

예건 처리 온도에 따른 단감(부유)의 품질 변화 조사

박성진¹ · 조광식² · 김준태¹

¹계명대학교

²국립원예특작과학원 배시험장

Effects of Pre-drying Process on the Quality of 'Fuyu' Persimmons

Sung Jin Park¹, Kwang Sik Cho², and Jun Tae Kim¹

¹Department of Food Science & Technology, Keimyung University, Daegu, Korea

²Pear Research Station, NIHHS, Rural Development Administration, Naju, Korea

Abstract Pre-drying of 'Fuyu' persimmon was performed right after harvesting from a farm. Pre-drying conditions were varied with room temperature (RT) for 1 day to 7 days, low temperature (LT, at 20~30°C) for 1 day to 4 days, high temperature (HT, at 30~40°C) for 3 h to 12 h, and ultra-high temperature (UT, at 50~60°C) for 30 min to 120 min. Weight loss of pre-dried persimmon was increased from 1.62% up to 2.96% with increased pre-drying temperature and time. Pre-drying at RT resulted more significant weight loss of persimmon compared to that of pre-drying at HT. Minimum firmness loss of persimmon stored at 0°C for 100 days was obtained at the condition of HT for 6 h. Rate of peel blackening was decreased from 31.5% to 16.4% and 10.9% by pre-drying at HT for 6 h and 9 h, respectively.

Keywords Persimmon, Pre-drying, Quality improvement, Firmness

서 론

‘부유’ 단감(*Diospyros kaki* Thunb.)은 전 세계에서 한 국에서 가장 많이 재배되는 품종으로 영양성분이 풍부하여 순환기 질환 및 당뇨병에 효과가 있다고 알려져 있으며, 당도가 높고, 과육의 경도가 단단하여 아삭한 식미를 가지며, 기호성이 높아 국내 소비뿐만 아니라 해외 수출이 확대되고 있는 과실이다^{1,2)}. 하지만, 단감은 사과, 배 등의 온대산 과실과 달리 수확 후 과실의 품질이 급격하게 저하된다는 단점이 있다. 단감의 품질저하는 수확 후 과실의 과숙 또는 노화에 의해서 발생하며, 그 외에도 저온 저장 후 상온에 노출하였을 때 품질의 저하가 급격히 발생한다. 단감의 주된 품질저하로는 에틸렌 발생에 의한 급격한 경도 감소 및 연화의 발생이 있다^{3,4)}. 또한, 과실의 저장과정에서 많이 발

생하는 생리적인 장애로 과피의 흑변이 있다. 과피의 흑변은 과실의 외관을 손상하여 상품 가치를 크게 떨어뜨리며, 단감의 해외 수출에 장애요인이 되고 있다⁵⁾.

과피흑변의 발생 원인은 아직 확실하게 밝혀져 있지 않다. 하지만 수확 후 예건 기간 없이 바로 저온 저장고에 입고하거나, 과숙 조건에서 저장 시 또는 산소 투과성이 높은 필름으로 포장한 MA (modified atmosphere) 저장 시 과피흑변의 발생율이 증가한다고 알려져 있다. 이는 과실 표면의 수분 함량이나 MA 포장 시 산소 농도가 과피흑변의 주된 원인으로 추정되고 있다⁶⁾. 단감농가에서는 관행적으로는 단감을 수확하여 3~6일 동안 야적하여 자연건조에 의하여 수분을 증발시키고, 이 기간 동안 수확과 선별, 포장한 후 저온저장고에서 저장을 실시하고 있다. 하지만 단감의 수확 시기가 10월에서 11월 중순 사이로 짧은 기간에 3~6일간 야적하게 되면 부족한 공간 문제와 함께 불규칙한 온도 및 습도 환경에 노출되기 때문에 비상품성 단감 발생율이 증가하게 된다.

본 연구에서는 관행적으로 사용되던 예건 조건을 좀 더 빠르고 효율적으로 하기위해 다양한 온도 조건에서 예건처

*Corresponding Author : Jun Tae Kim
Dept. Food Science & Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Tel : +82-53-580-5171, Fax : +82-53-580-5372
E-mail : jtkim92@kmu.ac.kr

리를 수행하고, 일정기간동안 저온저장하면서 예건처리 조건에 따른 단감의 품질변화를 측정하여 비교하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 쓰인 단감은 2014년 11월 초순에 경남 진영에서 수확한 '부유' 종이며, 중량 190 ± 20 g의 상품성이 균일하고 흠집이 없는 단감을 선과하여 각 처리군 별로 분배하여 실험하였다.

2. 예건 처리 및 저온 저장 방법

각 온도별로 상온(RT, room temperature), 저온(LT, low temperature), 고온(HT, high temperature), 초고온(UT, ultra-high temperature)으로 고정하고, 시간설정에 따라 예건 처리하였다(Table 1). 예건 처리된 단감은 0°C 저온저장고에서 예냉 및 15일 동안 저장 후 중량 감소율과 경도변화를 측정하였다. 단감의 저온 저장기간에 따른 예건 처리 효과를 확인하기 위해 예건 및 예냉 처리된 단감은 0°C 저온저장고에서 100일 동안 저장하였다.

3. 중량 감소율

예건 처리에 따른 단감의 중량변화는 수확된 단감의 초기 중량에 대한 예건 처리 후 0°C 저온저장고에서 예냉 및 15일 동안 저장 후 중량을 측정하였다. 각 처리군별 20개의 단감을 한 묶음으로 하여 초기 중량에 대한 처리 후 중량을 백분율로 환산하여 중량 감소율을 표시하였다.

4. 경도 및 100일간 저온저장 후 경도 감소율

단감의 경도는 직경 5 mm plunger를 부착한 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro systems Co., England)를 이용하여 측정하였다. 5 mm plunger를 1.0 mm/sec의 속도로 과육의 내부 10 mm까지 침투시킨 후 3~7 mm 깊이에서 측정된 평균 저항값을 N (newton) 단위로 하여 과육의 경도값을 표기하였다. 경도 감소율은 예건처리 하지 않은 단감의 초기 경도에 대한 예건 처리 후 100일간 저장된 단감의 경도를 이용하여 다음의 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

$$\text{경도 감소율 (\%)} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad (1)$$

W_i 는 초기 경도이고, W_f 는 저장된 단감의 경도를 나타낸다.

5. 과피 흑변 조사

과피의 흑변은 총 50개의 단감을 저온 저장 150일 후에 과실의 파선 또는 구름상의 흑점이 관찰되는 과실에 대하여 흑변 발생율을 백분율 (%)로 나타내었다.

6. 통계분석

모든 평가 결과는 SPSS program (IBM spss statistics 21.0)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였으며 사후분석은 Duncan's multiple range test에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 예건 처리조건에 따른 중량 변화

예건 처리조건에 따른 단감의 중량 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 단감의 중량 감소율은 일반적으로 예건 처리 시간이 증가함에 따라 크게 증가하는 경향을 보였다. 예건 처리하지 않은 대조군의 경우 $1.62 \pm 0.02\%$ 의 중량 감소율을 보였고, Fig. 1(a)에서 보듯이 상온(관행적 방법) 조건에서는 처리시간이 3일까지는 통계적으로 유의적인 차이($p > 0.05$)는 보이지 않았지만 5일과 7일 처리조건에서는 중량 감소율이 각각 $2.31 \pm 0.23\%$ 와 $2.96 \pm 0.52\%$ 로 유의적인 차이($p < 0.05$)를 나타내었다. 저온조건($20 \sim 30^{\circ}\text{C}$)에서는 대조군과 비교하여 1~3일까지는 유의적인 차이($p > 0.05$)가 없었으나 4일에는 $2.43 \pm 0.29\%$ 로 유의적인 차이($p < 0.05$)를 나타내었다. 하지만 건조시간이 짧은 고온($30 \sim 40^{\circ}\text{C}$)과 초고온($50 \sim 60^{\circ}\text{C}$)에서는 건조시간에 따른 중량 감소율이 유의적인 차이($p > 0.05$)를 보이지 않았다. 중량변화는 단감의 표피에 있는 수분의 증발 또는 증산 작용에 의해 단감 내부에 있는 수분의 방출에 의한 것으로 일반적으로 온도가 상승하거나 건조시간이 증가함에 따라 중량변화가 증가하게 되는데, 온도상승에 중량 감소는 주로 단감의 호흡작용이 증가하기 때문이라고 하였다^{7,8)}. 하지만 건조시간의 증가에 따른 중량 감소는 표피

Table 1. Pre-drying conditions of sweet persimmons

Temperature	Pre-drying time			
Control	-	-	-	-
Room temp. (RT)	1 day	3 days	5 days	7 days
Low temp. (LT, $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$)	1 day	2 days	3 days	4 days
High temp. (HT, $30 \sim 40^{\circ}\text{C}$)	3 h	6 h	9 h	12 h
Ultra high temp. (UT, $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$)	30 min	60 min	90 min	120 min

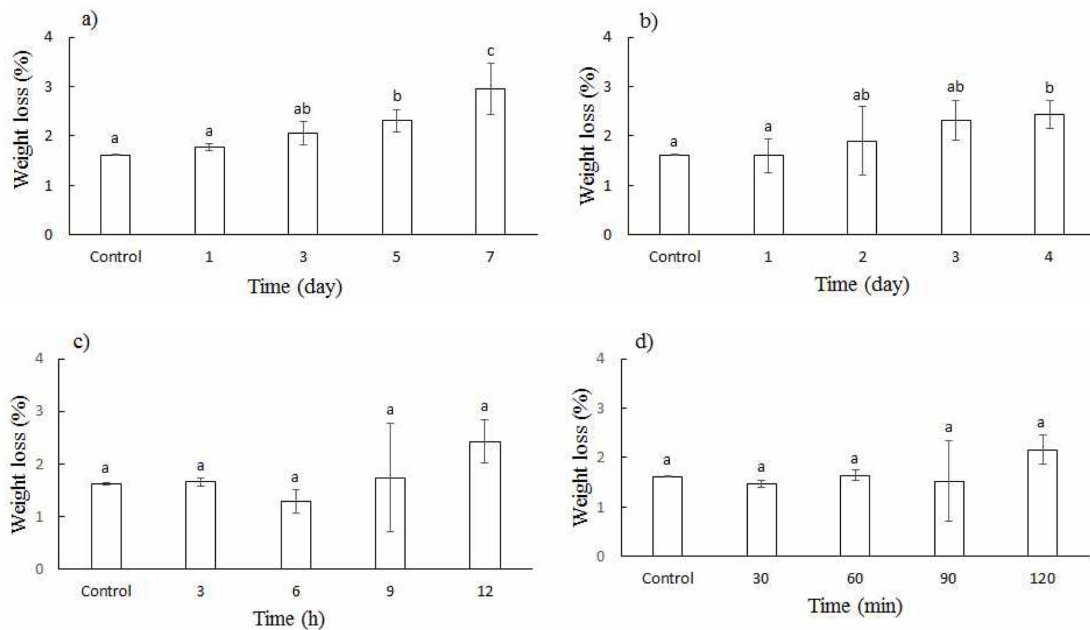


Fig. 1. Weight loss rate of 'Fuyu' persimmon by pre-drying conditions: (a) room temperature, (b) low temperature (20~30°C), (c) high temperature (30~40°C), and (d) ultra-high temperature (50~60°C). *Different alphabets indicate a significant difference at $p < 0.05$ by duncan's multiple range test.

의 수분 증발과 함께 내부에 있는 수분의 방출에 의한 것으로 사료된다. 하지만 본 연구에서는 고온과 초고온에서 예건 온도가 높지만 건조시간이 짧기 때문에 과실 표면의 수분은 증발하게 되지만 내부에 있는 수분이 방출되지 않아 중량 감소율에 큰 차이가 나지 않았다.

2. 예건 처리 단감 경도변화

예건 처리조건에 따른 단감의 경도변화는 Fig. 2와 같다. 대조군의 경도는 약 23.1 N을 나타내었고, 예건 처리 온도와 시간이 증가함에 따라 경도가 감소하는 경향을 나타내었다. 상온(RT)에서는 대조군과 비교하여 예건처리 후 단감의 경도가 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 경향을 보였으며, 예건 시간에 따라 18.4~20.0 N 사이의 경도를 나타내지만 예건 시간에 따라서는 유의적인 차이($p > 0.05$)는 보이지 않았다. 하지만 저온(20~30°C)과 고온(30~40°C)에서는 예건 처리 후 대조군과 비교하여 유의적인 차이($p < 0.05$)를 보였으며, 처리 시간이 증가함에 따라서는 유의성 있는 감소를 보였다. 특히 저온 4일 처리한 경우에는 경도가 19.2±0.84 N이며, 고온 12시간 처리한 단감의 경우 경도가 18.7±1.20 N까지 감소하였다. 초고온(30~40°C)에서는 예건 시간이 초기 30분과 60분으로 증가함에 따라 20.9±2.18 N과 19.6±2.10 N으로 감소하였으나 90분과 120분으로 예건 시간이 증가할수록 경도는 21.7±2.40 N과 22.3±1.80 N으로 다시 상승하였다. 통계적으로도 60분 조건과 비교 시 유의적인 차이를 보이고

는 있으나 단감과 같은 과실의 경도는 개체 차이에 의한 경도 차이가 컸기 때문이라고 보여 진다. 단감의 경도 측정 결과 기존의 농가에서 사용되던 상온에서의 7일간 예건 처리한 것 보다는 온도를 높이더라도 처리시간이 짧은 시간 조건에서 더 높은 경도를 보였고, 예건 시간이 증가할수록 경도는 감소함을 알 수 있었다.

3. 예건처리 단감의 100일간 저온저장 후 경도 감소율

Fig. 3은 예건 처리조건에 따른 100일간 저장된 단감의 경도 감소율을 나타낸 것이다. 예건 처리에 따라 경도 감소율은 감소하는 경향을 보였다. Fig. 3(a)에서 보듯이 상온(RT) 처리에서는 5일간 처리된 조건에서 경도 감소율이 16.0±5.5%로 가장 낮은 비율을 나타냈고, 통계적으로도 유의적인 차이($p < 0.05$)를 보였다. 저온(20~30°C)에서는 대조군에 비해 경도 감소율이 다소 감소하는 경향을 보이거나 처리 시간이 1 day인 조건을 제외하고는 유의적인 차이($p > 0.05$)가 없었다. 고온(30~40°C) 조건에서는 대조군에 비해 예건 처리된 단감의 100일간 저장 후 경도의 감소율이 유의적($p < 0.05$)으로 감소하는 경향을 보였고, 특히 고온 6시간의 조건에서는 경도 감소율이 12.9±3.8%로 가장 낮은 수치를 보였다. 하지만 초고온(50~60°C)에서 90분 처리 시에는 경도 감소율이 30.4±5.2%로 상승하는 경향도 보였다. 단감의 과육 경도는 품질에 매우 주요한 인자로서, 과육의 연화는 성숙과정의 일환으로 세포벽을 구성하는 다당류의 가용화에 의하여 일

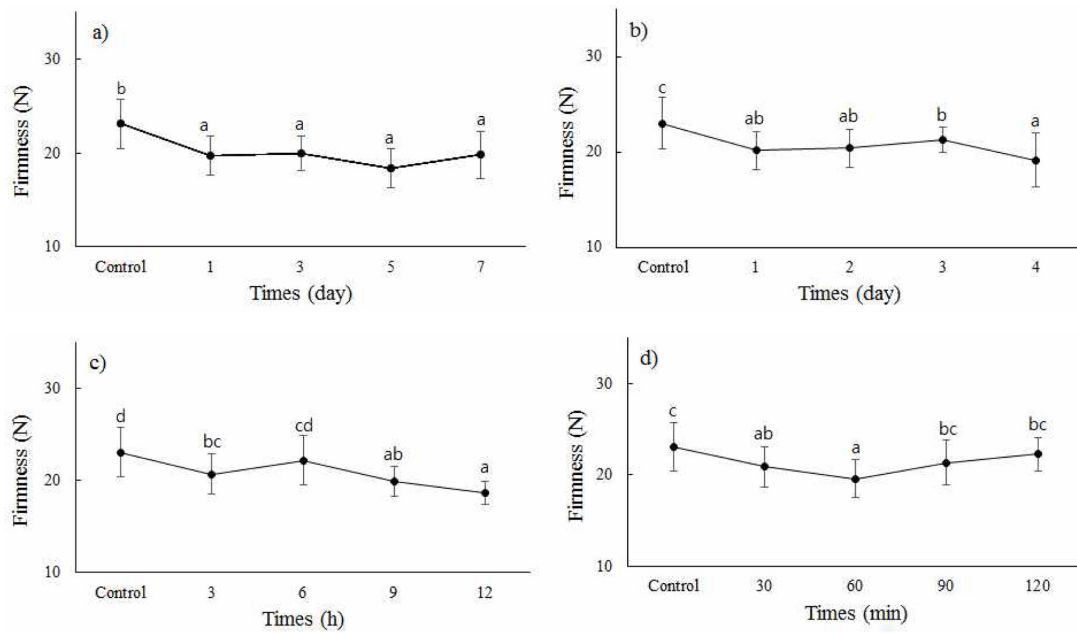


Fig. 2. Firmness of 'Fuyu' persimmon by pre-drying conditions: (a) room temperature, (b) low temperature (20~30°C), (c) high temperature (30~40°C), and (d) ultra-high temperature (50~60°C). *Different alphabets indicate a significant difference at $p < 0.05$ by duncan's multiple range test.

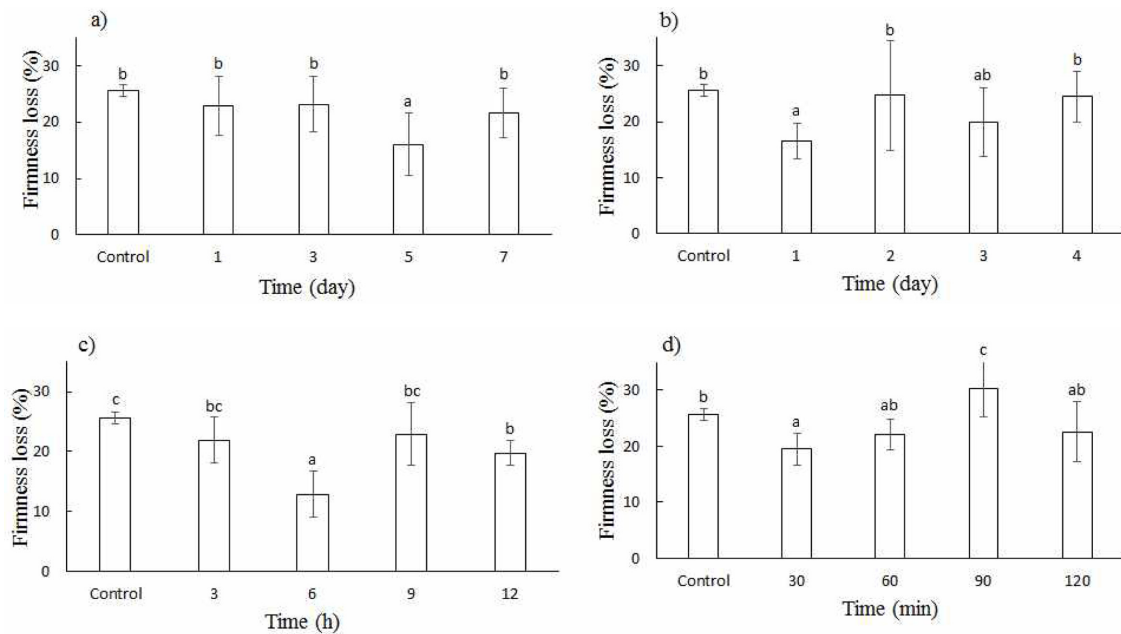


Fig. 3. Firmness loss rate of 'Fuyu' persimmon stored at 0°C cold storage for 100 days after pre-drying treatment: (a) room temperature, (b) low temperature (20~30°C), (c) high temperature (30~40°C), and (d) ultra-high temperature (50~60°C). *Different alphabets indicate a significant difference at $p < 0.05$ by duncan's multiple range test.

어나고⁹⁾, 특히 연화 속도는 수확 직후 매우 빨리 진행된다. 또한 단감의 경도가 감소하는 현상은 과육의 연화와 함께

저장 중 발생한 에틸렌에 의한 효소활성으로 인해 발생하게 된다¹⁰⁾.

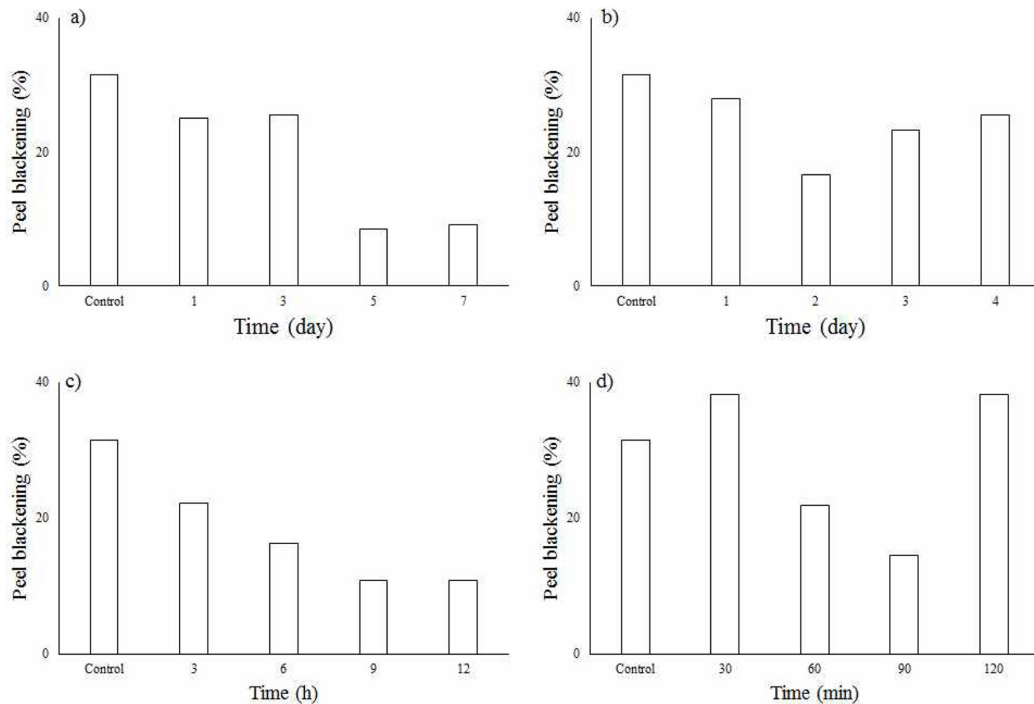


Fig. 4. Peel blackening of 'Fuyu' persimmon stored at 0°C cold storage for 100 days after pre-drying treatment: (a) room temperature, (b) low temperature (20~30°C), (c) high temperature (30~40°C), and (d) ultra-high temperature (50~60°C).

4. 예건 처리 단감의 과피 흑변 발생율

Fig. 4는 예건 조건에 따라 처리된 단감을 0°C 저온 저장고에서 150일 동안 저장 후 과피의 흑변 발생율을 나타낸 것이다. 예건처리 하지 않은 대조군의 경우 과피의 흑변 발생율이 31.5%이며, 예건 처리 온도가 상온(RT), 저온(LT), 고온(HT)의 조건에서는 감소하는 경향을 보였다. 상온 5일과 7일에서는 흑변 발생율이 8.6%와 9.1%로 예건 처리한 조건 중에서 가장 낮은 흑변 발생율을 나타내었고, 고온 조건에서는 처리시간이 증가함에 따라 흑변 발생율이 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 하지만 저온과 초고온(UT) 조건에서는 흑변 발생율이 처리 시간에 따른 유의적인 경향을 보이지 않았다. 단감의 과피 흑변은 전처리, 포장, 과실의 상태, 저장온도 또는 유통 등 외부적인 요인과 과실 표피에 과하게 남아 있는 수분에 의한 내부적인 요인에 의하여 발생하게 된다^{11,12)}. 본 연구에서는 저온의 경우에는 과실 표피에 존재하는 수분이 제대로 제거되지 못하였기 때문이며, 초고온에서는 과실의 예건 시간이 너무 짧아 예건 처리가 균일하지 못해 흑변과의 발생이 많이 발생한 것으로 보인다.

요 약

본 연구에서는 기존에 관행적으로 상온에서 방치되어오던 단감의 예건 조건을 온도와 시간을 달리하면서 단감의 중량

감소율, 경도 및 저온저장고에서 장시간 저장 후 경도 감소율을 비교하였다. 상온에서의 예건은 처리시간이 일주일씩 되기 때문에 수확 시기에 공간적인 문제와 함께 농가에서 어려움이 있어 예건 온도를 높이면서 처리시간을 단축하여 단감의 품질변화가 유지되거나 향상되는 예건 조건을 찾았다. 예건 처리 조건 중에서 고온(30~40°C) 6시간 처리 시 단감의 중량 감소율은 1.28±0.22%로 대조군의 1.62±0.02%보다도 약 20% 억제하는 경향을 보였고, 과육의 경도는 22.2±2.64 N으로 매우 단단한 경도를 보였으며, 저온저장고에서 100일간 저장 후 경도 감소율에서도 12.9±3.8%의 감소율을 보여 대조군에 비해 약 50% 향상되는 결과를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청산하 국립원예특작과학원 배연구소(과제번호: PJ010536042015) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- George, A.P., and Redpath, S. 2008. Health and medicinal benefits of persimmon fruit: a review. *Adv Hort Sci* 22, 244-249.

2. Gu, H.F., Li, C.M., Xu, Y.J., Hu, W.F., Chen, M.H., and Wan, Q.H. 2008. Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp. *Food Res Int* 41, 208-217.
 3. MacRAE, E.A. 1987. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand J. Exp. Agric.* 15: 333-344.
 4. Tanaka, M. 1983. Respiration, ethylene production and ripening of Japanese persimmon fruit at various stages of development. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 52, 78-84.
 5. Lee, Y.J., Lee, Y.M., Kwon, O.C., Jeong, S.J., Lee, Y.B., Cho, Y.S., Park, Y.M., and Kim, T.C. 2000. Effects of fruits size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41, 71-74.
 6. Choi, S.J. 2015. Sunlight causes skin blackening in 'Fuyu' persimmon fruits during storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 33, 55-60.
 7. Joo, M., Lewandowski, N., Auras, R., Harte J., and Almenar, E. 2011. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chem.* 126, 1734-1740.
 8. Kim, B.S., Lee, H.J., Park, H.W., and Cha, H.S. 2003. Effect of respiration and transpiration rates on the weight loss of various fruits (peach, apple, pear, persimmon, mandarin). *Kor. J. Food Preserv.* 10, 142-146.
 9. Huber, D.J. 1983. The role of cell wall hydrolase in fruit softening. *Hort. Rev.* 5, 169-219.
 10. Fisher, R.B., and Bennet, A.B. 1991. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Ann. Rev. Plant. Mol. Biol.* 42, 675-703
 11. Ben-Arie, R., and Zutkhi, Y. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified atmosphere packaging. *Hortscience.* 27, 811-813.
 12. Lee, Y.J. 2001. Discoloration disorders as influence by sealing method of PE film bag in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42, 721-724.
- : 2015.06.26 / : 2015.07.14 / : 2015.08.03