은 기온을 기록하였다. 0°C 의 저장고에서 150일 저장하는 동안, 세 처리구 중 3차 수확단감은 1, 2차와 비교하여 지속적으로 높은 a값을 유지하였지만 L값과 경도는 감소함에 따라서 이는 동상해 피해 증상으로 인한 품질저하로 판단된다. 반면에, 1차 수확단감은 저장기간 중 a값의 증가와 높은 경도를 일정하게 유지하여 수확 후 저장

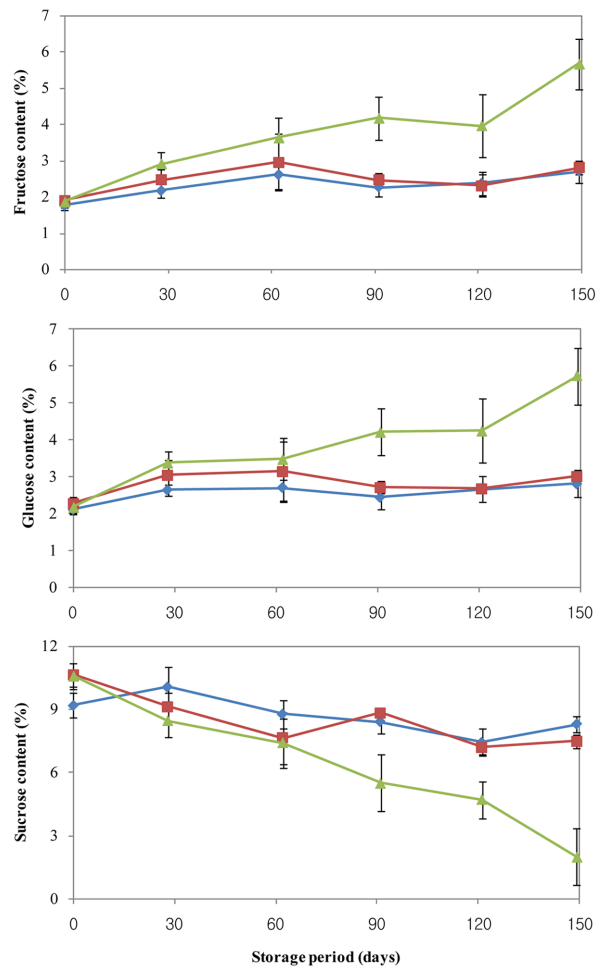


Fig. 2. Change in free sugar contents of sweet persimmons during storage period at 0°C . Error bar is standard deviation. ●: Primary harvest; ■: Secondary harvest; ▲: Tertiary harvest.

중 후숙에 의한 변화로 보였다. 또한, 유리당 함량 변화에서 1, 2차 수확단감은 fructose, glucose 및 sucrose 모두 비슷한 수준을 유지하는 반면에 3차 수확단감은 fructose와 glucose 증가 및 sucrose 감소하는 경향을 보여주었다. 결론적으로, 기온저하가 급작스럽게 발생할 수 있는 11월 중순은 수확 및 저장 과실 품질 저하를 유도할 수 있어 적합하지 않는 시기이므로, 이 시기 전에 수확을 완료할 수 있도록 수확시기를 결정하는 것이 적합한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2014~2016년도 농촌진흥청 농업과학기술개발 FTA대응 경쟁력향상 기술개발사업(PJ010536062015)의 지원에 의해 수행된 연구결과로, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korea Rural Economic Institute. (2014). Monthly sweet persimmon report. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea.
2. Korea Meteorological Administration. (2014). Annual climatological report. Korea Meteorological Administration, Naju-si, Jeollanam-do, Korea.
3. Lee, S.-J., Ryu, J.-H., Kim, R.-J., Lee, H.-J. and Sung, N.-J. 2010. Effect of removed peel from sweet persimmon on nutritional ingredients and antioxidant activities. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1495-1502.
4. Kotani, M., Matsumoto, M., Fujita, A., Higa, S., Wang, W., Suemura, M., Kishimoto, T. and Tanaka, T. 2000. Persimmon leaf extract and astragaloside inhibit development of dermatitis and IgE elevation in NC/Nga mice. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 106: 159-166.
5. Lee, Y.-C., Sa, Y.-S., Jeong, C.-S., Suh, K.-G. and Choi, H.-S. 2001. Anticoagulating activity of persimmon and its processed foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 949-953.
6. MacRae, E.A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 15: 333-344.
7. Choi, S.-T., Park, D.-S., Son, J.-Y., Park, Y.-O., Hong, K.-P. and Cho, K.-S. 2013. Climate-related changes in fruit growth of 'Fuyu' persimmon during the harvest season. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31: 32-37.
8. Lim, B.-S., Chung, D.-S., Yun, H.-K., Hwang, Y.-S. and Chun, J.-P. 2005. Symptoms of freezing injury and mechanical injury-induced fruit rot in 'Niitaka' pear fruit (*pyrus pyrifolia* Nakai) during low temperature storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23: 282-286.
9. Chung, D.-S. and Bae, J.-E. 2014. The quality change and storage life of 'Fuyu' persimmon chill-injured in tree. *J. Korea Society of Packaging Sci. & Tech.* 20: 59-63.
10. Choi, S.-T., Park, D.-S., Son, J.-Y., Park, Y.-O., Hong, K.-P. and Rho, C.-W. 2013. Tree response of 'Fuyu' persimmon to different degrees of cold damage on the buds at budburst. *Korean J. Environ. Agric.* 32: 55-60.
11. Kang, S.-K., Ahn, K.-H., Choi, S.-T., Do, K.-R. and Cho, K.-S. 2014. Effect of planting site and direction of fruiting on fruit frost damage in persimmon (*Diospyros kaki* 'Fuyu') fruits from environment-friendly orchard. *Korean J. Organic Agri.* 22: 789-799.
12. Lee, D.S., Yam, K.L. and Piergiovanni, L. 2008. Food Packaging Science and Technology. CRC Press
13. Korea Meteorological Administration. (2014). Domestic climate data for October, 2014. Korea Meteorological Administration, Seoul, Korea.
14. Lee, E.-J. and Yang, Y.-J. 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38: 516-519.
15. Yang, Y.-J., Choi, S.-J. and Lee, C.-H. 1999. Effect of exposure to elevated CO₂ atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40: 352-354.
16. Chae, S., Hong, S.-I. and Kim, D. 2004. Storage quality of 'Fuyu' sweet persimmon as influenced by pretreatment temperature and film packaging. *Food Sci. Biotechnol.* 13: 790-795.
17. Choi, S.-J. 1998. The relationship among flesh browning, membrane permeability, and fatty acid composition in 'fuyu' persimmon fruits. *Korean J. Postharvest Sci. Technol* 5: 35-39.
18. Choi, S.-J., Yang, Y.J. and Lee, C.H. 1998. The physiological properties of 'Fuyu' persimmon fruits suffering from blossom-end browning disorder. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39: 741-744.