

## 현장 열수처리에 따른 온실재배 온주감귤 상품의 저장 중 품질특성 변화

이현희 · 홍석인\* · 손석민<sup>1</sup> · 김동만  
한국식품연구원, <sup>1</sup>호서대학교 식품생물공학과

### Effect of On-site Postharvest Hot Water Treatment on Storage Quality of Commercial Greenhouse Satsuma Mandarin

Hyun-Hee Lee, Seok-In Hong\*, Seok-Min Son<sup>1</sup>, and Dongman Kim

Korea Food Research Institute

<sup>1</sup>Department of Food and Biotechnology, Hoseo University

**Abstract** Greenhouse satsuma mandarins (*Citrus unshiu* Marc., cv. Gungchun) of an early harvesting cultivar were treated by hot water showering at 65°C for 10 s at a commercial scale in a packing house and then stored at 5°C for 3 weeks and subsequently at 18°C for 1 week (simulated shelf-life) to examine the potential use of hot water treatment (HWT) as an environmentally benign method to maintain mandarin quality characteristics during postharvest storage and sale. The respiration rate just after heat treatment or during storage was at a similar level in both the treated and untreated fruit. HWT also had no detrimental effects on quality attributes including pH, titratable acidity, soluble solids content, weight loss, firmness, and peel color. The development of stem-end rot, mold decay, and black rot was lower in the heat-treated fruit compared to those in the untreated control. A sensory evaluation showed that HWT markedly improved fruit appearance, making the fruit cleaner and glossier. The results suggested that HWT can be applied to satsuma mandarin as an effective pretreatment to maintain postharvest quality during storage and marketing.

**Keywords:** Satsuma mandarin, hot water dipping, postharvest treatment, decay control, citrus fruit

## 서 론

세계 감귤류(citrus) 생산은 105 백만톤으로 과실 중에서 생산량이 가장 많고 지금도 지속적으로 생산량이 증가하고 있다. 국내의 감귤재배 현황을 보면 2008년도 기준으로 재배면적이 21,000 ha로 전국과수 재배면적의 약 14%를 차지하며, 생산량은 63.6 만톤으로 전체 과일의 약 24%에 달하였다(1). 그러나 국내산 감귤은 지속적인 과잉생산과 WTO와 FTA 협상에 의한 시장개방, 그리고 품질위주로 변화되고 있는 시장패턴에 대한 대응책이 미흡하여 최근 들어 점차 소비량이 감소하고 있는 실정이다. 향후 전면적인 농산물의 수입개방에 따라 감귤을 포함한 국내산 농산물이 대외 경쟁력을 갖추기 위해서는 상대적으로 불리한 가격 경쟁력의 제고보다는 품질 면에서의 차별화가 필요하며, 이를 위해서는 고품질의 농산물 재배기술 보급과 아울러 수확 후 유통관리기술의 확립이 절실한 상황이다. 즉, 감귤의 경우 지속적인 품질향상 노력을 통하여 신선 과실류 수입에 대한 대응력을 키우고, 국내 소비시장 확대를 위해서 신선도를 유지할 수 있는 적절한 수확 후 처리기술의 개발 보급이 시급히 요구되고 있다(2). 살아있는 유기체라는 측면에서 볼 때 과일은 고도의 신선도 유지

기술이 필요하다. 더욱이 신선 농산물로서 그 품목과 품종에 따라 생리적 특성이 현저하게 다르므로 품목별로 품질유지 조건에 맞는 적정 수확 후 처리방법을 개발하여 활용할 필요가 있다.

신선 농산물의 유통 중 품질저하를 방지하기 위한 전처리 기술 중 열처리 기법은 식물조직을 손상시키지 않는 최소한의 열을 포화증기, 열풍, 열수 방법으로 적용하여 미생물에 의한 부패를 방지하고 원료 고유의 조직과 색택을 유지하는 것으로 알려져 있다(3). 감귤류에 대한 열처리 연구결과를 살펴보면, 적절한 열수 또는 열풍처리를 적용했을 때 부패 원인균인 곰팡이의 증식을 억제하고 저온장해와 품질변화를 방지하는 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 선행연구를 보면 감귤류를 53-56°C 온도범위에서 20초-3분간 열수처리를 실행한 경우 저온장해 발생률이 감소하였으며(4), 50-53°C에서 2-3분간 침지한 경우 감귤류의 *Penicillium* spp.에 의한 부패를 방지하기도 하였다(5). 열풍처리의 경우, 33°C에서 24시간 동안 예조 처리한 오렌지의 녹색 및 청색 곰팡이 발생 빈도가 90% 이상 억제되었다(6). 또한 열수처리의 효과를 높이기 위하여 솔질과 같은 물리적인 방법을 병행한 경우에도 감귤류의 부패를 방지하고(7) 단순 열수처리에 비해 조직이 물러지거나 꼭지가 떨어져나가는 경우가 드물고 변색이 덜 일어나는 효과를 얻을 수 있었다(8). 국내에서는 감귤류의 부패방지 및 선도유지를 위해 약체처리나 저온저장에 관한 연구가 주를 이루지만(9-12), 최근 들어 온주감귤에 대해 45°C에서 4-6시간 동안 열풍처리를 하거나 60°C에서 20초간 열수처리를 실시하여 저장 중 부패를 방지하고 효과적으로 품질을 유지한 사례가 보고되었다(13,14). 지금까지 연구된 바에 의하면 온주감귤에 대한 열수처리나 열풍처리의 효과는 크게 다르지 않지만, 실제 선과장에서는

\*Corresponding author: Seok-In Hong, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9053  
Fax: 82-31-709-9876  
e-mail: sihong@kfri.re.kr, hskfri@chollian.net  
Received February 16, 2011; revised June 24, 2011; accepted August 24, 2011

작업여건상 장시간의 열풍처리보다 단시간의 열수처리를 세척과 정과 병용하여 더 쉽게 적용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 감귤의 유통 중 신선도 유지용 열처리방법으로서 효과가 입증된 열수처리를 실제 작업현장에서 적용할 수 있는 가능성을 알아보고자 상용 선과장의 선과시설에 열수처리 장치를 장착하여 온실 재배 온주감귤을 대상으로 현장처리 실험을 실시한 후 저장 중 품질특성 변화를 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 감귤

제주 서귀포 동흥동 소재의 온실시설에서 재배된 궁천 조생종 온주감귤을 9월초에 수확하였다. 시료 감귤은 직경이  $61 \pm 2$  mm 인 중간 크기(평균중량: 약 100 g)로 수확이나 운송 중 발생한 기계적 손상과 및 병해 증상을 제외하고 건전한 과실만을 선별하여 실험에 사용하였다.

### 열수처리

제주 서귀포 21세기 영농조합법인 소유의 선과장에서 기존 감귤 선과시설에 약  $65^\circ\text{C}$  열수가 다수의 노즐을 통해 분무되면서 동시에 회전식 솔질(brushing)이 되도록 분무장치를 변경한 후 이곳을 약 10초 동안에 시료가 통과하도록 컨베이어 속도를 조절하였다. 열수처리를 거친 시료는 수돗물(약  $18^\circ\text{C}$ )로 다시 1회 분무 세척한 후 상온에서 강제 송풍방식으로 건조하였다. 대조구로는 열수처리를 거치지 않고 수돗물로만 분무 세척한 후 건조한 시료를 사용하였다.

### 포장 및 저장

열수처리한 감귤을 현장에서 선과처리를 실시하고 골판지상자에 담아 실험실로 이송(선박운송:  $21\text{-}23^\circ\text{C}$ 에서 약 24시간 소요)하였다. 실험실로 이송된 온주감귤은 재선별을 거쳐 통기성 천공(직경 5 mm) 저밀도폴리에틸렌(LDPE) 필름봉투( $300 \times 500$  mm)에 25개씩 담아 포장한 후  $5^\circ\text{C}$ ( $87 \pm 3\%$  RH)에서 3주간, 이후  $18^\circ\text{C}$ ( $58 \pm 4\%$  RH)에서 1주간 저장하면서 주기적으로 품질특성 변화를 측정하였다. 분석용 시료로는 저장 중 각 시험구별로 2개의 포장구를 임의로 선정하여 총 50개의 감귤을 사용하였다.

### 품질특성 분석

감귤의 호흡률은 밀폐시스템 방법(15)에 의거하여 측정하였다. 즉, 실리콘 격막이 장착된 유리 용기(1.9 L)내에 전체 체적의 1/2 정도 분량인 시료(5개, 약 0.5 kg)를 넣고 밀봉한 후  $5^\circ\text{C}$ 에 보관하면서 경시적으로 용기내의 기체조성(약 200  $\mu\text{L}$  채취)을 GC(GC-14A, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하여  $\text{O}_2$  감소 및  $\text{CO}_2$  발생의 호흡속도와 호흡계수( $\text{RQ} = \text{CO}_2$  생산율/ $\text{O}_2$  소모율)를 계산하였다. 이때 GC 분석조건은 detector: TCD, column: Alltech CTR I, column temp.:  $35^\circ\text{C}$ , injection temp.:  $60^\circ\text{C}$ , detector temp.:  $60^\circ\text{C}$ , carrier gas: 50 mL He/min이었다.

시험구당 2개의 포장구에서 각각 5개씩 감귤을 무작위로 선택하여 과육부만을 균질기(MR-430, Braun, Frankfurter, Germany)에 넣고 완전히 마쇄하여 착즙한 후 pH meter(model AR15, Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 과즙의 pH를 측정하였다. 적정 산도는 착즙액 20 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2 까지 적정하여 소비된 용액 양을 citric acid %로 환산하여 표시하였다. 가용성 고형분 함량은 시험구당 무작위로 감귤 5개씩을 선택하여 과육부를 가압 착즙한 후 refractometer(N-1E, Atago Co.

Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하여 °Bx로 나타내었다(13).

생체중량 변화는 필름 포장을 제거한 후 시료의 중량만을 측정하여 그 감소량을 저장 전 초기 중량 값에 대한 백분율(%)로 나타내었다. 과실 경도는 직사각형의 flat probe가 장착된 rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co. Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 감귤의 꼭지 부위가 정면으로 향하도록 이동 선반위에 놓은 다음 1.0 mm/s의 속도로 1 kg<sub>f</sub>의 힘이 걸릴 때까지 선반이 이동한 거리(mm)로 표시하였다(16).

과피 표면색은 감귤의 꼭지와 과정부 사이 가운데 부위를 색차계(CR-400, Konica Minolta Holdings, Inc., Tokyo, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 측정 후 CIE-L\*a\*b\* 값으로 표시하였다. 백색 표준판(L\*=97.75, a\*=-0.49, b\*=1.96)을 사용하여 색차계를 보정한 후 색 측정에 이용하였다. 이상의 생리적, 이화학적 품질 분석은 시험구별로 최소 3회 이상(기체조성, pH, 산도, 생체중량 감소: 3회, 가용성 고형분: 5회, 경도, 표피 색: 10회) 반복 측정하였으며, 실험 결과는 평균값과 표준편차로 나타내었다.

### 부패과 발생률

시험구별로 임의의 선정한 2개의 포장구에 대해 꼭지 썩음(stem-end rot), 곰팡이 썩음, 표피 흑변(black rot) 발생 등으로 부패 과실(17)을 구분하여 전체 감귤 시료수에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

### 관능검사

신선한 과일, 채소에 대한 관능검사 경험이 풍부하며 20대 연령층의 여성으로 구성된 검사요원 10여명을 대상으로 매 측정일에 무작위로 선발한 감귤 시료 10개의 변색, 시늉, 광택 등에 관한 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등에 관한 체감품질 항목에 대해 간이식으로 9점 척도의 차이식별 검사를 실시하였다(18). 이때 변색, 시늉, 광택, 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 항목은 평가점수가 클수록 변화정도가 심한 것을 의미하며, 종합품질 항목은 점수가 낮아질수록 품질이 저하된 것을 의미한다.

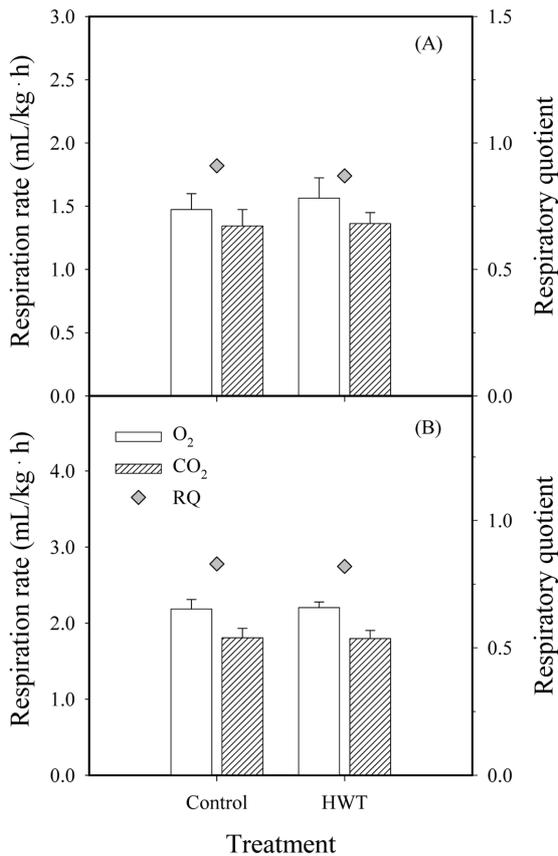
### 통계처리

실험 측정값과 관능평가 결과는 통계 프로그램(SAS Institute Inc., Ver. 9.1, Cary, NC, USA)의 ANOVA(Duncan's multiple range test) 분산분석으로 처리하여 평균값의 유의차( $p < 0.05$ )를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 생리특성 변화

열수( $65^\circ\text{C}$ )에 노출된 감귤의 초기 호흡률을 측정된 결과, 무처리 대조구가 1.47 mL  $\text{O}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$ , 1.34 mL  $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$ 인데 비해 열수 처리구는 1.56 mL  $\text{O}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$ , 1.36 mL  $\text{CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$ 로 열수처리에 관계없이 호흡률이 일정하였다(Fig. 1). 또한  $5^\circ\text{C}$ 에서 21일간 저장한 다음 측정된 온주감귤의 호흡률에서도 시험구간의 일정한 차이를 구분할 수 없었다. 일반적으로 열처리 과일의 호흡률은 대사과정이 활성화되어 높아지기 마련이며 과도한 조건에서는 호흡대사에 비가역적인 손상이 발생하여 오히려 호흡률이 감소하게 된다(3). 선행 연구(14)에서도 조생 온주감귤을  $52^\circ\text{C}$ 에서 2분,  $55^\circ\text{C}$ 에서 1분,  $60^\circ\text{C}$ 에서 20초간 열수 침지처리했을 때, 처리직후 대조구에 비해 열수처리구의 호흡률이 15-37% 증가하였고 저장 중에는 처리구간 차이가 나지 않은 것을 알 수 있었다. 그러나



**Fig. 1. Changes in respiration rate of greenhouse satsuma mandarin with hot water treatment (field test) during storage at 5°C for 21 days. (A): measured after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.**

본 연구에서 열수처리구와 대조구의 초기 호흡률이 유의적으로 차이하지 않았던 것은 열수처리시 침지와 분무의 방법 차이에 기인하기도 하지만 선과장에서 열수처리를 한 후 즉시 냉수세와 건조과정이 이어져 과실의 품온이 거의 동일하였기 때문으로 판단된다.

**품질특성 변화**

일반적으로 열풍처리나 예조처리와 같이 처리시간이 긴 열처리 후에는 총산도가 급격히 감소하고 중량감소와 당/산비가 증가하는 등 내부 품질변화가 일어나지만, 처리시간이 짧은 열수 침지처리나 열수 brushing 처리에서는 시료의 품질변화가 크게 일어나지 않는다(5). 본 연구에서도 감귤의 이화학적 품질특성 인자로서 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정된 결과(Table 1), 온실재배 온주감귤의 pH는 처리구간의 유의적 차이 없이 pH 3.5-3.9 범위에서 서서히 증가하였고, 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.54%에서 저장말기 약 0.43% 수준으로 서서히 감소하였으나 열수처리에 따른 차이는 전혀 나타나지 않았다. 또한 온실재배 온주감귤의 가용성 고형분 함량은 4주간의 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 10.2-11.3°Bx 범위 내에서 유지되었다. 당/산(SSC/TA) 비율도 저장기간 동안 초기에 약 19.5 내외에서 저장 4주후에 약 25.0 수준으로 점차 증가하는 양상을 나타내었으나, 열수처리에 따른 당/산 비율의 증감은 발견되지 않았다. 저장 중 감귤의 생체중량 변화에서는 무처리구 대조구와 열수처리구 시료는 저장 3주까지 3.0% 수준의 중량감소를 나타내다가 이후 저장온도 전환(5→18°C)에 따라 급격히 증가하는 양상을 나타내었고 저장 4주후에는 약 7.0%까지 생체중량이 감소되었다. 생체중량 감소에 대한 열수처리의 영향은 선행연구(14)와 마찬가지로 무시할 만하였다. 또한 과실 경도 역시 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 유의적인 차이 없이 4.63±0.84-5.18±0.91 mm 범위에서 거의 일정하게 유지되었다.

저장 중 일어나는 감귤의 중량 감소는 통상 호흡대사에 의한 것으로, 특히 저온(5°C)에서 고온(18°C)으로 저장온도가 높아지면 호흡속도가 가속화되어 중량 감소율도 높아지게 된다(19). 또한 과일표면의 미세한 틈새로도 수분증발이 일어나 중량이 감소되는데(20), 표면의 틈새는 저온장해를 심하게 입은 과일에서 많이 발생하고 이런 과일을 5°C에서 18°C로 옮겨 저장하게 되면 수분 손실은 급격히 일어나게 된다(19). 이렇게 저장 중 생체중량 감소가 현저하게 일어나면 그로 인해 과실의 경도가 낮아지고 표면에서 외조현상이 일어날 수 있으나, 경도 변화의 경우 단순히 수분함량보다는 표피와 과육 조직의 복합적인 인자, 예를 들어 수분, 칼슘, 펙틴 함량 등에 의해 좌우되기 때문에 일정한 감소

**Table 1. Changes in quality attributes<sup>1)</sup> of greenhouse satsuma mandarin with hot water treatment (field test) during storage**

Storage time (days)	pH		Titratable acidity (%)		Soluble solids content (°Bx)		SSC/TA <sup>2)</sup>		Weight loss (%)		Firmness (mm)	
	Control	HWT <sup>3)</sup>	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT
0	3.59±0.16cA <sup>2)</sup>	3.53±0.01bA	0.54±0.03aA	0.53±0.02aA	10.48±0.55aA	10.54±1.11aA	19.25±1.01cA	19.91±2.11cA	0.00±0.00eA	0.00±0.00eA	5.02±0.65aA	4.63±0.84aA
	3.73±0.15bcA	3.69±0.08aA	0.47±0.01bA	0.47±0.02bcA	10.30±1.12aA	10.60±0.90aA	21.80±2.38bA	22.36±1.90bcA	0.79±0.06dA	0.86±0.04dA	4.80±0.34aA	5.09±0.60aA
7 at 5°C	3.71±0.04bcA	3.75±0.04aA	0.49±0.02bA	0.45±0.04cA	11.04±1.07aA	10.32±1.30aA	22.39±2.16abA	22.86±2.87abA	1.75±0.08cB	1.85±0.10cA	5.18±0.91aA	5.00±0.42aA
	3.79±0.12abA	3.70±0.03aA	0.47±0.04bA	0.49±0.02bA	10.16±0.66aB	10.96±0.19aA	21.85±1.42bA	22.28±0.40bcA	3.05±0.44bA	3.08±0.40bA	4.99±0.44aA	4.73±0.60aA
21 at 5°C	3.90±0.05aA	3.78±0.13aA	0.43±0.00cA	0.45±0.03cA	10.52±0.71aA	11.34±0.54aA	24.35±1.65aA	25.34±1.21aA	7.02±0.92aA	6.92±0.33aA	4.66±0.45aA	4.98±0.79aA

<sup>1)</sup>Data represent the mean with standard deviations of three measurements. Means followed by the same capital letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Duncan's test) between samples. Means followed by the same lower-case letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) over the storage time.

<sup>2)</sup>SSC/TA: a ratio of soluble solids content to titratable acidity

<sup>3)</sup>HWT: hot water showering at 65°C for 10 s with brushing in a packing house

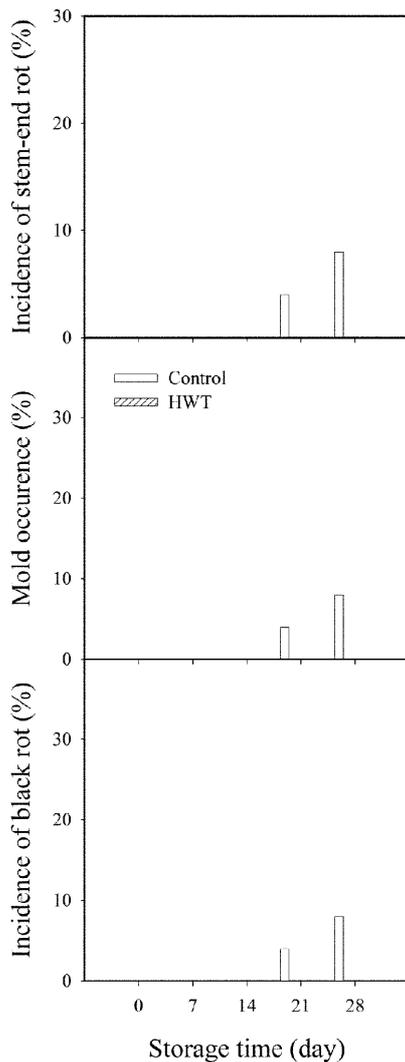


Fig. 2. Changes in decay ratio of greenhouse satsuma mandarin with hot water treatment (field test) during storage at 5°C for 21 days and at 18 for additional 7 days.

또는 증가의 경향을 나타내지 않는 경우가 많다. 열처리에 의해서는 처리방법과 원료에 따라 중량변화와 경도가 증가하거나 감소할 수도 있다. Fortune 품종 감귤(21)과 Blood 오렌지(22)의 경

우 열처리 후 중량 감소율이 높아졌으나, 금귤(kumquate)과 Marsh 품종 그레이프프루트(20)에서는 중량 감소율이 낮아졌다. 과실 경도의 경우, Valencia 오렌지를 45°C에서 12분간 열수 처리한 경우 더 단단해졌으나 53°C에서 12분간 처리한 경우에는 중량감소가 증가하고 경도가 낮아졌으며(23), Oroblanco 감귤을 53°C에서 2분간 열수 처리했을 때에는 대조구보다 경도가 훨씬 높아졌다고 보고되었다(20). 이렇듯 열처리 후 중량감소와 경도 변화가 다르게 나타나는 것은 열처리에 대한 과일류의 반응이 다르기 때문으로 열처리에 대한 과일의 특이적인 반응은 원료의 생리적 상태, 열처리 온도와 시간, 처리방법, 그리고 저장온도와 같은 요소들이 혼합되어 다르게 나타난다(24). 또한 열수처리는 과일 표피층에 있는 왁스를 녹여 과실의 성장 중에 생긴 틈이나 거친 표면을 균일하게 만드는 효과를 나타내기 때문에, 수분증발을 막아 중량감소를 억제하고 부패나 저온장해를 방지할 수 있다(5,7,20,21). 본 연구에서는 열수처리로 중량 감소율이 감소되거나 경도가 높아지지 않았는데, 이는 조생 온주감귤이 껍질이 얇아 투과성이 높고 다른 감귤류에 비해 비교적 저온장해에 강한 편이기 때문으로 이해된다(25). 또한 열처리 후 표피의 왁스 층이 충분히 녹지 않아 재형성되지 못했기 때문으로 보는데, 실제로 52°C에서 2분간 열수처리를 한 후 관찰한 온주감귤 표피는 무처리구와 동일한 oil glands 크기와 모양을 가지고 있었고, 52°C에서 2분, 60°C에서 20초간 열수처리 후 albedo의 평균온도는 초기(저온저장 후)에 비해 11-12°C 정도만 상승하였다(14).

한편 온실재배 온주감귤의 표피 색은 열수처리 여부와 관계없이 저장 중 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 감귤의 표면색 지표 값은 전체 저장기간 동안 L\*와 a\*는 각각 71.60±1.37-73.40±1.31과 10.43±3.49-6.72±2.37 범위에서 유의적인 변화 없이 일정하였고, b\*는 저장 초기 3-4단위 가량 증가한 후 다시 서서히 감소하였으나 오차 범위 내에서의 증감이었을 뿐 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 지극히 어려운 수준이었다(Table 2). 온실재배 온주감귤은 다른 감귤류에 비해 착색이 완전하지 않은 상태에서 수확하기 때문에 표피에 주로 노란색과 녹색이 많아 보이는데, 그로 인해 표면색 지표 값도 상대적으로 L\*와 b\*는 높고 a\*는 낮게 표시되었다.

온실재배 온주감귤의 부패와 발생빈도는 매우 낮은 편으로 저장 3주째에 무처리 대조구에서만 부패 증세가 나타나기 시작하였으며, 유통환경을 고려하여 저장온도를 5°C에서 18°C로 전환한 4주후에도 썩지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 모두 10% 미만의 수준을 나타내었다. 이는 부지화나 청건 품종과 마찬가지로 온실 시설 내에서 재배되었기 때문에 초가를 수확 감귤의 미생물 오

Table 2. Changes in peel color<sup>1)</sup> of greenhouse satsuma mandarin with hot water treatment (field test) during storage

Storage time (days)	Color parameters					
	L*		a*		b*	
	Control	HWT <sup>2)</sup>	Control	HWT	Control	HWT
0	72.10±1.17bcA	72.76±1.38aA	10.43±3.49aA	7.21±3.10bB	68.55±2.04bA	68.91±2.08cA
7 at 5°C	73.07±0.98abA	72.29±1.62aA	8.66±2.89aA	9.01±2.37abA	73.39±1.86aA	71.24±2.28bB
14 at 5°C	71.60±1.37cA	72.50±1.99aA	10.23±5.38aA	8.39±4.11abA	73.33±2.36aA	72.98±1.98aA
21 at 5°C	72.16±1.27bcA	72.26±1.88aA	8.41±3.15aA	9.74±3.57aA	72.42±1.90aA	71.58±2.38bA
21 at 5°C+7 at 18°C	73.40±1.31aA	72.63±1.27aA	9.20±3.40aA	10.40±2.51aA	69.52±1.99bA	69.48±2.12cA

<sup>1)</sup>Data represent the mean with standard deviations of three measurements. Means followed by the same capital letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Duncan's test) between samples. Means followed by the same lower-case letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) over the storage time.

<sup>2)</sup>HWT: hot water showering at 65°C for 10 s with brushing in a packing house

**Table 3. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of greenhouse satsuma mandarin with hot water treatment (field test) during storage**

Storage time (days)	Visual attributes							
	Discoloration		Wilting		Gloss		Overall quality	
	Control	HWT <sup>2)</sup>	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT
0	1.4bA	1.1bA	1.9aA	1.4aA	4.6abB	6.3aA	6.8aA	7.5aA
7 at 5°C	1.9bB	2.4abA	1.8aA	1.6aA	5.4aB	6.7aA	7.1aA	7.5aA
14 at 5°C	2.9abA	1.6bB	3.1aA	2.3aA	4.9abA	5.9abA	5.4bA	6.6abA
21 at 5°C	2.3abB	3.1aA	2.3aA	2.6aA	4.0bB	5.7abA	5.5bB	6.8abA
21 at 5°C+7 at 18°C	3.7aA	3.1aA	3.3aA	2.9aA	3.4cB	4.8bA	4.9bA	5.7bA

**Table 3. Continued**

Storage time (days)	Organoleptic attributes													
	Firmness		Peelability		Sourness		Sweetness		Texture		Juiciness		Overall quality	
	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT	Control	HWT
0	5.1aA	5.9aA	5.3aA	5.6aA	5.2aA	4.7aA	5.9aA	6.2aA	6.0aA	6.9aA	6.8aA	7.1aA	6.2aB	7.2aA
7 at 5°C	4.5aA	4.6aA	5.9aA	6.0aA	4.4aA	3.9aA	5.8aA	5.6aA	5.4aA	5.3aA	6.4aA	6.9aA	5.7aB	6.5aA
14 at 5°C	4.6aA	5.1aA	4.2aA	5.1aA	4.4aA	5.2aA	5.5aB	6.1aA	5.7aA	6.3aA	6.2aA	6.6aA	6.3aB	7.2aA
21 at 5°C	3.1bA	4.1aA	5.4aA	4.6aA	5.1aA	4.4aA	4.9aB	6.0aA	5.0aA	5.2aA	5.4aA	6.4aA	5.8aA	6.0aA
21 at 5°C+7 at 18°C	3.6bA	3.9bA	5.9aA	4.7aA	3.1bA	3.8bA	5.2aA	5.8aA	5.1aA	5.6aA	5.1aA	5.9aA	5.6aA	5.9aA

<sup>1)</sup>The values are the mean of 10 replicates at least. Means followed by the same capital letter within a row are not significantly different ( $p>0.05$ , Duncan's test) between samples. Means followed by the same lower-case letter within a column are not significantly different ( $p>0.05$ ) over the storage time. As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

<sup>2)</sup>HWT: hot water showering at 65°C for 10 s with brushing in a packing house

염정도가 노지재배 시에 비해 낮는데 기인한 결과로 이해된다. 더욱이 열수처리는 온실재배 온주감귤의 부패 발생률을 현저하게 억제하는 효과가 있어 저장말기까지 열수처리구에서는 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등의 부패증세가 전혀 발견되지 않았다(Fig. 2). 일반적으로 알려진 열수처리의 주요 효과는 과일 표피층에 있는 왁스를 녹여 과실의 성장 중에 생긴 틈이나 거친 표면을 균일하게 만드는 것으로, 이는 병원균이 침투할 수 있는 틈이나 기공을 막아줌으로서 일종의 방어막을 형성하는 효과를 준다(5,7,20,21,24). 이러한 표피의 변형은 병원균 감염 경로에 영향을 주어 germ tube 형성에 지장을 초래하고 결국에는 병원균 증식에도 영향을 미치게 된다. 그러나 온주감귤은 보고된 다른 감귤류와 달리 표피가 얇고 유사한 처리조건에서도 왁스층이 용융되지 않아(14) 열수처리로 인한 왁스 도포효과는 거의 기대할 수 없었으며, 단지 열수와 술질에 의한 표면 미생물의 세척효과를 기대할 수 있었다.

열수 처리한 온실재배 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 확인하고자 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액 정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 3). 관능검사 결과, 저장기간 별로 처리구간에 현저한 평가점수 차이를 발견할 수 없었으나 열수처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 더 우수하게 평가되었다. 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬에서는 열수처리에 의한 영향을 구분하기 어려웠으나, 광택과 종합적인 외관품질은 열수처리구에서 확연히 더 높게 평가되었다. 또한 감귤의 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에서도 열수처리의 품질보존 효과를 확인할 수 있었으며, 종합품질에 대한 평가도 저장기간에 따른 유의적 차이가 아니지만 열수처리구에서 일관되게 높게 나타

났다. 표피가 얇은 온주감귤에서는 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되기 쉽지만, 본 연구에서는 저장 중 유의적인 박피성 차이를 구분할 수 없었다. 이상의 연구결과는 열수처리 후 시료의 품질변화 없이 외관품질이 향상되었던 이전 연구결과들(7,21,22,26)과 유사하였으며, 실제로 조생 온주감귤을 60°C에서 20초간 열수침지 처리한 선행 연구(14)에서도 무처리 대조구에 비해 변색과 시늬 현상이 적었고 광택도와 전체적인 품질평가에서 좋은 평가를 받은 것으로 보고되어 수확 후 온주감귤에 대한 열수처리의 긍정적 효과를 확인할 수 있었다.

## 요 약

감귤의 유통 중 신선도 유지에 효과적인 것으로 알려진 열수처리를 실제 생산현장에서 적용 가능성을 확인해 보고자 상용 선과장의 선과시설에 열수처리 장치를 장착하여 온실재배 온주감귤을 대상으로 현장처리 실험을 실시한 후 저장 중 품질특성 변화를 관찰하였다. 수확후 감귤을 65°C의 열수로 10초간 분무한 열수처리구와 무처리 대조구를 5°C에서 3주, 이후 18°C에서 1주간 저장하면서 생리특성 및 품질특성 변화를 비교한 결과, 호흡률은 열수처리에 따른 차이가 없었으며 pH, 총산도, 가용성 고형분 함량, 중량감소, 경도, 표피 색과 같은 품질인자 항목에서도 열수처리에 의한 차이를 볼 수 없었다. 그러나 열수처리는 저장 중 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등의 부패과 발생을 현저히 억제시키는 동시에 표면 광택을 포함한 외관품질을 우수하게 유지하였다. 결과적으로 현장실험에서 적용한 열수처리는 상용 감귤의 유통 중 신선도 유지용 수확 후 전처리 방법으로서 상당히 효과적임을 확인할 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

## 문헌

1. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. Statistics Related to Agricultural Industry/Crop Production (2009). Available from: <http://library.mifaff.go.kr/skyblueimage/18579.pdf>. Accessed on Feb. 5, 2011.
2. Kim CM. Strategy for development of citrus fruit industry in Jeju. Food Preserv. Process. Ind. 5: 2-11 (2006)
3. Lurie S. Postharvest heat treatment - Review. Postharvest Biol. Tec. 14: 257-269 (1998)
4. González-Aguilar GA, Zacarias L, Mulas M, Lafuente MT. Temperature and duration of water dips influence chilling injury, decay and polyamine content in 'Fortune' mandarins. Postharvest Biol. Tec. 12: 61-69 (1997)
5. Fallik E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing, and brushing). Postharvest Biol. Tec. 32: 125-134 (2004)
6. Plaza P, Usall J, Torres R, Lamarca N, Asensio A, Vinas I. Control of green and blue mould by curing on oranges during ambient and cold storage. Postharvest Biol. Tec. 28: 195-198 (2003)
7. Porat R, Daus A, Weiss B, Cohen L, Fallik E, Droby S. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. Postharvest Biol. Tec. 18: 151-157 (2000)
8. Rodov V, Agarb T, Peretza J, Nafussia B, Kim JJ, Ben-Yehoshua S. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of 'Oroblanco' fruit (*Citrus grandis* L. × *C. paradisi* Macf.). Postharvest Biol. Tec. 20: 287-294 (2000)
9. Koh JS, Yang YT, Song SC, Kim SH, Kim JY. Cold storage characteristics of early variety of *Citrus unshiu* produced in Cheju with various treatments. Agric. Chem. Biotechnol. 40: 117-122 (1997)
10. Kim SH, Koh JS. Storage life of satsuma mandarin as affected by storage temperatures and seal packaging films. Food Eng. Prog. 2: 42-48 (1998)
11. Koh JS, Kim WT, Lee SY, Kim JY, Kang CH. Effects on the storage life of satsuma mandarin by the pretreatment at various temperatures. Agric. Chem. Biotechnol. 41: 228-233 (1998)
12. Kim SH, Koh JS, Kim BC, Yang YT, Han WT, Kim KH. Effect of chitosan and calcium treatments on the quality of satsuma mandarin during storage. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 8: 279-285 (2001)
13. Lee HH, Hong SI, Son SM, Kim DM. Storage quality of early harvested satsuma mandarin as influenced by hot air treatment. Korean J. Food Preserv. 11: 304-312 (2004)
14. Hong SI, Lee HH, Kim DM. Effects of hot water treatment on the storage stability of satsuma mandarin as a postharvest decay control. Postharvest. Biol. Tec. 43: 271-279 (2007)
15. Hong SI, Kim DM. Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh-cut green onion. Int. J. Food Sci. Tech. 36: 283-290 (2001)
16. Zhou T, Xu S, Sun DW, Wang Z. Effect of heat treatment on postharvest quality of peaches. J. Food Eng. 54: 17-22 (2002)
17. National Institute of Horticultural & Herbal Science. Diagnostics of Disease and Insect Damage in Citrus Fruits. Available from: [http://www.nihhs.go.kr/orange\\_bug\\_CD/sub\\_5\\_3.htm](http://www.nihhs.go.kr/orange_bug_CD/sub_5_3.htm), Accessed on Feb. 5, 2011.
18. Kader AA, Lipton WJ, Morris LL. Systems for scoring quality of harvested lettuce. Hortscience. 8: 408-409 (1973)
19. Cohen E, Shapiro B, Shalom Y, Klein JD. Water loss: a non-destructive indicator of enhanced cell membrane permeability of chilling-injured citrus fruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 119: 983-986 (1994)
20. Rodov V, Ben-Yehoshua S, Albagli R, Fang DQ. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. Postharvest Biol. Tec. 5: 119-127 (1995)
21. Schirra M, D'hallewin G. Storage performance of Fortune mandarins following hot water dips. Postharvest Biol. Tec. 10: 229-238 (1997)
22. Schirra M, Mulas M, Fadda A, Cauli E. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments. Postharvest Biol. Tec. 32: 191-200 (2004)
23. Williams MH, Brown MA, Vesk M, Brady C. Effect of postharvest heat treatments on fruit quality, surface structure, and fungal disease in Valencia oranges. Aust. J. Exp. Agric. 34: 1183-1190 (1994)
24. Lydakakis D, Aked J. Vapor heat treatment of Sultanina table grapes. II. Effect on postharvest quality. Postharvest Biol. Tec. 27: 117-126 (2003)
25. Chung SK, Lee DS, Koh JS. Interrelation between respiration rate, peel permeability and internal atmosphere for sealed and wax-coated satsuma mandarin oranges. Food Sci. Biotechnol. 5: 330-333 (1996)
26. Smilanick JL, Sorenson D, Mansour M, Aieyabei J, Plaza P. Impact of a brief postharvest hot water drench treatment on decay, fruit appearance, and microbe populations of California lemons and oranges. Horttechnology. 13: 333-338 (2003)