

최 종  
연구보고서

GA0486-0277

제한적 열처리 기법을 이용한 저장유통중  
감귤류의 고품질 유지기술 개발

Technology Development for Maintaining Citrus Fruits of High Quality  
during Storage and Distribution by Using Mild Heat Treatment

연구기관  
한국식품연구원

농림부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “제한적 열처리 기법을 이용한 저장유통중 감귤류의 고품질 유지기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 10 월 14 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

총괄연구책임자 : 홍 석 인

세부연구책임자 : 최 정 희

세부연구책임자 : 홍 석 인

연 구 원 : 김 동 만

연 구 원 : 이 현 희

위탁연구기관명 : 호서대학교

위탁연구책임자 : 손 석 민

연 구 원 : 최 광 선

# 요 약 문

## I. 제 목

제한적 열처리 기법을 이용한 저장유통중 감귤류의 고품질 유지기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

국내의 과일 생산은 전체적으로 증가추세에 있으며 2002년을 기준으로 재배면적은 166천 ha, 생산량은 연간 2,500천 톤이고, 이 중 감귤은 26천 ha, 642천 톤으로 면적은 전국 과수 재배면적의 15%이나 생산량은 전국의 23%로서 우리나라의 주요 과일이다. 그러나 국내산 감귤은 지속적인 과잉생산과 WTO 협상에 의한 시장개방, 그리고 품질위주로 변화되고 있는 시장패턴에 대한 대응책이 미흡하여 최근 들어 점차 소비량이 감소하고 있는 실정이다. 향후 전면적인 농산물의 수입 개방에 따라 감귤을 포함한 국내산 농산물이 대외 경쟁력을 갖 추기 위해서는 상대적으로 불리한 가격 경쟁력의 제고보다는 품질 면에서의 차별화가 필요 하며, 이를 위해서는 고품질의 농산물 재배기술 보급과 아울러 수확후 유통 관리기술의 확 립이 절실한 상황이다. 즉, 감귤의 경우 지속적인 품질향상 노력을 통하여 수입 오렌지류에 대한 대응력을 키우고, 국내 소비시장 확대를 위해서 신선도를 유지할 수 있는 적절한 수확 후 처리기술의 개발 보급이 시급히 요구되고 있다. 살아 있는 유기체라는 측면에서 볼 때 과 일은 고도의 신선도 유지기술이 필요로 되며 더욱이 신선 농산물로서 그 품목과 품종에 따 라 생리적 특성이 현저하게 다르므로 품목별로 품질유지 조건에 맞는 적정 수확후 처리방 법을 개발하여 활용할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 신선 농산물의 새로운 수확후 처리 기술로서 환경친화형 제한적 열처리기법을 개발하여 국내산 감귤의 저장유통중 고품질 유 지를 추구함으로써 비가격 품질경쟁력을 확보하고자 한다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

감귤의 제한적 열처리기법을 개발하기 위한 연구 내용으로서 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 생리특성, 품질특성, 미생물 변화 등을 조사하고, 감귤의 수확시기 및 품종별 열처리 효과를 비교하며, 첨가제 및 포장방법의 병용에 따른 열처리 감귤의 저장 안정성을 평가하였다.

구체적으로 감귤의 품질유지에 적합한 열처리기법을 구축하기 위하여 열처리 시스템을 구성하고, 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 생리특성과 품질특성 변화를 조사하며, 감귤의 수확시기 및 주요 품종별로 열처리 효과를 비교 분석하고, 위탁연구를 통해 감귤의 미생물 검지용 PCR-DGGE 기법 정립과 아울러 감귤의 표면 미생물을 검지하고 이를 데이터베이스화하였다.

또한 감귤의 신선도 유지용 열처리기술을 확립하고자 열처리와 첨가제, 포장방법을 병용하였을 때 감귤의 저장 안정성을 확인하고, 열처리 감귤의 저장 중 미생물 거동 변화를 확인하며, 이를 바탕으로 감귤의 신선도 유지용 표준 열처리방법의 현장 적용 가능성을 검토하였다.

### Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

감귤의 품질유지에 적합한 열처리기법 구축과 감귤의 신선도 유지용 열처리기술 확립을 위하여, 실험실 수준의 열풍 및 열수 처리장치를 구성하여 연구에 활용하였고, 감귤의 호흡률, 변색, 과실 조직강도 등 생리특성과 pH, 산도, 당 함량, 중량 손실, 미생물 오염, 관능적 품질 등의 품질특성을 선정하여 개별 특성항목의 측정방법을 확립한 다음, 대표적 감귤 품종인 제주산 온주감귤을 대상 시료로 하여 다양한 열처리 조건에 따른 생리특성 및 품질특성 변화를 조사하였다. 그 결과 제한적 열풍처리는 온주감귤의 저장 중 부패과 발생률을 감소시킴으로서 품질유지에 효과적이었으며, 열수처리의 경우 부패과 발생을 억제하고 동시에 외관품질 유지에도 효과적임을 확인할 수 있었다. 또한 감귤 시료의 수확시기(온주 조생, 만생, 온실재배)와 주요 품종(온주, 부지화, 청건)별로 구분하여 적정 열처리 조건에 따른 품

질특성 변화를 측정하였다. 조생 또는 온실재배 온주감귤과 달리 만생 온주감귤은 열풍 처리시 긍정적 효과를 기대할 수 없었으나, 열수 처리시에는 부패과 발생율을 낮추고 외관품질 유지에도 유리한 결과를 나타내었다. 부지화와 청건의 경우 부패과 발생을 및 관능검사에 의한 외관품질 평가에 있어 열풍보다는 열수 처리가 더 우수한 결과를 나타내었다.

열처리와 화학약제 병용에 따른 감귤의 저장 안정성을 검토하고자 sodium acetate, sodium citrate, hydrogen peroxide, EDTA 등을 사용한 결과, 열수와 약제 병용처리는 조생 온주감귤의 이화학적, 관능적 품질변화에 부정적인 영향을 미치지 않았으며 저장 중 부패과 발생을 현저하게 억제함으로써 외관품질을 유지하는데 효과적이었다. 또한 열처리와 포장기법 병용에 따른 감귤의 저장성을 검토하고자 여러 가지 통기성 또는 밀봉 포장재와 다양한 기능성 포장방법을 적용한 결과, 감귤을 포장하는데 있어 밀봉 포장재는 이취 발생이라는 심각한 관능적 품질저하를 유발하므로 적절치 않으나 통기성 포장재는 부패과 발생을 억제함은 물론 외관 및 관능품질을 유지하는데도 효과적임을 확인할 수 있었다. 개발 열처리기술의 현장적용 가능성 검토를 위해 현지 선과장에서 열수처리를 실시한 후 감귤을 저장하면서 품질특성을 측정하여 결과, 열처리는 부패과 발생을 현저히 억제시키는 동시에 외관품질 및 체감품질 유지에 매우 유리하였으며 이로부터 상품 감귤의 유통중 신선도 유지용 전처리방법으로서 적정 열수처리가 매우 효과적임을 확인할 수 있었다.

한편 감귤류 표면에 서식하는 부패 미생물을 신속, 정확하게 검지하기 위하여 유전자 finger-printing 기법인 PCR-DGGE 방법을 정립하였다. 표준 균주인 *Geotrichum candidum*과 *Trichoderma viride*, 이들의 혼합 균주 및 감귤 곰팡이로부터 DNA를 추출하고 4종류의 primer set를 이용하여 PCR을 실시한 후 전기영동을 실행하였으며 감귤 표면 곰팡이의 경우 검출용 primer로서 EF4f-F5r을 선택하였다. 표준 균주의 PCR 조각을 감귤 곰팡이 DNA 조각과 함께 DGGE로 전기영동 분석함으로써 각각의 미생물을 분리 동정할 수 있었고, 적용된 DGGE 실험 조건이 합당하게 설정되었음을 확인하였다. 그러나 감귤 표면에서 세균은  $10^2$  CFU/g 이하의 낮은 수준으로 존재하므로 직접적인 PCR-DGGE 방법으로 신뢰성 있게 DNA 조각이 증폭되지 않으므로 DNA 추출 전 배양을 통해 미생물 자체를 증폭할 필요가 있었다. PCR-DGGE 기법을 통해 부패 감귤에서 검출한 곰팡이는 *Penicillium italicum*(푸른 곰팡이), *Botrytis cinerea*(회색 곰팡이), *Glomerella cingulata*(갈색 곰팡이), *Penicillium digitatum*(녹색 곰팡이) 등의 4가지로 구분되었으며, 증온 열수처리로는 표면 곰팡이의 거동 변화가 없음

확인하였다.

이상의 연구개발 결과로부터 감귤류의 고품질 유지 환경친화형 열처리기술의 기초 자료를 확보할 수 있었고, 후속 연구지원이 이루어질 경우 저장 유통중 감귤류의 품질유지를 통해 비가격 경쟁력을 향상시킬 수 있도록 제한적 열처리 표준공정을 확립하여 향후 차별화된 고품질 감귤 상품의 대량유통을 위한 전처리 설비 및 공정을 개발할 수 있을 것이며, 연구과제 참여기업은 물론 국내 희망 생산자 단체 및 조합에게 우선적으로 기술 전수하여 연구개발 결과의 현장 활용을 통한 실용화를 추구할 수 있을 것으로 판단된다.

## **SUMMARY**

### **I . Title**

Technology development for maintaining citrus fruits of high quality during storage and distribution by using mild heat treatment

### **II . Purpose and Importance**

Among the fruit cultivars of citrus grown in Korea, Satsuma mandarin has the greatest cultivating area and the highest production amount. However, market environments of the fruit such as opening the domestic market to other countries and consumer demands for good quality have led to research on developing or improving pre-storage treatments to keep the postharvest quality of the commodity during storage and marketing periods. Public concerns with fungicide residues on the fruit and the development of fungicide tolerance in pathogen populations have increased the needs for managing fresh agricultural produce in environmentally friendly ways. Recently, heat treatments are attracting interests as a promising alternative to replace or to reduce the use of chemical treatments during postharvest storage and distribution. Treatments in the form of hot water, hot air, or heated vapor have been tried to control postharvest decay and insect infestations in a wide range of fresh produce in some foreign countries including Israel and USA. This study aimed to investigate the effects of mild heat treatment on quality characteristics of citrus fruits in order to develop a novel postharvest handling technology for the local citrus produced in Cheju island, Korea as an environmentally benign pre-treatment to maintain the commodity of high quality during distribution and marketing periods.

### III. Contents and Scope

The content and scope of this study included installing laboratory-scale system for heat treatments, examining physiological and quality characteristics of citrus fruits as influenced by heat treatment methods and conditions, heat treatment effects on the fruits of different harvesting seasons and varieties, combined effects of heat treatment and chemicals on the fruits, combined effects of heat treatment and packaging on the fruits, feasibility test of heat treatment application to citrus fruits on site, setup of PCR-DGGE for citrus microorganisms, detection and identification of the microorganisms, and data-base formation to scan microbial flora in heat-treated citrus fruits.

### IV. Results and Suggestion

Citrus fruits, including Satsuma mandarin(*Citrus unshiu*) of different harvesting seasons, Shiranuhi(*(Citrus unshiu × sinensis) × Citrus reticulata*), and Kyomi(*Citrus unshiu × sinensis*), grown in Cheju island were treated with hot air or hot water at various conditions and stored at 5°C for 3 weeks and additional one week at 18°C (simulated shelf-life) in order to examine the effect of mild heat treatment on the storage quality of the fruits. Quality attributes of the sample fruits evaluated during the storage period included the respiration rate, internal gas composition, pH, titratable acidity, soluble solids content, flesh weight loss, firmness, peel color, decay ratio, and sensory properties. The initial respiration rates, just after heat treatment, were significantly higher in the heat-treated fruits compared to the untreated. However, during storage at 5°C, the respiration rates showed a similar level in all treatments. Internal gas composition exhibited no significant difference between the heat-treated and untreated samples. Heat treatment also exerted no significant effects on the pH, titratable acidity, soluble solid contents, flesh weight loss, firmness, and peel color of the fruits during the whole storage period. The decay ratio of stem-end rot, mold occurrence, and black rot was manifestly lower in the heat-treated fruits than the untreated. For sensory attributes related with organoleptic quality, no significant difference was observed among sample fruits. In the case of visual quality, however, the fruits treated with hot water dip were



scored better than the other samples. Experimental results suggested that mild heat treatment with hot air at 45°C for 4-6 hours as well as hot water at 52°C for 2 min or 60°C for 20 sec could be used as an effective preconditioning or pretreatment method to keep the postharvest quality of the citrus fruits by reducing the decay incidence remarkably during storage.

Early harvested Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) grown in Cheju island was treated with hot water and chemicals including sodium acetate, sodium citrate, hydrogen peroxide, and EDTA in combination at 52°C for 2 min and stored at 5°C for 3 weeks and additional one week at 18°C in order to investigate the combined effect of mild heat treatment and the preservatives on the storage quality of the fruits. No adverse effects were observed on physicochemical and sensory properties of the fruits by the combined treatment with hot water and chemicals. The incidence of stem-end rot, mold occurrence, and black rot was significantly lower in the treated fruits than the untreated. Early harvested Satsuma mandarin was also treated with hot water at 52°C for 2 min and various packaging methods such as perforated packaging, MAP, and active packaging and stored at 5°C for 3 weeks and additional one week at 18°C in order to investigate the combined effect of mild heat treatment and packaging on the storage stability of the fruits. Seal packaging with polyethylene films of different thickness produced the modified atmospheres in the packages with rendering the treated fruits with better visual quality and more stable physicochemical properties during storage, but causing serious off-flavors on the fruits when opening the packages. However, perforated packaging with the same polyethylene films obviously reduced the decay ratio and retained good visual and organoleptic quality in the heat-treated fruits. Besides the experimental results above, a feasibility test on the heat treatment application to green-house grown Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) on site confirmed its potential effectiveness as a promising pretreatment to maintain the commodity of high quality during distribution and marketing periods.

As an efficient method permitting the rapid detection of molds and bacteria from citrus fruits, the polymerase chain reaction (PCR) combined with denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) was evaluated. The results showed that this technique was efficient at amplifying the conserved regions of fungal 18S rRNA genes and bacterial 16S rRNA genes with universal primers. 18S ribosomal DNA fragments (approximately 530 bp) for mold detection were amplified

with EF4f/F5r primers and analyzed by DGGE. Four species of molds from the decayed fruits (*Penicillium italicum*, *Botrytis cinerea*, *Glomerella cingulata*, and *Penicillium digitatum*) were examined. For bacteria detection, 341GCf/534r primers were selected and confirmed with ten pure cultured bacteria (*E. coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Samonella typhimurium*, *Shigella sonnei*, *Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus*, and *Pseudomonas aureuginosa*) whether 240 bp fragments were amplified in PCR and the fragments were separated in a sequence-specific manner in DGGE. PCR products of the same length from ten different species showed good separation upon DGGE. However, no bacteria were detected from fresh citrus fruit skins. It seemed that the initial amount of bacteria on the citrus fruit skin was under the detection limits (total viable cell count  $\leq 10^2$  CFU/g). During the storage of citrus fruits after mild heat treatment with hot water at 52°C for 2 min, no significant mold species change was found in this study.

Based on the results from this study, fundamental information regarding the mild heat treatment effect on citrus fruits was obtained to keep the postharvest quality of the fruits. Provided with a possible subsequent research grant, standard heat treatment process for citrus fruits can be established to operate on site in a local packaging house through a technology transfer to farmers associations and cooperations in anticipation.

## CONTENTS

<b>Chapter 1 Outline of Research Project</b> .....	14
Section 1 Purpose of Research .....	14
Section 2 Necessity of Research .....	14
Section 3 Content and Scope of Research .....	17
<b>Chapter 2 State of the Art Report</b> .....	19
Section 1 Heat Treatment for Agricultural Produce .....	19
1. Heat treatment of fruits and vegetables .....	19
2. Commercial heat treatment .....	21
3. Combined treatment of heat and chemicals .....	22
4. Status and future of heat treatment technology .....	29
Section 2 Quality Maintenance of Citrus Fruits .....	30
1. Disinfection of citrus diseases .....	30
2. Postharvest handling of citrus fruits .....	32
<b>Chapter 3 Research Performed and Results</b> .....	38
Section 1 Strategy for Research Performance .....	38
Section 2 Experimental Materials and Methods .....	39
1. Citrus fruit samples .....	39
2. Treatment, packaging and storage .....	39
3. Analysis of physiological and quality characteristics .....	40
4. Microbiological analysis .....	42
Section 3 Results and Discussion .....	46
1. Heat treatment system for citrus fruits .....	46

2. Physiological characteristics of citrus fruits as affected by heat treatment .....	46
3. Quality characteristics of citrus fruits as affected by heat treatment .....	51
4. Heat treatment effects on citrus fruits of different harvesting seasons .....	70
5. Heat treatment effects on citrus fruits of different varieties .....	91
6. Combined effects of heat treatment and chemicals on citrus fruits .....	122
7. Combined effects of heat treatment and packaging on citrus fruits .....	143
8. Feasibility test of heat treatment to citrus fruits on site .....	166
9. Setting up PCR-DGGE for citrus microorganisms .....	177
10. Detection and identification of citrus microorganisms .....	179
11. Data-base formation and scanning of microbial flora in heat-treated citrus fruits .....	181
<b>Chapter 4 Research Attainments and Contributions to Related Fields .....</b>	<b>186</b>
<b>Chapter 5 Application Plans for Research Products .....</b>	<b>188</b>
<b>Chapter 6 Science and Technology Information from Abroad .....</b>	<b>189</b>
<b>Chapter 7 References .....</b>	<b>199</b>
Attachment Printed matters for publicity .....	207

# 목 차

<b>제 1 장 연구개발과제의 개요</b> .....	14
제 1 절 연구개발의 목적 .....	14
제 2 절 연구개발의 필요성 .....	14
제 3 절 연구개발의 내용과 범위 .....	17
<b>제 2 장 국내외 기술개발 현황</b> .....	19
제 1 절 농산물의 열처리 기술 .....	19
1. 과일, 채소류의 열처리 .....	19
2. 상업적 열처리 기술 .....	21
3. 열수 및 약제 병용처리 .....	22
4. 열처리 기술의 현황과 전망 .....	29
제 2 절 감귤의 품질관리 기술 .....	30
1. 감귤의 병해관리 기술 .....	30
2. 감귤의 수확후 품질관리 기술 .....	32
<b>제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과</b> .....	38
제 1 절 연구개발 수행방법 .....	38
제 2 절 실험 재료 및 방법 .....	39
1. 감귤 시료 .....	39
2. 열처리, 포장 및 저장 .....	39
3. 생리특성 및 품질특성 분석 .....	40
4. 미생물 분석 .....	42
제 3 절 연구 내용 및 결과 .....	46
1. 감귤의 열처리 시스템 구성 .....	46

2. 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 생리특성 변화조사 .....	46
3. 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 품질특성 변화조사 .....	51
4. 수확시기별 감귤의 열처리효과 비교 .....	70
5. 품종별 감귤의 열처리효과 비교 .....	91
6. 열처리 및 첨가제 병용에 따른 감귤의 저장 안정성 확인 .....	122
7. 열처리 및 포장기법 병용에 따른 감귤의 저장 안정성 확인 .....	143
8. 감귤의 신선도 유지용 표준 열처리 방법의 현장 적용 가능성 검토 .....	166
9. 감귤의 미생물 검지용 PCR-DGGE 기법 정립 .....	177
10. 감귤의 표면 미생물 검지 .....	179
11. 감귤의 검지 미생물군 data-base화 및 열처리 감귤의 저장중 미생물 거동변화 확인..	181
<b>제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>	<b>186</b>
<b>제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....</b>	<b>188</b>
<b>제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....</b>	<b>189</b>
<b>제 7 장 참고문헌 .....</b>	<b>199</b>
<b>부 록 연구결과 홍보자료 .....</b>	<b>207</b>

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

### 제 1 절 연구개발의 목적

본 연구개발의 최종 목적은 신선 농산물의 새로운 수확후 처리기술로서 환경친화형 제한적 열처리기법을 개발하여 국내산 감귤의 저장유통중 고품질 유지를 추구함으로써 비가격 품질경쟁력을 확보하는데 있다. 감귤의 제한적 열처리기법을 개발하기 위하여 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 생리특성, 품질특성, 미생물 변화 등을 조사하고, 감귤의 수확시기 및 품종별 열처리 효과를 비교하며, 첨가제 및 포장방법의 병용에 따른 열처리 감귤의 저장 안정성을 평가하고자 하였다.

### 제 2 절 연구개발의 필요성

농업분야에 관련된 국내외 환경변화를 살펴보면, 2004년 말까지 마무리되는 도하 개발 아젠다(DDA) 협상에서 농산물의 실질적인 자유무역원칙을 강화할 것으로 보여 시장개방과 함께 각종 보조금도 축소 내지 철폐될 전망이다. 또한 전 세계적으로 자유무역을 추구하는 WTO와는 별도로 몇몇 나라가 자유무역협정(FTA)을 체결하는 지역경제블록화의 흐름에 따라 우리나라도 칠레와 FTA협정을 체결했고 이어 다른 나라와도 FTA협정을 계속 추진해야 할 입장에 처해있다.

결국 우리농가는 UR의 쌀 재협상 - DDA의 농산물협상 - FTA의 확대에 이어지는 시대적인 흐름 속에서 주곡인 쌀뿐만 아니라 다른 농산물의 수입개방에도 직면해야 하며, 생존권의 위협을 받을 수밖에 없는 상황에 이르렀다. 이러한 대세 속에서 개방화는 선택할 수 있는 문제가 아니라 선택해야만 하는 과제라는 국민적 인식이 필요하다. 당면하고 있는 농업문제에 대한 국가정책은 국내 농업 보호에 초점을 맞추는 것도 중요하지만, 보다 효과적인 농촌지역발전과 환경보호를 접목시켜 농업에 대한 기존의 개념을 변화시켜 적용하고, 그 성과를 바탕으로 보다 미래 지향적인 합의를 이끌어 내고 제시하는 것이 중요하다 할 수 있다. 특히 새로운 프로그램 도입노력으로 생명공학(BT), 정보통신기술(IT) 등 첨단과학기술을 농업과 접목시켜 선진국형 고부가가치 산업으로 지향할 필요가 있으며, 농업도 소비자의 수요에 부응하는 환경친화적 농산물을 생산하고 유통할 필요가 있다.

현재 우리나라 농업은 WTO 체제에서 New Round 협상 타결, 다자간 FTA 협정 체결 등으로 국제 경제 환경과 밀접한 연관을 가질 수밖에 없고, 국내 농업 생산자원의 효율적 이용과 농가소득 증대를 위해 해외 수요의 창출 및 우리나라 농산물의 국내외 경쟁력 확보가 시급한 실정이다. 더욱이 농산물의 수입 개방에 따라 대외 경쟁력을 갖추기 위해서는 상대적으로 불리한 가격 경쟁력의 제고보다는 품질 면에서의 차별화가 필요하며, 이를 위해서는 고품질의 농산물 재배기술 보급과 아울러 수확후 유통 관리기술의 확립이 절실한 상황이다.

국내의 과일 생산은 전체적으로 증가추세에 있으며 2002년을 기준으로 재배면적은 166천 ha, 생산량은 연간 2,500천 톤이고, 이 중 감귤은 26천 ha, 642천 톤으로 면적은 전국 과수 재배면적의 15%이나 생산량은 전국의 23%로서 우리나라 제 1의 과일이다. 그러나 감귤의 품종별 재배면적 및 생산량은 온주 밀감(면적=97.5%, 물량=98.9%)에 편중되어 있고 재배형태는 노지 재배(면적=94.8%, 물량=93.1%)에 치우쳐 있다. 노지 감귤의 경우 수확은 10월부터 12월에 걸쳐 이루어지며 이때 출하량의 과다는 수급 불균형을 가져와 적정 가격 형성이 어렵다. 따라서 적합한 환경에서 감귤을 저장하여 출하량을 조절하고 단경기에 소비자가 원하는 신선한 과실을 공급함으로써 가격 안정과 생산 농가의 소득증대를 가져올 수 있다. 전체적으로 감귤의 가격은 10월에 높고 11-12월에 최저가격을 유지하다 1-2월에는 약간 높은 가격을 형성하므로 노동력의 분산을 위해서 뿐만 아니라 농가 소득 면에서도 저장은 필요하기 때문에 수확후 저장 안정성 확보 및 신선도 유지를 위한 적정 처리기술의 개발 적용이 반드시 요구된다.

더욱이 국내산 감귤은 지속적인 과잉생산과 WTO 협상에 의한 시장개방, 그리고 품질위주로 변화되고 있는 시장패턴에 대한 대응책이 미흡하여 최근 들어 점차 소비량이 감소하고 있는 실정이다. 향후 전면적인 농산물의 수입 개방에 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 수확후 유통 관리기술의 확립이 절실한 상황이다. 즉, 감귤의 경우 지속적인 품질향상 노력을 통하여 수입 오렌지류에 대한 대응력을 키우고, 국내 소비시장 확대를 위해서 신선도를 유지할 수 있는 적절한 수확후 처리기술의 개발 보급이 시급히 요구되고 있다.

한편 대부분의 과일 채소류 농산물 신선 식품은 단기간 내에 대량으로 출하되므로 수확 시에는 가격이 폭락하기 쉽고 단경기에는 공급량의 부족으로 가격이 폭등하는 현상이 자주 일어난다. 이러한 문제를 조금이라도 완화하기 위해서는 신선도 유지기술의 발전이 필요하다.



며, 특히 신선 농산물의 수출이나 내수 확대를 위해서는 연중 지속적인 공급이 요구되므로 새로운 수확후 처리기술의 개발이 매우 중요하다.

대부분의 신선 농산물은 수확후에도 살아 있는 유기체로서 물질대사와 일반 생리작용이 유지되고 조직의 성장과 발육이 계속되는데, 이러한 수확후 대사작용은 일반적으로 수확후 품질변화를 일으키는 주요한 요인이 된다. 더욱이 과일이나 채소류는 수분함량이 많아 수확후 수분증발로 인해 품질이 크게 떨어지고 조직이 약하여 유통과정에서 쉽게 기계적 손상을 받게 되며 이로 인해 부패균의 침입을 받아 큰 손실이 발생된다. 신선한 농산물의 품질을 우수하게 보존하여 유통기간을 연장하기 위해서는 우선 알맞게 익은 상태에서 수확하고 취급 중 기계적 손상을 최소화하며 적절히 위생 처리한 후 전체 유통과정 동안 최적의 온도와 습도로 유지시켜야 한다. 이러한 기본적인 방법 외에도 수확후 예냉, 예조, 환경기체조절(CA, MA) 등의 전처리, 포장, 저장 기술이 수반되어야 우수한 초기 품질을 유지할 수 있다. 근래 농산물의 수요는 우수한 품질을 갖춘 편리한 형태의 자연식품이 주류를 이루고 있으며 이와 같은 경향으로 인해 신선 농산물의 유통에 있어서는 농약이나 합성 방부제를 사용하지 않거나 가급적 적게 사용하는 전처리 및 포장 방법을 강구하는 추세이다.

식품의 구매 성향은 전반적으로 산업 고도화와 국제화 및 개방화, 전통 식생활의 변화, 핵가족화, 도시화, 노년층 인구 증가, 식품 관련정보 증가 등의 환경요건 변화와 전체적인 국민소득 증대로 인하여 식품 소비측면에서도 종전 영양섭취 위주에서 건강 지향 및 고급화 추구의 경향을 나타내고 있다. 특히 식품소재에 따른 식생활 변화로서 과일 채소 소비가 증가되고 있으며, 이들의 가공 제품보다는 신선 식품에 대한 소비 성향이 신장하는 추세이다. 식품의 신선도에 대한 일반인의 관심과 요구가 날로 늘어가고 있는 상황에서 육류, 어패류, 일부 채소 등의 신선 식품은 cold chain에 의해 유통되고 있으나, 이들과 달리 대부분의 과일은 아직도 상온 유통되고 있다. 살아 있는 유기체라는 측면에서 볼 때 과일 역시 고도의 신선도 유지기술이 필요로 되며 더욱이 신선 농산물로서 그 종류에 따라 생리적 특성이 현저하게 다르므로 품목별로 품질유지 조건에 맞는 적정 수확후 처리방법을 개발하여 활용할 필요가 있다.

### 제 3 절 연구개발의 내용과 범위

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2002)	감귤의 품질유지에 적합한 열처리기법 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제 1세부과제</li> <li>· 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 생리특성 변화조사: 측정 분석 시험 (호흡률, 변색, 과실 조직 등의 생리특성을 측정 분석)</li> <li>· 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 품질특성 변화조사: 측정 분석 시험 (산도, 당 함량, 부피(浮皮), 미생물 오염, 관능적 품질 등의 품질특성을 측정 분석)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제 2세부과제</li> <li>· 감귤의 열처리 시스템 구성: 장치 구축 (실험실 수준의 열수, 열풍 등 열처리 장치를 구성하여 연구에 활용함)</li> <li>· 수확시기별 감귤의 열처리효과 비교: 비교 분석 시험 (대표적 감귤 품종인 제주산 온주밀감을 대상 시료로 수확시기별로 구분하여 적정 열처리 조건에 따른 품질특성 변화를 측정)</li> <li>· 품종별 감귤의 열처리효과 비교: 비교 분석 시험 (주요 계절 품종별로 감귤을 구분하여 적정 열처리 조건에 따른 품질특성 변화를 측정)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위탁과제</li> <li>· 감귤의 미생물 검지용 PCR-DGGE 기법 정립: 검지방범 개발</li> <li>· 감귤의 표면 미생물 검지: 검지 분석 시험 (수확 시기 및 주요 품종별 감귤의 표면 미생물군 검지)</li> </ul>

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차년도 (2003)	감귤의 신선도 유지용 열처리기술 확립	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제 1세부과제</li> <li>· 열처리 및 첨가제 병용에 따른 감귤의 저장 안정성 확인시험: 실증 시험 (표피 선택, 조직연화 억제, 표면 미생물 오염방지를 위해 적정 첨가제를 사용함으로써 병용처리에 따른 상승효과를 검토 확인)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제 2세부과제</li> <li>· 열처리 및 포장기법 병용에 따른 감귤의 저장 안정성 확인시험: 실증 시험 (열처리 감귤의 품질보존을 위해 여러 가지 포장재 및 포장방법에 따른 생리특성과 품질특성 변화를 관찰)</li> <li>· 감귤의 신선도 유지용 표준 열처리 방법의 현장 적용 가능성 검토: 공정 정립 (종합적인 연구결과를 바탕으로 열처리 기술의 실제 적용 가능성을 탐색)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 위탁과제</li> <li>· 감귤의 검지 미생물군 데이터 베이스화 및 열처리 감귤의 저장중 미생물 거동변화 확인: 분석시험 (열처리와 첨가제, 포장방법을 병용한 감귤류의 저장 중 미생물 거동변화를 PCR-DGGE 기법에 근거하여 확인)</li> </ul>

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 농산물의 열처리 기술

#### 1. 과일, 채소류의 열처리

신선 농산물의 유통 중 품질저하를 방지하기 위해 적용할 수 있는 수확후 전처리 기술 중 하나로서 최근 들어 새로이 주목받고 있는 제한적 열처리방법은 식물조직이 손상되지 않는 범위 내에서 최소한의 열을 가하여 미생물 오염에 의한 부패를 방지하고 고유의 조직과 색택을 유지하는 방법으로 몇몇 선진국에서 과일의 저장성 향상을 목적으로 다양한 연구를 진행하여 왔다(Lurie, 1998; Schirra *et al.*, 2000).

현재 주요 선진국에서 시도되고 있는 농산물의 제한적 열처리 방법은 thiabendazole (TBZ) 나 imazalil 등의 화학적 방부제 사용을 대체할 수 있는 환경 친화적인 방법이라는 점뿐만 아니라 미생물을 직접적으로 억제시킬 수 있고 특정한 방어기작을 자극시키는 방법으로 알려져 있다(Wilson and Ghaouth, 1994; Schirra and Ben-Yehoshua, 1999). 또한 heat shock protein (HSP) 생성과 세포 손상을 방지하여 효소 반응에 의한 갈변을 방지하고, 식물체의 생리적인 반응에 관여하여 숙성을 지연시키며, 특정 작물에서는 저온장해에 대한 저항성을 길러주어 품질저하를 지연시킬 수 있다(Wild and Hood, 1989; Mcdonald *et al.*, 1991; Ferguson and Ben-Yehoshua, 2000; Porat and Daus, 2000; Saltveit, 2000).

제한적 열처리 방법에 주로 사용되는 열 전달매체는 증기(vapor heat), 열풍(hot air), 열수(hot water)가 있으며(Lurie, 1998), 증기 처리는 40-50℃의 수증기로 포화된 공기를 이용하여 농산물에 열을 가하는 방법으로 특히 곤충의 알이나 유충을 사멸시켜 병충해를 방지하기 위한 목적으로 사용되어 왔다. 이에 반해 열풍 처리는 가열된 저장고 안에 농산물을 넣거나 뜨거운 공기를 불어넣어 주는 방법으로 열수나 증기처리보다 느리게 가열되지만 공기가 순환되어 골고루 열을 가해 줄 수 있으며 고온에 대한 식물체의 반응을 연구하는데 흔히 사용되었다. 한편 열수 처리는 표면 미생물을 억제하기 위해 쓰이는 방법으로 과일, 채소류의 표면이나 표피 안에 잠재적으로 존재하는 곰팡이 포자에 의한 오염을 방지할 수 있다. 대부분의 과일, 채소류는 50-60℃에서 10분간 처리하여도 조직 상해가 일어나지 않으며 실제로 동일한 온도에서 더 짧은 시간 내에 대부분의 미생물을 사멸시킬 수도 있다(Barkei-Golan and Phillips, 1991).

이러한 열처리는 미숙 과일에 정상적으로 존재하는 왁스 층을 녹여 과일 표면을 균일하게 만들고, 녹아내린 왁스 층은 표피조직의 미세한 상처와 틈새를 채우거나 덮어 씌어 미생물 오염을 방지할 수 있으며 초기 발아된 포자를 캡슐화하여 불활성화시킬 수도 있다(Schirra *et al.*, 1999; Porat and Daus, 2000). 한편 과일의 숙성 과정도 고온처리에 의해 영향을 받게 되는데 에틸렌 합성, 호흡, 과육 연화, 세포벽 대사, 색소 대사, 향기성분 생성, 당 대사 등에 영향을 받는다(Paull and Chen, 2000). 특히 열처리는 표피 함몰(skin pitting), 표피 및 과육 갈변, water-soaking 등의 저온장애를 효과적으로 방지할 수 있으며, 이는 저온에서 생성되는 것과는 다른 유전자를 가진 HSP가 열처리 후 저온에서 유지되어 단백질 변성에 의해 조직붕괴 현상을 방지하는 것으로 보고 있다(Woolf and Ferguson, 2000). 제한적 열처리에 의한 신선 농산물의 품질유지 기작을 규명하기 위해 선진국에서 이루어진 연구들은 주로 HSP 생성, 향균성 화학물질의 분비 및 대사, 생리적 대사 등에 관해 이루어져 왔다(Lurie, 1998; Ferguson *et al.*, 2000).

과일류에 대한 열처리방법은 Baker *et al.*(1939, 1952)이 감귤류의 과일 파리를 제거하려는 목적으로 실시한 이후 70여년 이상 사용되어왔다. 그러나 최근 들어 신선 농산물에 존재하는 해충 및 병원균을 제거하기 위한 수확후 처리방법으로서 중-고온 열처리방법이 새롭게 주목받기 시작하였는데, 이는 수확후 손실을 방지하기 위하여 사용되어오던 대다수 화학약제에 대해 규제가 가해지고 소비자들도 화학약제 처리를 꺼리는 추세에 따라 점차 화학약제의 사용을 대체할만한 새로운 방안이 모색되었기 때문이다.

열처리에는 살균 및 살충 효과가 있지만 살충작용에 적합한 열처리 방법이 부패를 방지하는데도 적합한 것은 아니다. 어떤 경우에는 열처리가 오히려 작물에 해로운 경우가 있을 수 있으므로 살균이나 살충 효과를 얻기 위해 개발되는 열처리방법은 작물에 손상을 주지 않아야 한다. 그러나 대부분의 경우 과실을 저장하기 전에 실시하는 고온처리는 작물에 좋은 영향을 미치는데, 예를 들어 호흡급등형(climacteric) 과일의 숙성을 지연시키거나, 과일의 산을 감소시키고 당 함량을 증가시켜 작물의 단맛을 증가시키거나, 사과에서 주로 발생하는 superficial scald와 같은 저장장애나 아열대 과채류에서 일어나는 저온장애를 방지할 수 있다(Lurie, 1998). 농산물을 저장하기 전에 실시하는 예조처리는 16-25℃의 상온이나 대기 온도 이하에서 일정시간 동안 항온 처리하는 것을 의미하는데, 이때 대기온도 이하의 온도란 적어도 저온장애가 일어날 수 있는 5-12℃ 이상의 온도를 말하며 예조처리 온도는 작물에 따라 달라질 수 있다. 이러한 예조처리는 감자, 양파, 당근과 같은 작물에 주로 사용되며,

작물에 침입하는 병원균에 대한 저항성을 길러주고, 감귤류에서는 저온장해에 대한 저항성을 높여준다.

## 2. 상업적 열처리기술

대규모로 이루어지는 상업적 열처리방법은 주로 병충해를 예방하기 위한 고온처리(증기, 열풍처리)로서 각각의 상품과 병충해에 대해 적합하도록 개발되었다. 병충해 방지 목적으로 가열 예조처리를 실시한 예로는 과일 파리 유충에 쉽게 감염되는 멕시코산 망고를 들 수 있다. 정부로부터 공식적으로 허가받은 열처리방법으로는 열풍처리나 열수처리가 있으며, 이들 방법은 창고 저장 전이나 화물선에 선적하기 전에 이루어지고 있다. 열풍처리는 과일의 과정부 온도가 48℃가 될 때까지 뜨거운 바람으로 가열시키고, 열수처리는 과일 내부온도가 46.1℃가 되도록 뜨거운 물에 침지하는 방법으로 과일의 크기에 따라 처리조건이 다르고 침지시간은 45분에서 90분에 이르기까지 다양하다. 증기처리는 수분이 과일의 표면에 묻어있게 되는 점이 열풍처리와 구별되는데, 과일표면에 묻은 물방울은 공기보다 열을 더 효과적으로 이동시켜 과일이 빨리 가열될 수 있으나 과일에 물리적인 손상을 유발할 수도 있다. 하와이에서 재배되는 파파야는 일본으로 수출하기 전에 증기처리과정을 거친다. 한편 감귤류는 44℃에서 100분간 열풍처리를 하여 병충해를 방지할 수 있다. 종래에 사용되던 병충해 방지법은 과일을 0-2.2℃의 저온에서 10-16일간 보관한 후 6-11℃의 온도에서 저장하는 것으로 이 또한 작물에 따라 처리조건이 달라질 수 있다. 감귤류는 저온에 매우 민감한 작물이므로 흔히 저온에 보관하기 전에 16-20℃의 저장고에서 3-5일간 보관하여 예조처리를 한다. 이러한 처리방법으로 감귤류의 저온장해에 대한 민감도를 감소시킬 수 있다.

과일의 병충해 방제기술로서 열처리방법은 주로 과일 파리 유충을 사멸시키는데 중점을 두고 있는데, 이는 대부분의 수입국가에서 병해충에 대해 엄격하게 검역을 실시하기 때문이다. 가장 최근에 개발된 방법은 저농도 O<sub>2</sub>나 고농도 CO<sub>2</sub>와 열처리를 병행하는 것이다. 항진균 효과 측면에서 가열처리는 작물에 침입하는 병원균에 대한 저항성을 높이기 위해 사용되는 상업적인 처리방법 가운데 하나이다. 고구마는 30℃에서 5일간 예조처리한 후 12℃에 저장하는데, 예조기간동안 손상부위(상처부위)가 치료되고 세포벽 물질의 구조가 재구성되어 외부 병원균에 대한 물리적인 방어벽이 형성된다. 키위 또한 예조처리로 유익한 효과를 얻을 수 있는데, 저온저장에 앞서 10℃에서 저장한다면 저온저장 후 부패도가 거의 발생되지 않는다.

항진균 효과를 얻기 위해 적용하는 열처리로는 지난 50여 년 동안 파파야에 사용된 열수 처리(Akamine and Arisumi, 1953)와 최근에 소개된 열수-솔질 처리(Fallik, 1996a, 1999; Prusky *et al.*, 1997)가 있다. 열수-솔질 처리시스템은 이스라엘의 수출용 옥수수, 망고, 파파야, 감귤류 등을 포장하는 단계에서 사용되고 있는데, 구체적인 처리방법은 작물이 brush rollers를 따라 이동하면 장치에서 50-65°C의 뜨거운 물이 분출되어 세척된다. 이러한 처리방법의 장점은 곰팡이 포자와 더러운 먼지를 제거할 수 있고 열수처리와 함께 솔질을 함으로써 과일 표면에 있는 틈새가 작물의 왁스 층으로 덮여지게 되어 병원균에 대한 저항성을 높여준다. 열수 살균용액에 과일을 침지시키는 방법은 지난 1950년대부터 병원균 방지책으로 사용되어 왔으나 대부분의 살균제가 규제를 받게 되고 살균제에 대한 병원균의 내성이 높아지자 GRAS 등급의 화학약제, 즉 CaCl<sub>2</sub>나 sodium carbonate와 같은 약제와 병행하여 열처리를 시도하고 있다.

### 3. 열수 및 약제 병용처리

농산물의 저장 중 부패를 효과적으로 억제하기 위해서는 병원균이 증식하는 감염 부위에 살균작용을 지닌 약제나 천연 항균물질이 남아 있도록 해야 하는데, 이러한 차원에서 최근 일부 과일 채소류에 비교적 안전하면서도 잔류 지속성이 강한 화학 살균제와 열수처리를 병용하는 방법이 시도되고 있다. 이 방법은 열처리에 의해 약제의 살균효과를 높여주어 살균제의 사용량을 줄일 수 있으며, 동시에 화학 살균제에 의해 부패 억제효과가 제한적인 열처리의 단점이 보충될 수 있다(Schirra *et al.*, 2000).

농산물의 수확 후 발생하는 부패현상은 1차적으로 작물의 표피에서부터 시작된다. 따라서 화학 살균제를 사용할 때 과피로 침투되는 약품의 양과 과피에 남아있는 약품의 잔류량은 작물의 부패를 조절하는 중요한 요인이 된다. 화학 살균제의 살균효과는 주로 3가지 요인에 의해 영향을 받는데, 약품 처리방법과 약품이 병원균에 전달될 수 있는 능력, 감염 정도와 강도, 작물이 부패에 대해 반응하는 민감도에 따라 살균효과가 다르게 나타날 수 있으며, 특히 약제의 전달능력은 부패억제에 가장 큰 영향을 미치는 요인이다(Wills *et al.*, 1998).

열처리는 약제의 과피내 침투속도를 높여주어 살균 효과를 향상시킬 수 있다. 열처리로 과일의 과피 온도와 품온이 상승하게 되면 세포막의 차단성이 저하되고 cuticle 층을 통해 확산되는 약제의 흡수와 확산속도가 빨라지게 된다(Schirra *et al.*, 2000). 이러한 원리로 화학 살균제 작용에 물리적인 열처리 방법이 적용되면 약제가 가지고 있는 유효성분의 살균효과

가 높아지게 되고 이전에 사용된 약제의 사용량보다 적은 양을 사용하더라도 유사한 살균 효과를 얻을 수 있게 되어 결과적으로 화학 살균제의 사용량을 줄일 수 있다(Cabras *et al.*, 1993). 실제로 몇몇 과일에 열처리와 살균제를 병용 처리하였을 때 살균제의 사용량이 줄어도 그 효과는 상온에서 처리했을 때 보다 높은 것을 알 수 있었다. 예를 들어 복숭아와 천도복숭아를 2,6-dichloro-4-nitroaniline(DCNA)가 첨가된 51.5°C의 열수에서 1.5분간 침지하였을 때 열수 또는 DCNA만 단독으로 처리했을 때 보다 부패율이 효과적으로 억제되었고, 51.5°C에서 225 mg/L 농도의 DCNA로 처리한 후 과일에 남아있는 잔류량은 상온에서 900 mg/L DCNA를 사용했을 때 나온 잔류량과 비슷한 수준임을 확인할 수 있었다(Wells and Harvey, 1970). 또한 레몬의 경우에도 50°C에서 250-1500 mg/L 농도의 imazalil (IMZ)에 3분간 침지하였을 때 20°C에서 처리했을 때 보다 IMZ의 잔류량이 4-5배 높은 것을 알 수 있었다. 레몬을 다시 50°C에서 250 mg/L IMZ에 침지한 경우 20°C에서 1500 mg/L의 농도로 처리했을 때와 비슷하게 penicillium에 의한 부패가 억제되는 것을 확인할 수 있었다(Schirra *et al.*, 1996). 이와 유사한 결과는 thiabendazole (TBZ) 처리에서도 관찰되었는데 화학약제의 사용량이 같을 때 열처리를 한 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 살균효과가 높은 것을 알 수 있었고, 이는 열처리로 인하여 과일이 약제 유효성분을 더 많이 흡수하는 것으로 판단되었다(Schirra *et al.*, 1998).

감귤류에 시도된 열처리와 화학약제 병용처리는 과일의 종류와 품종에 따라 그 결과가 다르게 나타나지만 상온보다 높은 온도에서 처리했을 때 약제의 잔류량이 많아지고, 약제의 사용량이 줄어들더라도 그 효과는 비슷함을 알 수 있었다. 현재 미국에서는 감귤류의 녹색곰팡이를 제거하기 위하여 ortho-phenyl phenate, imazali, thiabendazole 등의 방부제를 사용하고 있으며, 단독 혹은 열수처리와 함께 시도되고 있다. 그러나 이러한 화학약제는 열처리로 그 사용량을 줄일 수는 있지만, 잔류물의 위해문제와 내성을 가진 병원균이 출현할 수 있는 문제를 가지고 있어 궁극적으로 방부제와 열처리를 병용하는 것은 수확작물의 부패를 방지할 수 있는 방법이라고 보기 어렵다. 따라서 환경과 동물에 대한 독성문제가 이미 잘 알려져 있고, 식품에 첨가제로 사용되는 화학약제 또는 천연약제를 방부제 대신에 이용하는 방법을 새롭게 연구하고 있다(Smilanick *et al.*, 1995).

환경 친화적인 화학약제를 열처리와 병용함으로써 저장유통 중 농산물의 부패를 억제하고 상품성을 제고하기 위해서는 구체적으로 어떤 화학약제를 사용할 수 있는지에 대한 정보가 필요하다. 일반적으로 식품첨가제는 GRAS(Generally Recognized As Safe) 등급의 화학



약제로서 이미 오랫동안 사용되어 왔을 뿐만 아니라 그 독성에 대한 문제점도 잘 파악되어 있기 때문에 농산물의 열처리에 병용해서 사용하는데 아무런 걸림돌이 없다고 판단된다. 이러한 식품첨가제와 최근 들어 그 사용 가능성이 활발히 연구되고 있는 대표적인 화학약제를 살펴보면, sodium carbonate, acetic acid, citric acid, benzoic acid, sorbic acid, ammonium molybdate, hydrogen peroxide 등으로 매우 다양하다.

탄산염류 즉, sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , SC)와 sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ , SBC)는 다양한 용도로 사용되는 식품첨가물로서 식품의 풍미, pH 조절, 식품의 맛과 질감을 바꾸거나 육류와 생선, 과채류의 살균소독제로 사용되고 있다(Corral *et al.*, 1988). 이들은 대부분의 국가에서 규제를 거의 받지 않고 있어 그 사용범위가 넓은 편이다(Smilanick *et al.*, 1999). 미국의 경우 FDA는 sodium bicarbonate를 GRAS 등급으로 분류하고 있고 EPA에서는 모든 농산물의 잔류 제한물질로부터 제외된 것으로 규정하고 있다. 또한 USDA에서는 SC와 SBC를 유기농 제품에 사용할 수 있는 첨가물로 인정하고 있다. SC와 SBC는 식품첨가물로 사용되는 한편 수확작물의 부패를 방지하기 위해 사용하기도 한다. SBC는 1928년 Barger에 의해 녹색곰팡이와 푸른곰팡이에 대한 억제작용이 밝혀진 이후로 방부제인 borex 대신 사용되어 왔고, 수십년 전부터 과일을 세척하는데 쓰인 SC는 최근 미국 California에서 레몬의 수확 후 부패를 줄이기 위해 사용되고 있다. 이들 탄산염은 가격이 저렴하고 손쉽게 사용할 수 있으며 과일에 손상을 주지 않고 정부의 규제나 안전성에 대한 논란이 없어, 특히 안전한 식품첨가물이라는 점 때문에 소비자들로부터 긍정적인 반응을 얻을 수 있었다(Palou *et al.*, 2001). SC와 SBC의 살균효과는 일반 방부제와 거의 비슷하며 살균제 대신 쓰이는 다른 처리방법, 예를 들어 열처리나 생물학적인 방법보다 효과가 더 좋은 것으로 알려지고 있다(Porate *et al.*, 2002). 레몬에 녹색곰팡이 균주를 인위적으로 접종한 후 27-40°C의 SC와 SBC 용액에 1.5-2분간 침지시켰을 때 두 가지 모두 이전에 녹색곰팡이 부패를 방지하기 위해 사용된 potassium carbonate, potassium bicarbonate, ammonium bicarbonate보다 포자의 증식을 효과적으로 감소시켰으며(Smilanick *et al.*, 1999), SC를 살균제인 imazalil과 비교하여도 녹색곰팡이 발생을 90%이상 억제시켜 녹색곰팡이에 대해 비슷하거나 오히려 더 높은 항균효과를 나타내었고, 균주접종 후 48시간이 지난 뒤에 처리해도 비슷한 효과를 나타내었다(Smilanick *et al.*, 1997). 또한 SC와 SBC 처리는 병원균의 증식을 억제만 할 뿐 과일에 손상을 주거나 방어작용에 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있는데, 레몬을 40°C에서 SC로 처리하더라도 감염 부위에서 *P. digitatum*을 억제시킬 수 있는 phloroglucinol-positive compound 합성이 영향을

받지 않았다(Smilanick *et al.*, 1999). 또한, 감귤과 오렌지에 SBC를 처리할 때 상온에서 2-4% SBC 용액에 150초간 침지한 경우 녹색곰팡이가 60% 이상 감소되었다. SBC는 상온에서만 처리하는데, 이는 용액의 온도가 올라가면 용액 pH가 높아지면서 CO<sub>2</sub>가 생성되기 때문이다. SC와 SBC의 곰팡이 살균효과는 주로 나트륨 염에 의한 것으로 알려져 있다(Wells and Harvey, 1970). SBC 용액은 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 살균작용이나 세포막 투과성의 변형, 미토콘드리아 내부의 ATPase를 자극하여 산화적 인산화과정을 uncoupling 하는 등 여러가지 반응을 통하여 미생물을 살균한다. Smilanick *et al.*(1999)은 녹색곰팡이를 억제할 수 있는 유효량(ED50)을 알아보기 위해 실험한 결과, SC는 5.0 mM(pH 11.0), SBC는 14.1 mM(pH 8.4), potassium carbonate는 6.2 mM, ammonium bicarbonate는 16.4 mM, potassium bicarbonate는 33.4 mM로 처리구들 중 SC의 ED50 양이 가장 적은 것을 알 수 있었다. 그러나 SC의 독성이 가장 높은 반면에 SC, SBC의 곰팡이 억제효과는 거의 비슷하여 SC와 SBC의 살균효과는 SC와 SBC의 pH나 독성정도(ED50)에 의한 것이 아닌 나트륨 염에 의한 것임을 알 수 있었다. 그러나 SC와 SBC는 화학살균제가 아닌 식품첨가물이라는 한계 때문에 그 효과도 초기 살균효과에 그치고 일반 화학살균제와 같이 연이어서 증식하는 포자를 억제시키지 못하는 단점을 가지고 있다. 따라서 SC, SBC의 살균효과를 높이기 위해 유화제나 계면활성제를 첨가하거나 최근에는 열처리를 병용하는 방법이 함께 시도되고 있다. SC와 SBC의 부패 억제효과 또한 감염된 부위에 존재하는 염의 양과 과피의 구성분, 잔류하는 염 사이에서의 상호반응에 따라 다르게 나타난다. 따라서 약제의 잔류량을 높이기 위하여 최근 열처리 병용법이 사용되고 있다. 과일의 품종마다 처리조건이 약간씩 다르지만 일반적으로 감귤류의 녹색곰팡이와 푸른곰팡이를 90% 이상 억제시킬 수 있는 열수병용 SC, SBC 처리조건은 40-50℃의 3-4% SC, SBC 용액에 1.5-2분간 침지하는 것으로 알려져 있다(Palou *et al.*, 2002). 녹색곰팡이를 억제시키기 위한 최적 조건은 40.6-43.3℃에서 4-6%의 SC 용액에 2분간 침지시키는 것이다(Smilanick *et al.*, 1997). 저온에서 많이 발생하는 푸른곰팡이의 경우 45℃에서 3-4% SC 용액에 150초간 침지하였을 때 90% 이상이 감소되었다(Schirra *et al.*, 1998). 한편 SC, SBC, 기타 염들이 녹색곰팡이와 푸른곰팡이에 미치는 증식 억제효과는 약제의 농도보다 용액의 온도에 의해 영향을 많이 받는 것으로 밝혀졌다(Hwang and Klotz, 1988). 오렌지를 상온에서 150초간 3-4% SC 용액에 침지하면 물로 세척했을 때 보다 푸른곰팡이의 발생율이 20-30%로 낮아졌으며, 45℃에서 60초간 3-4% SC 용액에 침지한 경우에도 20-25%로 비슷한 발생율을 나타내어 수온을 높이면 처리시간을 단축시킬 수 있었다. 처리시간에 따른 부패 억제효과도

온도가 높을수록 더 향상되었다. 즉, 45°C에서 60초와 150초 처리간의 차이가 20°C에서 60초와 150초 처리간의 차이와 비교하여 더 크게 나타났다. 오렌지를 장기간 저장하면서 열수와 병행하여 SC, SBC의 곰팡이 억제효과를 살펴본 결과, 45°C 열수처리가 20°C 열수처리에 비해 푸른곰팡이 발생을 효과적으로 억제하였고, 45°C에서 약제 병용처리한 것이 열수처리만 한 것보다 푸른곰팡이의 발생을 효과적으로 감소시켰다(Palou *et al.*, 2001). 2개월간 저장한 후 푸른곰팡이 발생율은 SBC에서 38%, SC에서 56%, 열수처리에서 76%이었고, 녹색곰팡이는 각각 32, 22, 60%였다. 녹색곰팡이가 푸른곰팡이에 비해 약제처리로 더 많이 억제되었으며 그 차이는 SC나 열수에 비해 SBC가 가장 적어 SBC가 녹색곰팡이와 푸른곰팡이를 비슷하게 억제시키는 것을 알 수 있었다. 감귤류의 녹색곰팡이와 푸른곰팡이에 의한 부패를 억제하기 위해 열수와 SC, SBC 병용처리를 했을 때 열수처리는 장기저장에 효과적이지 못 하였으며, 고온의 SC 용액은 저온 처리구와 열수처리구에 비해 그 효과가 높아 용액의 온도가 높을수록 약제 효력도 증가하였다. SC와 SBC 처리 모두 이전에 연구된 녹색곰팡이 억제와 유사하게 푸른곰팡이를 억제시켰으며 감염경로와 대사가 유사한 두 곰팡이에 대해 비슷하게 작용하는 것을 알 수 있었다. 한편 유화제나 계면활성제는 SC나 SBC가 용액에서 결정화되는 것을 방지하여 과피에 약제가 균일하게 부착되도록 돕는다. 식품첨가물이나 살충제에 이런 성분을 첨가하여 감귤의 녹색곰팡이를 효과적으로 억제시킨 결과도 있다 (Homma *et al.*, 1981).

식품에 일반적으로 쓰이는 보존제의 대부분은 약한 유기산으로 acetic, lactic, benzoic, sorbic acid 등이 있다. 이들 유기산은 미생물, 효모, 곰팡이의 증식을 억제하며, 특히 sorbic acid는 효모와 곰팡이 억제제로 주로 사용되고 있다. 유기산의 항균효과는 세포내로 유입된 해리되지 않은 산 분자의 작용에 의한 것으로(Brul and Coote, 1999), 일반적으로 낮은 pH 상태에서 해리되지 않은 산성 분자가 세포질 막(plasma membrane)을 통과하여 중성 pH의 세포질(cytoplasm) 안에서 해리되면 수소이온을 생성하게 된다. 세포질 내부에 수소이온이 축적되기 시작하면 세포질이 산성화되어 세포질 내부의 대사가 영향을 받게 되고 특히 해당 과정에 관여하는 효소작용이 저해되어 미생물 증식이 억제되는 것으로 알려져 있다 (Stratford and Anslow, 1998). 따라서 유기산은 용액의 pH가 낮을수록 항균효과가 높기 때문에 사용 pH 범위가 중요하고 각기 최대 활성 pH가 정해져 있다. 초산(acetic acid)은 미국에서 GRAS로 승인받았으며 식품의 보존제, 산성화제, 풍미제로 흔히 사용되고 있다. 항균효과를 낼 수 있는 pH 범위는 최대 pH 4.5이며, 0.1% 농도로 미생물의 오염이나 포자의 증식을

방지할 수 있고 해리되지 않은 상태에서는 0.3% 농도에서 독소형 곰팡이의 증식을 억제할 수 있다. 벤조산(benzoic acid)은 자두, 계피에서 자연적으로 생성되며 식품의 풍미제, 향균제, 보조제로 사용되고 있다. 현재 식품에서의 사용 허용량은 0.1%이다. 최대 항균효과는 pH 2.5-4.0에서 나타나며 곰팡이보다 효모나 세균 억제에 더 효과적이다. 나트륨 염 형태의 벤조산은 물에 잘 용해되므로 여러 식품에 향균제로 사용되고 있다. 솔빈산(sorbic acid) 역시 향균제로 사용되며 특히 세균 보다 효모나 곰팡이 억제에 더 효과적인데, 일반적인 약산과 달리 세포질 막과 솔빈산간에 지질 친화력이 높아 비교적 높은 pH 상태에서도 세포막 안으로 쉽게 확산될 수 있어 넓은 pH 범위(최대 pH 6.5)에서 항균효과를 나타낸다(Stratford and Anslow, 1998). 이러한 유기산을 열수에 첨가하여 사용함으로써 농산물의 부패 방지효과를 얻을 수 있었다(Palou *et al.*, 2002). Potassium sorbate, sodium benzoate, 이들 혼합물을 열수로 처리한 과일에서 녹색곰팡이 발생율이 75% 이상 감소하였으며 이는 sodium carbonate 나 calcium polysulphide로 처리했을 때와 비슷한 수준이다. 또한 sodium benzoate, potassium sorbate, ammonium molybdate를 첨가한 경우 오렌지의 녹색곰팡이와 푸른곰팡이 발생율이 무처리 대조구에 비해 50% 이상 감소하였다. Sodium molybdate와 ammonium molybdate를 첨가했을 때 약제 농도보다는 수온이 더 큰 영향을 미치는데, 같은 농도의 sodium molybdate를 사용하더라도 20°C 보다 40°C 에서 오렌지의 푸른 곰팡이가 효과적으로 감소하였다.

Ammonium molybdate는 일부 농산물에 사용되고 있는 항진균제로서 최근 질소화합물이 생물학적 길항작용을 향상시킬 수 있는 것으로 밝혀졌다. 예를 들어 ammonium molybdate를 *Candida sake*에 첨가하였을 때 사과와 배에서 발생하는 푸른곰팡이의 억제율이 높아졌다. 사과에서 발생하는 푸른곰팡이와 녹색 곰팡이를 제거하기 위하여 ammonium molybdate를 사용한 결과, 15 mM 농도로 *P. expansum*, *B. cinerea*, *R. stolonifer*의 생육 환 직경을 각각 84%, 88%, 100%씩 감소시켰고 1°C에 저장한 후에도 *P. expansum*, *B. cinerea*의 발생이 크게 줄어들어 과일류의 부패방지에 효과적이다(Nunes *et al.*, 2001).

과산화수소는 식품의 표백제, 산화/환원제, 향균제로 주로 사용되며, 과채류 표면에 오염된 미생물을 줄이기 위한 목적으로도 사용되므로 포도의 부패 방지제, 버섯 세척제, 샐러드용 채소 및 편의가공품의 보존제로 사용되고 있다. 미국의 경우 치즈 제조에 사용되는 원유, 유청 분리공정, 옥수수 전분, 계란 건조품에 과산화수소를 첨가하도록 허용하고 있으며, 포장재의 살균 용도로도 사용할 수 있게 허용한다. 또한 과채류의 변패 방지를 위해 사용되기도 하며 건포도의 오염을 방지하기 위해서도 사용된다. 과산화수소가 포자를 사멸시키는

기작은 확실하지 않지만 채소에 있는 세균과 곰팡이는 DNA에 손상을 입는 것으로 알려져 있다(Brul and Coote, 1999). 오이, 녹색 피망, 호박 등을 5-10% 과산화수소수에 2분 이상 침지하면 연부현상을 방지할 수 있었고, 메론 편이가공품을 5% 과산화수소수로 처리했을 때 저장성이 향상되었다(Gerald *et al.*, 1998). 호박 편이가공품의 경우 과산화수소수 처리가 염소수 세척보다 효과적이었고, 버섯, 호박, 메론에서는 과산화수소수 처리로 *Pseudomonas* 세균을 90%까지 감소시킬 수 있었으며 처리효과가 4°C에서 5일간 지속되었다. 또한 오렌지, 사과, 토마토를 1.5% lactic acid와 1.5% 과산화수소수에 15분간 침지했을 때 병원균이 효과적으로 감소하였다. 양상추를 통째로 22°C의 1.5% lactic acid와 2% 과산화수소수에 5분간 침지하면 외관 및 색 변화 없이 *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*를 효과적으로 감소시켰다. 그러나 lactic acid를 사용한 경우 이취와 이미가 발생하였기 때문에 열처리를 병용한 결과, iceberg 양상추 편이가공품을 50°C의 2% 과산화수소수에 60초간 침지했을 때 관능적으로 우수하였고 항균효과가 향상되어 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella enteritidis*는 4 log 이상 감소되었고 *Listeria monocytogenes*는 3 log 이상 감소되었다(Lin *et al.*, 2002).

CaCl<sub>2</sub>와 같은 칼슘제제는 작물의 연화방지를 위해 주로 사용되는데, Ca<sup>2+</sup> 이온이 세포막 시스템을 안정시키고 Ca-pectates를 형성하여 middle lamella와 세포벽간의 경도를 높이며 polygalacturonase(PG) 작용을 억제하여 액포 팽압을 증가시킨다(Luna-Guzman *et al.*, 1999). 열처리가 세포벽에 미치는 영향은 주로 pectin esterase(PE) 활성화에 대한 것으로 이 효소는 주로 55-70°C 범위에서 작용한다(Hoff and Bartolome, 1972). PE는 pectin의 galacturonic acid 잔기에 있는 메틸기를 분리시켜 pectic acid를 생성하는데, 여기에 Ca<sup>2+</sup> 이온이 첨가되면 pectic acid의 카르복실기에 결합하여 식물조직을 단단하게 만든다(Belitz and Grosch, 1986; Stanley *et al.*, 1995). 수확 후 병충해와 부패를 방지하기 위한 방법으로 칼슘과 열수 병행처리를 일부 과일, 채소류에 적용한 결과 긍정적인 효과를 얻을 수 있었는데, 감자(Hoff and Bartolome, 1972), 고추(Mohammed *et al.*, 1991), 사과(Lurie and Klein, 1992) 등에 열수병용 칼슘처리를 하면 조직이 단단해지고 부패를 방지할 수 있었다. 또한 Cantaloupes 편이가공품을 60°C의 2.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에 1분간 침지한 후 5°C에서 12일 동안 저장하였을 때 과실 경도가 잘 유지되었다(Luna-Guzman *et al.*, 1999). 한편 CaCl<sub>2</sub>의 쓴맛을 해결하기 위해 calcium lactate로 대체 가능성을 확인한 결과, 60°C의 2.5% calcium lactate에 1분간 침지한 후 5°C에서 12일 저장하였을 때 CaCl<sub>2</sub> 보다 경도가 높게 유지되었고 풍미도 증진되었다(Luna-Guzman and Barrett,

2000).

#### 4. 열처리 기술의 현황과 전망

대부분의 열처리는 해충이나 곰팡이를 사멸시키려는 목적으로 개발되었으나, 이외에도 저온장해(CI)와 같은 생리장애를 예방하는 효과를 얻을 수 있다. CI를 예방함으로써 상품을 저온에서도 장기간 저장할 수 있게 되었고 비용이 비싼 비행기보다 배를 이용하여 수출할 수 있게 되었다. 여기에 선적하기 전에 실시되는 열처리로 CI에 의한 상처부위가 치료되어 감귤류와 같은 작물이 저온 저장시 해충에 의해 입는 피해를 방지할 수 있게 되었다. 그밖에 열처리는 사과 과육의 경도를 높여주거나 브로콜리의 황변을 감소시키는 등 수확후 상품의 품질을 유지하기 위해, 또는 해충방제를 위해 실시하는 방사선 조사와 같은 비생물학적인 스트레스에 대한 보호차원에서 개발되고 있다.

과일류의 열처리와 관련하여 현재까지 수행된 대부분의 연구는 병충해 방지를 목적으로 과실 손상을 최소화하는 최적 열처리 온도 및 시간 조건을 찾아내는 것으로 경험적인 실험 결과만을 배출하였을 뿐 통합적 품질유지 측면에서는 개발의 여지가 많은 취약점이 있다. 더욱이 국내에서는 신선 농산물의 수확후 처리기술로서 열처리 효과에 대한 연구가 극히 미진한 실정이며, 특히 감귤과 같은 주요 국내산 과일의 유통중 고품질 유지와 관련하여 제한적 열처리기술의 적용에 따른 미생물 오염억제, 식물체 조직변화, 저장 안정성 향상 등에 관한 기초연구는 거의 사례를 찾아보기 어렵다.

본 연구개발과 관련하여 선행연구로서 당 연구팀에서 최소 가공한 사과의 유통 중 선도유지를 목적으로 열처리를 시도한 결과, 45°C에서 90분간 침지하였던 쓰가루 사과를 절단하여 경도를 비교하였을 때 대조구에 비해 초기에는 22-32% 정도 높았으나 저장기간이 경과할수록 차이가 크게 나타났으며, 특히 사과 절편을 45°C의 0.5% 염화칼슘 용액에 3-5분 처리하면 과육의 경도를 크게 향상시킬 수 있었다. 또한 고품질 채소의 전처리 기술로서 제한적 열처리의 적용 가능성을 확인하고자 박피 양파의 열수 처리에 따른 저장 중 품질특성 변화를 살펴본 결과, 생체 중량감소, 표면색 변화, 미생물 감소는 상대적으로 고온(70°C 이상) 처리구에서만 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 저장중기 이후에는 처리구별로 유의적인 미생물 생균수 차이를 구분할 수 없이 약  $10^7$  CFU/g 수준을 나타내었으며, 관능적 평가에서는 60°C 처리구가 변색, 시늬, 부패 항목에서 상대적으로 낮은 점수를 나타내었고 외관 품질도 우수하여 박피 양파의 저장 중 품질유지에 가장 유리한 열수 처리 온도임을 확인할 수

있었다(Lee *et al.*, 2003; 홍 등, 2004).

열처리 방법은 농산물의 유통 중 충해를 방지하기 위해 개발 적용되어온 수확후 소독/구제 처리방법의 하나로 조직이 손상되지 않을 정도의 제한적 열에너지를 가하여 오염 미생물이나 병충에 의한 신선 농산물의 손실을 방지하는 방법이다. 이러한 열처리 방법은 화학 방부제를 대체하거나 그 사용량을 줄일 수 있는 환경친화형 신선 농산물의 소독/구제용 물리적 전처리로서 뿐만 아니라 과실 숙성 또는 생리특성에도 영향을 미쳐 유통 중 품질유지 측면에서 긍정적인 효과를 기대할 수 있다. 신선 농산물의 열처리는 이스라엘을 비롯한 몇몇 선진국을 중심으로 개발되어 최근 상업적으로 실용화되기 시작하는 수확후 처리기술이며 현재 지속적인 연구가 이루어지고 있으므로 국내에서도 향후 기술발전 및 현장보급 가능성이 매우 높은 기반기술이라 판단된다.

## 제 2 절 감귤의 품질관리 기술

### 1. 감귤의 병해관리 기술

감귤은 열대와 아열대 지역에서만 자랄 수 있는 생육 특성상 아열대의 북방한계에 위치한 우리나라 제주도에서 재배되는 특수 작목이지만, 그 생산량은 전국에서 생산되는 과일 중 가장 많다(윤, 1991). 현재 재배되고 있는 감귤류 중 조생 온주, 만생 온주, 부지화, 청건 등이 주로 섭취되고 있으며, 이들의 부패방지법으로는 부패 원인균의 특성에 따라 수목관리, 손상과의 선별, 저장창고 관리, 살균제 살포 등이 이루어지고 있다. 일반적으로 특정 작물에는 특정 병원균이 증식하게 되는데(Wills *et al.*, 1998), Ko and Kim(1996)은 1994년 가을부터 1995년 봄에 걸쳐 대기에 노출된 채로 상온에 저장 중 부패된 온주감귤로부터 14종의 상이한 균주를 분리하여 상온저장 중 발생하는 감귤의 부패균을 알아보았다. 저장 중 각 곰팡이에 의한 병해의 발생빈도는 *Penicillium italicum* 25.8%, *Monilia candida* 19.8%, *Alternaria citri* 18.1%, *Mucor hiemalis* 11.0%, *Phomopsis citri* 6.6%, *Botrytis cinerea* 5.5%, *Phoma citricarpa* 3.8%, *Glomerella cingulata* 3.8%, *Penicillium digitatum* 1.1% 순이었고 이외 기타 곰팡이가 4.5%를 차지하였으며, 생리적 특성상 동정된 모든 균주가 펙틴 분해효소와 곰팡이의 펙틴 분해능력 간에 연관성이 있음을 확인하였다.

감귤 저장 중 주로 발생하는 병해에는 녹색곰팡이병, 청색곰팡이병, *Diaporthe* 꼭지 썩음

병(Phomopsis stem-end rot), 검은 썩음병(*Alternaria rot*) 등이 있다. 녹색곰팡이병은 수확 후 가장 문제시 되는 병해로서 감염부위에서 수백만 개의 포자가 형성되어 비산함으로서 이들이 접종원으로 작용하게 되며 이런 포자들은 과원이나 저장고, 컨테이너, 각종 유통과정에 존재하면서 손상과를 통해 감염된다. 이 병해의 원인균은 *Penicillium digitatum* (Pers:Fr.) *saccard*로, 초기에 수침상의 병반이 생기고 확대되면서 중심부위에 하얀색 균사가 생기고 점차 확대되면서 연두색 또는 녹색이 첨가된 올리브색의 포자로 뒤덮이며 가장자리는 하얀색을 형성하는 병징을 보인다. *Penicillium*은 상처를 통해 공기 중에 있는 포자로 1차 감염되며 기계적 상처뿐만 아니라 저온 장해, 과육 붕괴 등과 같은 생리적 장해를 통해서도 쉽게 감염된다. 균사생장 최적온도와 병 발생 최적 온도는 25℃내외로 10-30℃에서는 여러 *Penicillium* 병원균들 중에서 가장 강력한 병원력을 지니지만 10℃이하나 30℃이상에서는 병 진전이 상대적으로 느린 편이며 1℃에서는 병이 전혀 진전되지 않는다. 현재 사용되는 방제법으로는 예방적 차원에서 상처과를 선별하여 제거하고 저장 중 감염되지 않도록 저장 전 저장고를 소독해 주며 예건을 철저히 하거나 수확 전에 크레프논을 살포하여 과피의 과습을 방지한다. 또한 저장 중에는 과습하지 않도록 저장고의 환기를 철저히 하며 되도록 저온을 유지함으로써 병 진전 속도를 늦출 수 있고 저장 중 부패과를 선별 제거하여 저장고내의 병원균 밀도를 최대한 낮게 유지시킨다. 약제로는 이미녹타트리스알베실레이트수화제(상품명: 벨쿠트)가 등록되어 있으며(2002년 기준) 수확 전에 수상처리를 하고 있다.

청색곰팡이병은 녹색곰팡이병과 더불어 감귤이 존재하는 모든 지역이나 품종에 발생하는 중요한 저장 병해이다. *Penicillium italicum* wehmer에 의해 발생하는 이 병은 초기에 연부로 시작되기는 녹색곰팡이병과 비슷하지만 녹색곰팡이병과 같이 급속하게 연부조직이 확산되지 않으며 금방 포자가 형성되어 청색의 포자로 뒤덮이고 시간이 지나면서 회청색으로 변한다. 균사생성과 병 발생 적온은 20-25℃이며 10-30℃에서는 병 진전이 상대적으로 녹색곰팡이병에 비해 느리지만 10℃이하에서는 녹색곰팡이병보다 발병이 심하다. 따라서 저온 저장이나 상온저장의 경우 1-2월경에 많이 나타나고, 이 병의 방제법은 녹색곰팡이의 경우와 같이 상처과 선별, 저장고 소독, 과피의 과습 방지, 약제처리 등이 행해지고 있다.

*Diaporthe* 꼭지 썩음병은 자낭균인 *Diaporthe citri* F.A. Wolf에 의해 발생하는 질병으로 흔히 극조생 계통에서 많이 발생한다. 이 병원균은 죽은 가지 등에서 부생하다가 빗물에 의해 포자를 형성하고 과실의 꼭지부분을 침해하여 휴면상태로 있다가 수세가 약화되거나 수확 후 꼭지가 노쇠해지면 꼭지와 과실 사이에 형성된 개구를 통해 조직 내로 침입하여 병을 일



으킨다. 초기 병징은 과경지에서 시작되어 과피를 통과하고 점차 중심축까지 진전되며 최종적으로 사양(juice sac)까지 진전된다. 초기단계에서는 거의 과피 색의 변화 없이 물러지기만 하다가 점차 진전되면서 과피의 색도 연한 갈색으로 변한다. 꼭지 썩음병은 과피 색과 큰 차이 없이 연부되는 것이 특징이다. 이 병은 전염원인 죽은 가지가 많은 나무에서 수확한 과실, 그리고 검은점 무늬병 발병이 많은 과실에 주로 발생하기 때문에 죽은 가지를 제거하고 검은점 무늬병 방제를 통해 예방이 가능하다.

감귤의 검은 썩음병은 녹색 및 청색곰팡이병과 더불어 중요한 저장 병해중의 하나이며, 특히 장기간 저장할 경우 큰 문제가 된다. 주요 침입 경로는 과경지로 침입하여 꼭지 썩음병을 일으키거나 과정부로 침입하여 저장 중에 썩음병을 일으키기도 한다. 하지만 저장 중 상처를 통하여 과피를 침입하는 경우도 종종 발견된다. *Alternaria citri* Ellis & N. Pierce에 의해 발생하는 이병은 처음에 암갈색 또는 흑갈색의 약간 들어간 수침상을 형성하거나, 검정색 또는 흑녹색의 솜털과 같은 균사들로 뒤덮인 병반을 형성하며 이때 과실을 절개해보면 과실 내부는 부패하여 까만 균사로 가득 차 있다. 이러한 증상들은 주로 과정부 또는 과경부를 중심으로 발생하지만 적도면 등 과실표면의 어떤 부위에서도 발생할 수 있다. 과정부 또는 과정부로부터 병원균이 침입하는 경우 내부가 우선적으로 부패하기 때문에 과실 표면은 외견상 건전해 보여도 과실 내부가 부패해 있는 경우가 종종 있다. 병원균은 감귤의 죽은 조직이나 기타 기질에 부생적으로 존재하면서 포자를 형성시켜 공기 중으로 비산시키며 과실의 생육기간 중 과정부 또는 “鑿似” 속에 잠복해 있다가 과실의 열악한 환경, 즉 생리적 장애, 과숙, 일소, 건조, 서리 등에 의해, 또한 수확 후 저장 과실이 생리적인 소모가 많아짐에 따라 과실내부에 침입하여 병을 일으킨다. 주요 침입경로는 과경지나 과정부의 균열을 통하여 주로 침입하지만 또한 과실에 상처가 있을 때에도 병 발생이 용이하다. 이 병의 방제로는 저장 전 예조를 충분히 행하고 저장 조건을 잘 맞추어 줌으로서 저장 과실의 생리적 소모가 적도록 하며 특히 저장 중 과습하지 않도록 환기를 철저히 한다. 또한 전정가위나 바람, 곤충에 의한 상처과는 병 발생이 쉽기 때문에 저장과로 쓰이지 않도록 해야 한다. 이 병에 쓰이는 약제로는 이미녹타딘트리스알베실레이트수화제(상품명: 벨쿠트)로 수확 7일 전에 살포하여 준다.

## 2. 감귤의 수확후 품질관리 기술

감귤의 수확 시기는 품종 및 재배방법에 따라 다르지만 수확의 기본은 완숙과를 위주로 수

확해야 한다. 그러나 저장용 감귤은 적어도 적정 산도가 약 1.2%를 기준으로 하여 수확해야 저장에 유리한데, 저장 중 감귤의 호흡 에너지원으로 이용되는 것이 당은 물론 유기산이므로 저장기간이 길어질수록 신맛이 감소되어 품질이 나빠질 수 있다. 저장 후 판매할 과실의 경우 수확요령은 우선 과피가 오염된 과실(흑점병 및 풍상과)을 제거하고, 과실간의 마찰로 인해 상처가 예상되는 과실 꼭지부위를 짧게 절단 하는 것을 원칙으로 하며, 수확 가위에 의한 과피 손상에 주의를 기울여야 한다. 또한 최근에는 소비자들이 출하된 농산물의 잔류농약에 매우 민감하게 반응하므로 수확기에 접근해서는 농약 안전사용 기준을 철저히 지켜 잔류농약 검출우려를 없애야 한다(농촌진흥청 난지농업연구소, 2004).

저장의 목적은 우선 출하기 물량조절 기능에 따른 가격안정과 품질향상에 있다. 저장에 의해 출하기를 분산시켜 제 가격을 받을 수 있도록 하며, 특히 만감류의 경우 품질향상을 위해 저장을 하여 단맛을 상승시키고 산미를 감소시키는데 목적이 있다. 저장방법을 보면 저장고내 온도를 조절하지 못하므로 온도 변화가 적은 조건으로 저장고를 만들고 환기 등 제한적인 요소만 조절하여 저장하는 상온저장과 저장고의 저장온도를 임의로 조절하여 감귤 저장의 최적 조건으로 저장하는 방법인 저온저장이 주로 사용된다. 또한 최근에는 저장시 적절히 기체교환이 이루어질 수 있도록 플라스틱 포장재로 밀봉을 하고 또한 저장에 적합한 포장내부 환경을 조성시키는 저장방법인 환경조절포장(MAP) 및 저장고의 온도, 공기조성 조건을 임의로 하여 과실류의 생리현상을 조절하여 저장하는 방법인 CA 저장과 저장중 적외선 조사에 의해 과실에서 발생하는 에틸렌 등의 기체를 분해하여 최적 저장조건을 만드는 방법인 ULO 저장 등이 소개되고 있다.

저장용 감귤을 선택하는 요령으로 우선 80% 이상의 착색과로 부피가 없어야 하고, 과실의 크기가 중정도로 산 함량 1.0-1.5%, 당도 10°Brix 이상, 과실의 비중 1.04 이상을 기준으로 한다. 이러한 감귤의 저장전 예비처리로서는 예조처리(상온, 저온): 30℃, 3일 처리(과실 중량: 3%감량), 고온처리: 저온 저장중 1달 경과된 상태에서 저장고안의 온도를 30℃, 24시간 동안 올린 후 다시 저온조건으로 만들어 저장, 밀봉처리: 저온 저장전 과실이 있는 밀봉포장 내부에 기체조성 조절이 가능한 물질을 넣고 저장, 피막제 처리: 저장전 과실의 호흡 및 증산작용 억제방법으로 유지류 및 파라핀계 왁스 등으로 피막 형성후 저장하는 방법이 있다.

저장고의 관리요령으로서 상온저장고의 경우 입고 시에 저장고 면적에 대해 보관해야 할 과실의 양을 미리 정하고 저장고 내부의 환·배기를 충분히 한다. 과실 호흡에 따른 이산화탄소 발생에 의해 혐기적 호흡이 이루어지면 과실 내에 이취가 발생하여 품질 하락 및 각종 곰

광이성 병균의 침입이 용이하게 이루어져 순식간에 부패의 진전이 빨라지므로 환기조절을 철저히 하여야 한다. 저장중기에는 보통 1-2월 중순에 걸쳐 이루어지며 대부분 저장고 내부 온도가 5-7℃로 유지되고 공기의 유통이 적으므로 환기를 수행할 필요가 있다. 특히 90% 이상의 과습은 과실의 부패율 증가의 원인이 되므로 과습에 유의하여야 하며, 적정온도는 3-5℃, 습도는 80-85%가 적당하므로 저장고 내부에 간이 온습도계를 설치하여 수시로 점검한다. 약 2월 하순부터 시작되는 저장후기에는 중기 때와 마찬가지로 환기에 주의를 기울여야 하는데, 이때는 기온이 상승하면서 창고내 온도가 상승하여 과실의 호흡이 왕성해지고 습도가 증가하여 물리적, 생리적으로 가장 많은 피해가 발생하는 시기이기도 하다. 그러므로 이때부터는 거의 2일에 한번씩 환기를 시켜주는 것이 창고 내부의 온도 조절과 습도 조절에 유리할 것으로 생각되지만, 지나친 건조는 과실 외관품질을 저하시키는 원인이 되므로 지나친 건조에 주의하여야 한다. 한편 저온저장고에서도 상기의 상온저장과 근본적으로 같은 요령이 적용되지만, 온도와 습도를 기계적 장치에 의해 조작할 수 있는 점이 다르다. 저장고 관리는 제상을 일정 간격에 걸쳐 시행하고 냉각기면에 서리가 발생되지 않도록 주의를 요한다. 저온저장 과실의 출고시 과실 품온이 낮은 상태이기 때문에 외부공기와의 접촉에 의해 과실 표면에 결로(이슬)가 발생하여 과피에 흡수되어 부피과의 발생 및 품질 저하가 초래되므로 출하시를 기준으로 1-2일 전부터 서서히 저장고 온도를 상승시켜 주는 것이 유리하다(약 0.2℃/시간 상승).

감귤 저장은 수확기의 물량조절 기능에 따른 가격안정을 유지함으로써 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 감귤 저장을 효과적으로 하기 위해서는 우선 저장성이 있는 과실 선택이 중요하다. 저장용 감귤은 대부분 착색이 되어 홍등색을 띄고 비중이 0.85 이상이며 과육비율이 75% 이상으로 부피가 거의 없는 것이 좋다. 저장 중 호흡작용 및 증산작용으로 수분손실은 물론 영양성분인 유기산과 당분이 손실되어 품질저하를 가져오기 때문에 이와 같은 생리적인 작용을 억제하기 위해 알맞은 환경조건을 조성하여야 한다. 최적 저장조건은 완전히 착색된 감귤을 6-10℃, 습도 80-85%에서 2-3주간 예비 처리하여 중량이 3-4% 가량 감량되도록 한 후 저장한다. 이는 감귤 껍질 표면의 기공을 줄여 호흡작용 및 증산작용을 억제할 수 있기 때문이다. 저장온도는 3-4℃에서 습도를 85-90%로 유지해 주는 것이 좋으며, 1℃ 이하에서는 냉해를 입기 쉬워 자칫 위험하다. 저온 저장을 할 경우 출고 후에는 저온 유통체제에 의해 판매하는 것이 바람직하며, 출고시의 온도 차에 의해 감귤 표면에 이슬이 맺히는 일이 없도록 하여 품질저하를 방지하고 선과, 포장, 수송을 하도록 한다.

과실은 수확 후에도 살아있는 상태로 생리적인 작용이 계속 이루어지는데, 이러한 생리작용에는 호흡작용, 증산작용, 후숙, 성장작용, 휴면 등 여러 종류가 있으나 감귤 저장 중에는 호흡과 증산작용이 매우 중요하다. 수확 후 호흡량은 농산물의 종류, 품종, 속도, 저장환경에 따라 다르며 생장이 왕성한 것은 저장력이 약하게 된다. 따라서 저장 중에 호흡작용을 얼마나 억제할 수 있느냐에 따라 저장 중 과실의 품질이 달라질 수 있다. 한편 호흡에 사용되는 기질은 과실에 있는 당과 유기산이 이용되는데, 호흡량은 저장온도가 높을수록 커지고 온도가 낮을수록 적으므로 과실에 장애가 없는 한 온도를 낮추는 것이 유리하다. 과실의 종류에 따라 적정 온도에 맞추어 저장해야 하며 습도가 낮을 경우 기공의 개폐에 영향을 주게 되어 호흡작용이 억제된다. 저장고내의 기체조성도 호흡에 영향을 주는데 산소농도를 낮추고 탄산가스를 높임으로써 호흡량을 적게 할 수 있다. 공기의 유통이 차단되어 혐기적 호흡이 일어날 경우 알코올이 생성되어 이취를 생성할 수도 있으므로 각별한 주의가 필요하다. 저장 중 생리적 변화를 보면 유기산이 당으로 변화하는 gluconogenesis(glucose의 신생합성 작용)가 일어난다. 또한 과실 표피를 형성하는 전분이나 셀룰로오스의 가수분해로 당이 증가하며 malic enzyme(malic acid→pyruvate)이 급격히 증가함에 따라 sucrose synthase도 증가한다. 한편 증산작용은 수확 후 저장 시에 발생하는 수분 손실량을 말한다. 저장 중 증산작용으로 인한 수분 손실은 과실 표면의 광택이 손실되고 상품가치의 저하를 가져오며 미숙과는 저장 중 완숙과에 비해 증산량이 많아 저장온도가 높을수록 수분 손실량이 많아진다. 저장고 내부 바람의 속도도 증산작용에 영향을 주며, 특히 햇빛은 과실 표피 세포의 기공을 열리게 할 뿐만 아니라 체온을 상승시키므로 증산작용을 촉진한다. 따라서 증산작용을 억제하기 위해서는 빛을 차단하고 저장고의 습도를 85-90%로 유지하는 것이 좋다.

과실의 저장에 영향을 미치는 요인에는 품종, 환경조건(기상, 토양), 재배조건(비료, 수세, 과실의 크기), 저장조건(온도, 습도, 환기), 식물 생장조절제의 처리 등이 있다. 저장용 과실로서는 첫째 80% 이상의 착색과로서 부피가 없으며, 햇빛을 잘 받은 나무 부위에서 자란 과실로서 크기가 중간 이상의 것으로 당도가 높고, 산 함량이 중간인 과실을 택하면 된다. 구연산 1.0-1.5%, 가용성고형물 10°Brix 이상인 것으로 과중 비중이 1.04 이상의 것이 바람직하다. 수확 시에 당/산 비율이 7-8일 때 저장말기에는 수분손실로 인하여 10-15가 되어 적당한 기호가 된다. 둘째 감귤 나무뿌리가 땅속 깊이 뻗을 수 있는 유효 토층이 깊고 보수력이 좋으며 염기 치환용량이 높은 토양에서 자란 과실로 질소성분의 흡수가 적은 과실이 좋다. 셋째 저장용 과실은 과육이 단단한 것이 유리하며 이는 재배시 석회시비와 관련이 있는데 석

회는 과실 세포벽의 구성성분일 뿐만 아니라 과실 내 전분이 과당으로 변화하는데 관여하므로 매우 중요하다. 넷째 저장 과실은 수확 후 운반 작업에서도 많은 주의를 기울여야 하며 수확시 과다한 충격이나 과피의 손상은 저장시 각종 병해가 쉽게 이병되어 저장력을 저하시킨다.

온주 밀감의 저장은 다른 과실과 달리 수확 후 2-3주간 저장고의 창문을 열고 건조한 밖의 공기를 통하게 하여 과피가 약간 건조되도록 3-4%의 감량이 되게 한다. 이는 저장 중 호흡량 감소, 부패과 발생 감소, 과즙의 성분 변화를 줄일 수 있다. 예비처리에 의한 감귤의 형태적, 생리적 변화기구는 확실치 않으나 과피 중의 수분, 특히 유포수분이 감소하여 기공이 열리는 것을 억제함으로써 과육에서 과피로 수분이동을 억제하여 호흡량을 줄이는 것으로 보인다.

식물체의 호흡률은 온도에 따라 차이가 있는데, 온주밀감의 경우 10℃에서는 0℃에 비해 약 3.5배, 20℃에서는 10℃에 비해 약 2배, 30℃에서는 20℃에 비해서 약 1.7배로 호흡량이 급격히 증가한다. 보통 실용적인 저장온도는 2-5℃범위로 알려져 있으며, 1℃이하가 되면 습도와 과실의 속도에 따라 저온장해가 일어나기 쉽다. 저온에서는 저장 감귤의 생화학적 변화가 감소될 뿐만 아니라 미생물의 생육이 억제되고 증산작용도 감소된다. 온주밀감의 저온장해로는 호반병 등을 들 수 있는데, 특히 1℃부근에서 일어나기 쉽다. 그러나 저온장해는 과실의 형질과도 관계가 있어 완전 착색과인 경우 0.5℃에도 저온장해가 발생하지 않으나 미숙과에서는 발생됨으로 저장 온도에 유의해야 한다.

감귤의 최적 저장습도는 85-90%이며, 90% 이상일 때는 부패과가 잘 발생하며 저장후기에는 예비 처리를 한 과실도 변색되고, 고습도에 의한 생리적 장해과실이 발생한다. 이와는 반대로 저습도의 경우에는 과피가 쭉그러들고 반점이 발생하는 등 품질이 저하된다. 저장고 내의 공기를 순환시켜 습도를 조절하기 위하여 습도가 85%에서는 10 cm/sec, 습도가 90%에서는 30 cm/sec의 속도로 풍속을 조절해 준다. 습도조건은 부패의 발생과 관계가 깊으며, 습도가 높을수록 저장후기에 부패과의 발생이 급격히 증가하고, 70-85%의 낮은 상대습도에서는 과피의 수분함량 감소는 물론 과중 감소가 심하게 일어나 문제가 되므로 감귤 저장에 있어서 습도조절이 매우 중요하다.

CA 저장법은 과채류의 신선도를 오래 유지하기 위하여 공기조성 중 산소함량을 1-5%로 줄이고 탄산가스함량을 2-10%로 증가시켜 호흡작용을 억제하는 저장방법이다. 이는 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>의 조절, 냉장온도 이외에도 85-90%의 습도유지가 필수적이다. CA 저장법은 냉장법과 병

용하면 과채류의 생리현상을 억제할 수 있어 동일한 저온에서 저장하는 것 보다 2배의 효과가 있으며, 저장고 내부 산소농도를 감소시킴으로써 식품 중에 함유하고 있는 비타민과 색소의 산화를 방지할 수 있다. 그러나 일정농도 이하로 산소농도가 감소되면 혐기적 호흡에 의하여 알코올 생성 등 품질저하를 가져온다. 사과, 배 등 껍질이 단단한 과실의 저장에는 매우 유리하나 온주밀감은 CA 저장효과가 다른 과실에 비하여 떨어지는 것으로 알려져 있어서 실용화에는 의문을 제기하고 있다. 그러나 1% CO<sub>2</sub>와 6-9% O<sub>2</sub>의 CA 저장으로 상온저장에 비하여 신선도를 효과적으로 연장할 수 있었다고 한다. 공기 조성을 조절하기 위하여 냉장실은 밀폐되어야 하며, 온도와 상대습도를 조절할 수 있는 장치와 공기순환을 시킬 수 있는 장치가 필요하다. CA 저장에서 공기 조성을 조절하는 방법에는 외부로부터 공기를 차단하여 식물조직의 호흡량에 의해 산소를 소모시켜 저장효과를 얻는 자연적인 방법, 인공적으로 공기의 조성을 조절하는 방법으로 나눌 수 있다. CA 저장은 저온에서 저장함으로써 냉장과 병행하기 때문에 냉해를 받기 쉬운 과채류의 저장에는 저장 온도에 유의하여야 한다.

과채류의 수확 후에 일어나는 호흡 및 증산작용을 억제하기 위하여 계면활성제와 같은 피막제를 사용할 수 있다. 피막제를 사용하면 수송, 저장중의 감량이나 외상을 줄이고 신선도를 보존함과 동시에 광택을 주어 상품가치를 높일 수 있다. 보통 피막제를 단독으로 사용하지 않고, 대개는 morpholine 50% 수용액에 지방산을 가하고 다시 왁스와 물을 가하여 100℃로 가열하여 피막용액을 얻는다. 여기에 미량의 향료를 첨가하고 식용색소로 착색하기도 한다. 피막제를 처리하는 방법은 침전법, 분무법, 포립법 등이 있다. 감귤 과실을 수확한 후 피막제를 살포하는데 알맞은 기계가 개발이 되어 있지 않고 피막시 기계적 충격에 의한 손상과의 발생으로 효과가 감소되므로 사용은 제한되어 있는 실정이다. 피막제 사용은 착색을 지연시킬 수 있으므로 저장 감귤은 완전 착색과를 사용하여야하며 저온저장시에 저온장해를 어느 정도 방지 할 수 있다. 한편 피막은 호흡작용을 억제시킬 수 있으므로 저장 감귤에 너무 두꺼운 피막을 형성하지 않도록 하여야 한다. 그러나 최근에는 왁스재질을 주 원료로 하는 피막을 감귤에 사용하는 것이 오히려 감귤의 산패를 촉진하고 아울러 농산물 생산의 친환경적 추세에 위배된다는 여론에 따라 점차 그 사용이 제한되고 있으며 조만간 전면적인 사용규제가 이루어질 예정이다.

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 제 1 절 연구개발 수행방법

국내산 감귤의 생리특성과 품질특성을 조사하고, 주요 선진국의 과일 열처리기술에 관한 문헌자료를 고찰하여 호흡률, 변색, 과실 조직 등의 생리특성과 산도, 당 함량, 부피(浮皮), 미생물 오염, 관능적 품질 등의 품질특성을 각각 검토하여 시험 측정항목으로 선정하였다. 개별 특성항목의 구체적인 측정방법을 실험실 수준에서 확립한 다음 대표적 감귤 품종인 제주산 온주감귤을 대상 시료로 하여 다양한 열처리 조건에 따른 생리특성 및 품질특성 변화를 측정 조사하였다.

감귤의 품질보존을 위한 구체적인 열처리 조건을 탐색하기 위하여 열풍처리와 열수처리로 구분해서 처리 온도와 시간을 달리하였을 때 감귤의 저장 중 품질특성 변화를 측정하였고, 아울러 감귤 시료의 수확시기와 주요 상품 품종별로 구분하여 적정 열처리 조건에 따른 품질특성 변화를 측정하였다. 한편 표피 색택과 조직연화 억제, 표면 미생물 오염방지를 위해서 열처리 및 화학약제를 병용할 경우 sodium acetate, sodium citrate, EDTA, hydrogen peroxide 등의 약제를 적정 농도로 용해시킨 열수에 감귤을 일정 시간 침지하여 초기 생균수 저하를 유도함과 동시에 저장 중 품질유지에 미치는 효과를 검토하였다. 또한 감귤의 적정 포장방법으로서 환경기체조절포장기법을 적용하고자, 열처리된 감귤 시료의 품질보존을 위한 적정 기체조성을 설정하기 위해 플라스틱 필름 포장재와 포장방법을 여러 가지로 달리하여 감귤의 저장 중 생리특성과 품질특성 변화를 관찰함으로써 최적 포장조건을 탐색하였다.

감귤의 표면 미생물을 신속하고 정확하게 검지할 수 있는 분자생물학적 방법으로서 PCR-DGGE 기법의 사용 가능성을 확인하고자, 감귤 표면 미생물의 DNA를 추출하고 18S-rRNA 코딩 유전자를 PCR을 이용하여 증폭한 다음 유전자 finger-printing인 DGGE를 통해 PCR 산물을 분석하여 미생물을 동정하였으며, 이로부터 검지 미생물군의 데이터를 모아 열처리 감귤의 저장 중 미생물 거동변화를 확인하였다.

이상의 종합적 연구결과를 바탕으로 표준 열처리 방법의 현장 적용 가능성을 검토함으로써 최종적으로 감귤의 저장유통중 고품질 유지를 위한 새로운 수확후 처리기술을 개발하고자 노력하였다.

## 제 2 절 실험 재료 및 방법

### 1. 감귤 시료

제주 서귀포 지역에서 재배된 궁천 조생, 만생 및 온실재배 온주감귤(*Citrus unshiu*)을 2002년 12월(조생), 2003년 2월(만생), 9월(온실재배), 11-12월(조생), 2004년 9월(온실재배)에, 교잡감귤로서 부지화(*Citrus unshiu* × *sinensis*) × *Citrus reticulata*)와 청견(*Citrus unshiu* × *sinensis*)을 2003년 2-3월, 2004년 3월에 각기 수확하여 별도의 선과과정을 거치지 않고 약제 처리나 예조처리를 하지 않은 상태로 이중양면 골판지상자에 담아 실험실로 이송(선박운송: 외기온도 0-8°C에서 약 24시간 소요; 온실재배 온주감귤의 경우 항공운송)한 후 1°C(약 95% RH)로 유지되는 저장고에 1-3일간 보관하였다. 시료는 온주감귤의 경우 평균중량이 약 100 g 내외인 중간 크기(직경: 약 60-65 mm), 부지화와 청견 감귤의 경우 평균중량이 약 250-260 g인 중간 크기로 수확이나 운송 중 발생한 기계적 손상과 및 병해 증상과를 제외하고 건전 과실만을 선별하여 실험에 사용하였다.

### 2. 열처리, 포장 및 저장

구체적인 열처리 조건을 설정하기 위하여 온주감귤을 대상으로 열풍, 열수의 가열방법, 온도, 시간을 달리하여 열처리를 실시하였다. 열풍처리의 경우 선별을 거친 감귤을 통기성 천공(Φ 5 mm) LDPE(저밀도 폴리에틸렌) 필름봉투(30 × 50 cm)에 25과(부지화와 청견은 10과)씩 담아 포장한 후 초기중량을 기록하였다. 개별 포장구를 격자형 플라스틱 바구니에 과실이 겹치지 않게 펼쳐 담은 다음, 열풍이 고르게 통과되도록 일정한 간격을 두고 쌓은 후 공기 순환장치가 장착된 가온실에 넣어 45°C(약 28% RH)에서 2, 4, 6시간 또는 40, 45, 50°C에서 4시간 동안 열처리하였다. 처리 도중 30분마다 플라스틱 바구니의 위치를 바꿔 주어 과실 전체에 균일하게 열풍이 가해지도록 하였고, 열처리가 완료된 감귤은 5°C 저온실에서 3-5시간 충분히 냉각시킨 후 다시 중량을 측정하였다.

열수처리의 경우 감귤을 스테인리스강 그물형 바구니에 넣고 일정하게 온도가 유지되는 수조에서 완전히 열수에 침지시켜 52°C에서 2분, 55°C에서 1분, 60°C에서 20초 또는 52°C에서 0.5, 1, 2분간 열처리하였다. 처리 완료된 감귤은 5°C 저온실에서 3시간 정도 충분히 냉각하여 품온을 떨어뜨린 다음 면포로 표면물기를 제거하였다. 처리구별로 감귤시료를 통기성 천공(Φ 5 mm) LDPE 필름봉투(30 × 50 cm)에 25과(부지화와 청견은 10과)씩 담아 포장한 후



초기중량을 기록하고, 플라스틱 바구니에 과실이 겹치지 않게 담은 다음 저장하였다. 열처리 과정 중 무처리 대조구는 실온(20℃)에 보관하였다. 본 연구에서 설정한 열처리조건은 관련 선행연구 및 자체 예비실험 결과를 토대로 하여 열처리에 대한 온주감귤의 저항성(생리적 이상증세 및 외관품질)을 종합적으로 검토한 후 결정하였다.

열수와 약제 병용처리의 경우 52℃로 유지되는 열수에 sodium carbonate, calcium chloride, potassium sorbate, ammonium molybdate, sodium benzoate, sodium acetate(SA), sodium citrate(SC), EDTA, hydrogen peroxide 등의 화학약제(Sigma Chem. Co.)를 일정 농도(0.1% SA, 0.05% SC, 0.1% EDTA, 0.05% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)로 각각 용해시킨 후 해당 용액에 2분간 감귤을 침지하여 열처리를 실시하였다. 처리 완료된 감귤은 5℃ 저온실에서 3시간 정도 충분히 냉각하여 품온을 떨어뜨린 다음 면포로 표면물기를 제거하였다. 처리구별로 감귤시료를 통기성 천공(Φ 5 mm) LDPE 필름봉투(30 × 50 cm)에 25과(부지화는 10과)씩 담아 포장한 후 초기중량을 기록하고, 플라스틱 바구니에 과실이 겹치지 않게 담은 다음 저장실로 운반하였다.

포장재 및 포장방법에 따른 감귤 처리의 경우 52℃로 유지되는 열수에 2분간 감귤을 침지하여 열처리를 실시한 후, 5℃ 저온실에서 3시간 정도 충분히 냉각하여 품온을 떨어뜨리고 면포로 표면물기를 제거한 다음, 적용하고자 하는 포장재와 포장방법을 달리하여 처리구를 구분하였다. 플라스틱 필름 포장재로는 통기성 천공(Φ 5 mm, T 50 μm) LDPE, 미세 천공(Φ < 0.1 mm, T 50 μm) LDPE, 일반 LDPE(T 50, 100 μm) 필름을 사용하였고, 포장방법별로는 감귤을 일반 LDPE(T 50 μm) 필름봉투(30 × 50 cm)에 단순히 밀봉 포장하거나 에틸렌 흡수제, CO<sub>2</sub> 흡수제, 에탄올 발산제 sachet를 각각 첨가하여 밀봉 포장하였다. 포장처리구별로 감귤시료를 개별 필름봉투(30 × 50 cm)에 25과씩 담아 포장한 후 초기중량을 기록하고, 플라스틱 바구니에 과실이 겹치지 않게 담은 다음 저장실로 운반하였다.

모든 시험구는 5℃(약 87% RH)에서 3주간, 이후 18℃(약 58% RH)에서 1주간 저장하면서 주기적으로 생리특성 및 품질특성 변화를 측정하였다. 분석용 시료로는 저장 중 각 시험구별로 2개의 포장구를 임의로 선정하여 총 50과(부지화와 청견은 20과)의 감귤을 사용하였다.

### 3. 생리특성 및 품질특성 분석

#### 가. 호흡률과 과실내부 기체조성

감귤의 호흡률은 밀폐 시스템 방법(Hong and Kim, 2001)에 의거하여 측정하였다. 즉, 실리

콘 격막이 장착된 유리 용기(1.9 L)내에 전체 체적의 1/2 정도 분량인 시료(온주감귤: 5과, 교잡감귤: 2과, 약 500 g)를 넣고 밀봉한 후 각 저장온도에 보관하면서 경시적으로 용기내의 기체조성을 GC(Shimadzu, GC-14A, Japan)로 분석하여 O<sub>2</sub> 감소 및 CO<sub>2</sub> 발생의 호흡속도를 계산하였다. 이때 GC의 분석조건은 detector: TCD, column: Alltech CTR I, column temp.: 35°C, injection temp.: 60°C, detector temp.: 60°C, carrier gas: 50 mL He/min이었다. 과실 내부의 기체 조성은 gas-tight syringe(Hamilton, #1001, USA)를 이용하여 과정부 표피를 통해 내부기체를 천천히 200 µL씩 채취한 후 GC에 주입하고, 이로부터 얻은 크로마토그램으로 기체조성을 분석하였다.

#### 나. pH, 산도, 가용성 고형분

시험구당 2개의 포장구에서 각각 5과씩 감귤을 무작위로 선택하여 과육부만을 균질기(Braun, MR-430, Spain)에 넣고 완전히 마쇄하여 착즙한 후 pH meter( Mettler-Toledo, model 420, UK)를 이용하여 과즙의 pH를 측정하였다. 산도는 착즙액 20 mL를 0.1N NaOH용액으로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 용액 양을 citric acid %로 환산하여 표시하였다. 가용성 고형분 함량(SSC)은 시험구당 무작위로 감귤 5과씩을 선택하여 과육부를 가압 착즙한 후 refractometer(Atago, N-1E, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다(AOAC, 2000).

#### 다. 생체 중량감소를

필름 포장을 제거한 후 시료의 중량만을 측정하여 그 감소량을 열처리 이전 초기 중량 값에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

#### 라. 경도

직사각형의 flat probe가 장착된 rheometer(Sun Co., CR-200D, Japan)를 이용하여 감귤의 꼭지 부위가 정면으로 향하도록 이동선반위에 놓은 다음 1.0 mm/s의 속도로 1 kg의 힘이 걸릴 때까지 선반이 이동한 거리(mm)로 표시하였다(Zhou *et al.*, 2002).

#### 마. 표피 색

과피 표면색은 감귤의 꼭지와 과정부 사이 가운데 부위를 색차계(Minolta, CR-200, Japan)의 광 조사 부분에 밀착시켜 측정한 후 L\*, a\*, b\* 값으로 표시하였다. 백색 표준판(L\*=

97.75,  $a^* = -0.49$ ,  $b^* = 1.96$ )을 사용하여 색차계를 보정한 후 색 측정에 이용하였다. 모든 생리적, 이화학적 품질 분석은 시험구별로 최소 3회 이상(기체조성, pH, 산도, 생체 중량감소: 3회, 가용성 고형분: 5회, 경도, 표피 색: 10회) 반복 측정하였으며, 실험 결과는 평균값과 표준오차로 나타내었다.

#### 바. 부패과 발생률

시험구별로 임의 선정된 2개의 포장구에 대해 꼭지 썩음(stem-end rot), 곰팡이 썩음, 표피 흑변(black rot) 발생 등으로 부패 과실(난지농업연구소, 2004)을 구분하여 전체 감귤 시료 수에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

#### 사. 관능검사

훈련된 관능검사 요원 10명을 대상으로 감귤의 변색, 시늬, 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 9점 척도의 차이식별 검사를 실시하고(Kader *et al.*, 1973), 그 결과를 ANOVA(Duncan's test)로 통계 처리하여 유의차( $p < 0.05$ )를 검증하였다.

### 4. 미생물 분석

#### 가. 감귤 표면 미생물의 분리

감귤 표면의 세균 DNA를 추출하기 위하여 무균 조건하에서 0.8% NaCl 용액 225 mL와 벗겨낸 감귤 껍질 25 g을 함께 멸균 팩에 넣고 2분간 stomacher로 마쇄하였다. 분쇄된 혼합액으로부터 고형분을 제거하기 위해 5,000× g에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 다시 15,000× g에서 15분간 원심분리하고, 침전물을 DNA 추출원으로 사용하였다. 세균 세포 일부와 10% chelex solution(Takara co.) 100 μL를 1.5 mL micro-tube에서 넣고 혼합한 후, 99°C에서 5분간 가열한 다음 1분간 급랭하였다. 이를 80,000-90,000× g에서 1분간 원심분리하고 상등액을 DNA로 사용하였다(Niannian *et al.*, 2004). 감귤 표면 세균과 비교하기 위하여 실험에 사용된 균주는 M1(*E.coli* 0157-H7, *Listeria monocytogenes* KCTC 3710, *Staphylococcus aureus* ATCC 65389, *Bacillus subtilis* ATCC 51189, *Salmonella typhimurium* KCTC 2878), M2(*E.coli* ATCC 8739, *Shigella sonnei* ATCC 29930, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas aureuginosa* ATCC 9027)로 구분되었다.

감귤 표면의 곰팡이 DNA를 추출하고자 표면에 생긴 부패 병반 부위를 멸균 pasteur pipette를 사용하여 원반형으로 도려내어 malt extract(Difco Lab.) 한천배지 위에 올려놓고 28℃에서 2-3일간 배양하였다. 균주를 순수 분리하기 위해 위와 같이 배양된 균체를 0.02% Tween 20을 함유한 0.05 M 구연산 완충액(pH 4.8)에 현탁시키고, 평판도말 배양하여 독립균락을 취하였으며 순수 분리 여부를 계대배양으로 확인하였다. 배양된 곰팡이 일부를 potato dextrose broth(Difco Lab.) 배지에 넣고 25℃에서 4-5일간 배양한 다음, 1.5 mL micro-tube에 배양액 1 mL을 넣어 DNA 추출원으로 사용하였다. 시료 채취과정에서 얻은 곰팡이 DNA 추출원에 50 mM EDTA 293  $\mu$ L을 넣고 현탁시켰으며, 세포벽을 녹여내기 위해 37℃에서 30-60분간 배양한 후 80,000-90,000 $\times$  g에서 2분 동안 원심분리하고 상등액을 버린다. 이에 Nuclei Lysis Solution(Nucleogen, No 1521) 300  $\mu$ L을 넣고 cell pellet과 함께 피펫으로 천천히 혼합한 다음, Protein Precipitation Solution(Nucleogen, No 1521) 100  $\mu$ L을 넣고 20초간 격렬하게 교반한 후 80,000-90,000 $\times$  g에서 3분 동안 원심 분리하였다. DNA가 포함된 상등액을 실온의 isopropanol 300  $\mu$ L가 들어있는 1.5 mL micro-tube에 옮겨 넣고, 실 모양의 DNA 가닥들이 보일 때까지 상하로 천천히 뒤집어주면서 혼합한 후 다시 80,000-90,000 $\times$  g에서 2분 동안 원심 분리하였다. 주의를 기울여 상등액을 버리고 흡습지에 micro-tube를 얹어놓아 나머지 액을 제거한 다음, 실온에서 70% 에탄올 300  $\mu$ L을 넣고 천천히 여러 번에 걸쳐 tube를 상하로 뒤집어주면서 혼합하여 DNA pellet으로부터 이물질을 제거할 수 있도록 세척하고, 다시 80,000-90,000 $\times$  g에서 2분 동안 원심 분리하여 조심스럽게 모든 에탄올을 공기 중에서 제거하였다. Rehydration Solution(Nucleogen, No 1521) 50  $\mu$ L과 RNase 1.5  $\mu$ L를 분리된 DNA에 넣고 1초간 교반한 후 DNA는 2-8℃에서 저장하면서 사용하였다. 감귤 표면 곰팡이와 비교하기 위해 곰팡이 균주로서 *Glomerlla cingulata*(KACC 40573), *Penicillium italicum*(KACC 40826), *Penicillium digitatum*(KACC 40824), *Botrytis cinerea*(KACC 40573)를 실험에 사용하였다.

#### 나. 추출 DNA 순도 측정

위와 같은 과정을 거쳐 추출한 DNA의 순도를 알아보기 위해 각각의 DNA 시료를 500배 정도 희석하여 UV-spectrophotometer를 이용하여 260 nm와 280 nm에서 흡광도를 측정하고 그 흡광도 비를 구하였다.

다. 추출 DNA의 PCR 증폭

세균의 16S rRNA를 coding하는 DNA만을 선택적으로 증폭하기 위해 본 연구에서는 universal primer로서 341fGC/534r을 사용하였다(Kazuya *et al.*, 2001). 이 primer set(forward primer, 341fGC: GC clamp-CGC CCG CCG CGC GCG GCG GGC GGG GCG GGG GCA CGG GGG GCC TAC GGG AGG CAG CAG - Backward primer, 534r: ATT ACC GCG GCT GCT GG)는 상기의 세균 10종(M1, M2)에 대해서 240 bp의 DNA 조각을 생성한다. 이때 primer의 PCR 수행조건은 Table 1에 상세하게 명시하였다.

Table 1. PCR condition of the primers to identify bacteria and fungi from citrus fruits

Classification	Primer (amp. base pair)	PCR condition(°C/min)					Time required
		Preheating	Denaturing	Annealing	Polymerization	Stabilization	
Citrus bacteria (16s rRNA)	341fGC/534r (240 bp)	94/2	94/0.5	56/0.5	72/1	72/10	2 h 10 m
			30 cycles				
Citrus fungi (18S rRNA)	EF4f/F5r (530 bp)	94/3	94/1	48/1	72/2	72/10	4 h 10 m
			40 cycles				

한편 곰팡이의 18S rRNA를 coding하는 DNA만을 선택적으로 증폭하기 위해서는 4가지 primer sets [set A: EF4f-EF3r (1,540 bp), set B: EF4f-F5r (530 bp), set C: EF4f-NS2r (340 bp), set D: NS2f-F5r (230 bp)]를 사용하였다. 이들 primer set은 Smith *et al.*(1999)에 의해 수행된 Ribosomal Database Project(RDP)의 database에 있는 곰팡이 DNA와의 결합 simulation을 통해 선발된 대표적인 곰팡이 primer들로, 예비실험 결과 감귤 표면 곰팡이 검출용으로는 primer set B(EF4f: GGA AGG GAT GTA TTT ATT AG - F5r: GTA AAA GTC CTG GTT CCC)가 적합한 것으로 선발되었다. 이 primer set을 이용하여 PCR을 수행하면 530 bp의 특이적 DNA 조각이 생성되며 primer에 따른 PCR 수행조건은 Table 1에 상세하게 명시하였다.

라. PCR 산물의 검출 확인

특정 primer sets를 가지고 PCR을 실행한 후 목적인 크기의 DNA 조각이 생성되었는지를 알아보기 위해 1.5% agarose gel에서 전기영동을 수행하였다. 1번 lane에는 100 bp 크기의 marker를 loading하였고 2번 lane부터는 1× loading dye 1 µL과 PCR 산물 1µL를 섞어 loading

하여 100 V 전압에서 15-20분 정도 전기영동을 수행하였다. 전기영동 후 50 µg/µL EtBr로 3분간 염색한 다음 TAE 완충액으로 20분간 탈색하여 UV trans-illuminator로 확인하였다.

#### 마. PCR 산물의 DGGE 분석

Acrylamide gel의 변성 시약농도를 15-80%로 바꾸면서 예비실험을 수행하여 세균의 경우 40-60%, 곰팡이의 경우 40-50%로 변성시약의 최적 농도를 결정하였다. Acrylamide gel 자체의 농도는 분리하고자 하는 base pair 크기에 따라 달라지므로 예비 실험을 통해 세균과 곰팡이 모두 8%로 결정하였다. DGGE를 수행하기 위해 PCR 산물 20 µL을 gel에 loading하였으며 구체적인 실험조건으로 세균 PCR 산물의 DGGE에서는 60°C, 200 V에서 15분, 이후 70 V에서 8시간 20분간 가동하였으며, 곰팡이 PCR 산물의 DGGE에서는 200 V에서 15분, 이후 70 V에서 14시간 동안 전기영동을 수행하였다. 전기영동 후 50 µg/µL EtBr로 3분간 염색한 다음 TAE 완충액으로 20분간 탈색하여 UV trans-illuminator로 확인하였다.

#### 바. RDP(Ribosomal Database Project) 분석

DGGE gel에서 분리된 각 lane의 서로 다른 위치에 있는 bands를 멸균 상태의 면도칼로 최대한 잘게 잘라낸 후, micro-tube에 넣고 잘게 분쇄하였다. 각각의 tube에 살균 증류수 20 µL 씩을 넣고 동결과 해동을 수회 반복한 다음 80,000× g로 원심분리하여 상등액을 얻고, 이를 염기서열 분석 의뢰하였다. 분석된 각 시료의 염기서열 정보와 원 균주의 염기서열간의 유사성을 확인하기 위하여 결합 simulation(NCBI Blast site)을 이용하였다. 분석된 염기서열을 입력하고 제출과정을 거쳐 곰팡이를 동정하도록 하였다.

### 제 3 절 연구 내용 및 결과

#### 1. 감귤의 열처리 시스템 구성

감귤의 열처리 시스템을 구성하기 위해 실험실 수준의 열풍(가온 저장실, 내부용적: 2평×2.5m, 온도 조절범위: 20-55℃) 및 열수(스테인레스강 수조, 내부용량: 40×30×30 cm<sup>3</sup>, 온도 조절범위: 20-90℃) 처리장치를 제작하여 본 연구에 활용하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Appearance of heat treating systems used for citrus fruits in this study. (A): hot air treatment in a heating room, (B): hot water treatment in a water bath.

#### 2. 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 생리특성 변화조사

감귤의 수확후 저장, 유통과정에서 부패 억제 및 약제 후숙처리 대체 효과를 얻기 위하여 환경친화적인 방법으로서 제한적 열처리 기술의 적용 가능성을 확인하고자, 제주 서귀포 지역에서 재배한 조생종 온주감귤에 대해 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 호흡률, 내부 기체조성 등의 생리특성 변화를 조사하였다. 열풍처리는 45℃에서 2, 4, 6시간 동안 고르게 열풍을 가한 다음 5℃에서 3-5시간 냉각하였고, 열수처리는 52℃에서 2분(52-2m), 55℃에서 1분(55-1m), 60℃에서 20초(60-20s) 동안 각각 열수에 침지한 후 표면물기를 제거하고 상온에서 냉각하였다. 열풍 및 열수 처리 직후 5℃에서 비교한 감귤의 초기 호흡률은 처리구 모두 무처리구와 비교하여 높았으나 처리시간과는 유의적 상관성이 없었고, 저온저장 중 처리구 감귤의 호흡률은 감소하여 무처리구와 유사한 수준을 나타내었다. 구체적으로 무처리

대조구가 3.58 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.76 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 열풍처리구는 각각 3.88-4.19 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 4.35-4.65 mL CO<sub>2</sub>/kg·h을 나타내어 열처리 시간에 따라 호흡률이 전반적으로 증가하였다(Fig. 2). 그러나 이후 21일간 5°C에 저장한 후 다시 측정한 열처리 감귤의 호흡률은 무처리 대조구의 3.55 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.35 mL CO<sub>2</sub>/kg·h와 유사한 수준인 3.52-3.85 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.18-3.57 mL CO<sub>2</sub>/kg·h을 나타내어 저온저장 중 열처리구의 호흡률이 대조구와 동일한 수준으로 감소하였다. 한편 열수처리의 경우에도 감귤의 호흡률은 열처리 직후 무처리 대조구가 3.57 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.46 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 열수처리구는 각각 4.13-4.54 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 4.05-4.76 mL CO<sub>2</sub>/kg·h 수준으로 처리온도보다는 처리시간에 따라 호흡률이 증가하였다(Fig. 3). 그러나 이후 21일간 5°C에서 저장한 후 측정한 감귤의 호흡률은 모든 시험구의 호흡률이 비슷한 수준으로 감소하였다. 식물체의 충분한 열처리 직후 호흡률 증가는 표면 또는 내부의 손상부위를 회복시키기 위한 대사작용에 기인하거나 혹은 유기산 대사가 증진되기 때문으로 알려져 있다(Lurie and Klein, 1990). 즉, 온도상승에 따라 투과성이 커진 tonoplast 막을 통해 말산(malic acid)이 유입되면 malate decarboxylase 활성이 증대되어 CO<sub>2</sub> 생성량이 증가하고 말산 기질이 다 소비되면 CO<sub>2</sub> 생성량이 감소하게 된다. 실제로 열풍처리 직후 감귤의 호흡계수(RQ)는 1.1 이상을 나타내었으나 3주간의 저온저장 후에는 0.88-0.94 수준으로 감소하였다(Fig. 2).

감귤의 또 다른 생리특성 인자로서 과실내부 기체조성을 측정한 결과, 열풍 및 열수 처리 방법에 관계없이 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 모두 시험구간의 유의적인 차이를 구분할 수 없었으나 열풍처리 직후 과실내부 CO<sub>2</sub> 농도가 0.72%에서 0.91-1.19%로 다소 증가하였다(Fig. 4 & 5). 그러나 5°C와 18°C의 전체 저장기간 중에는 시험구간의 차이 없이 거의 동일한 수준의 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 나타내었다. 저장 21일 이후 저장온도의 전환(5°C→18°C)과 일부 부패과 발생에 따라 전체적으로 과실내부의 O<sub>2</sub>는 감소하고 CO<sub>2</sub>가 축적되었다. 당초 열처리에 따른 호흡률 증가로 인해 과실내부의 O<sub>2</sub> 감소 및 CO<sub>2</sub> 증가를 기대하였으나 유의적인 차이를 구분할 수 없었는데, 이는 본 연구에 사용된 조생 온주감귤의 경우 평균적인 과피 두께가 2.1±0.3 mm로 다른 감귤류에 비해 매우 얇은 편이어서 외부 공기의 유출입이 비교적 쉬운 것에 기인한 결과로 이해된다.



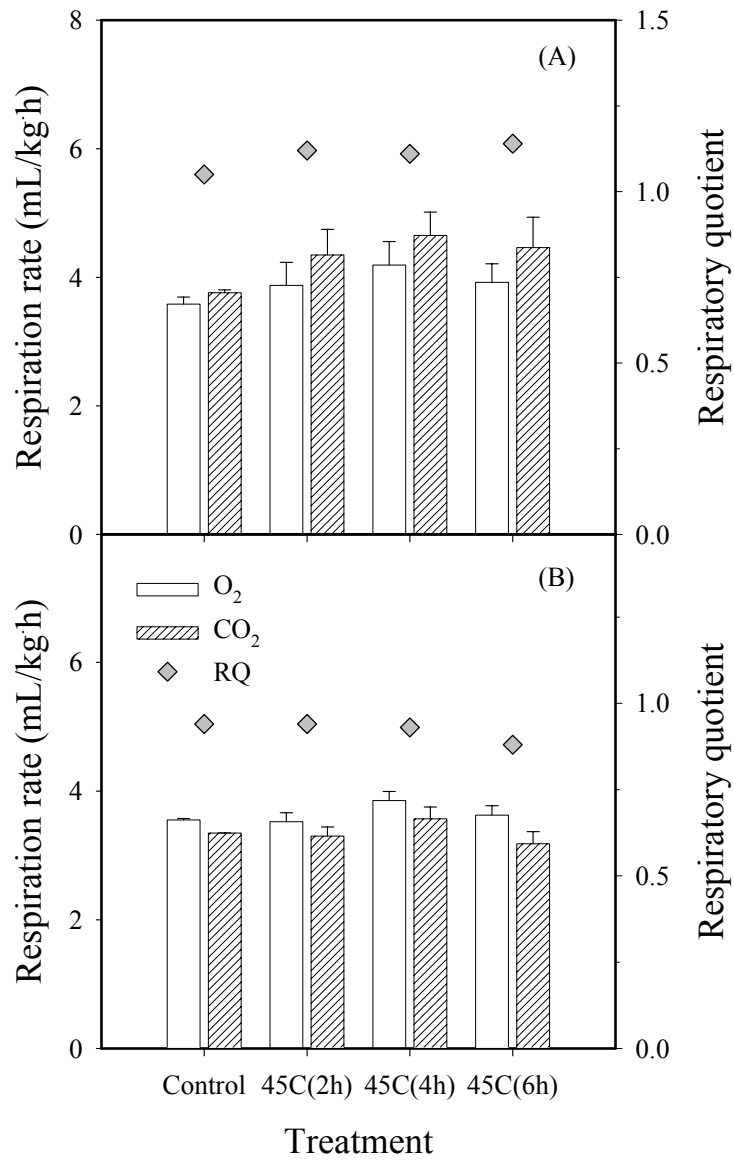


Fig. 2. Changes in respiration rate of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days.

(A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

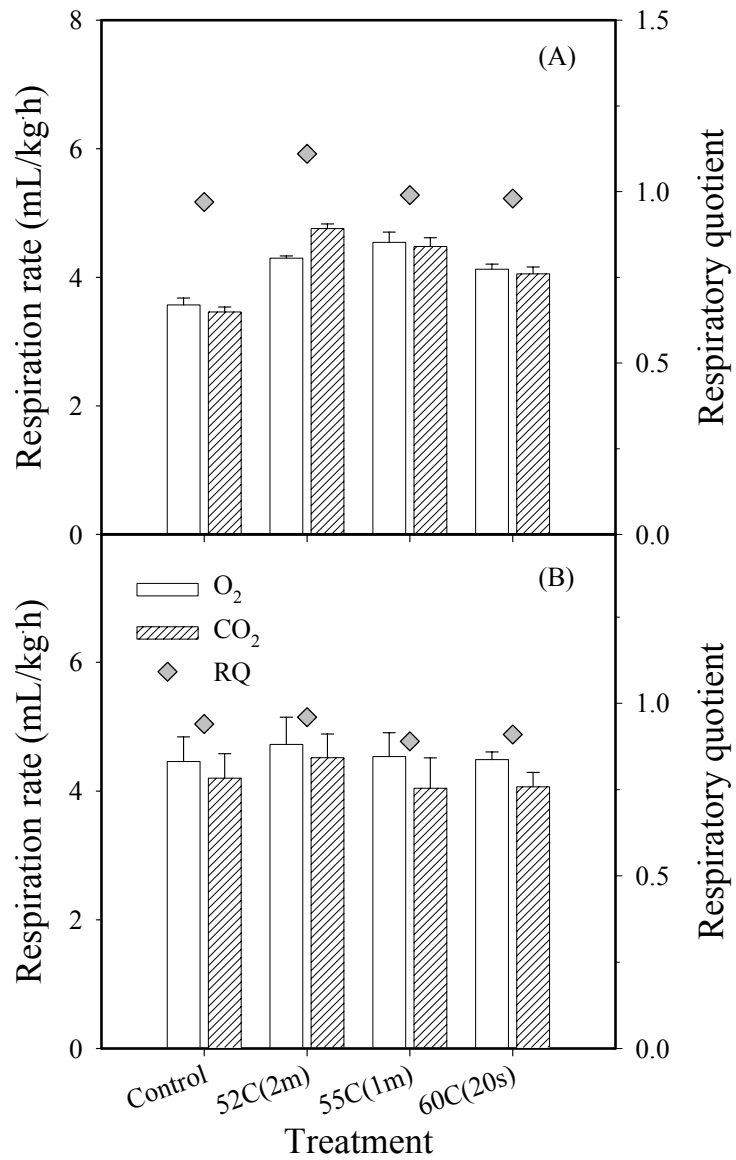


Fig. 3. Changes in respiration rate of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days. (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

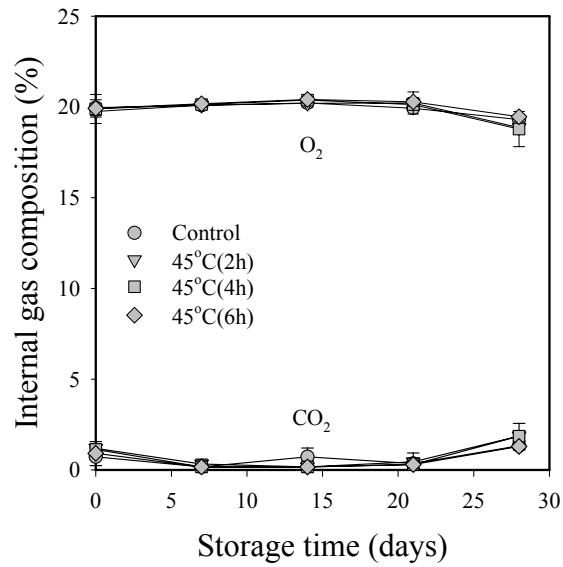


Fig. 4. Changes in internal gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

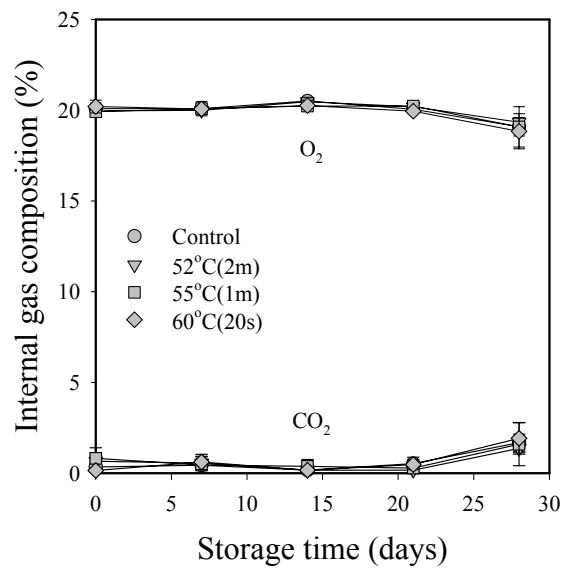


Fig. 5. Changes in internal gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

### 3. 열처리 방법 및 조건에 따른 감귤의 품질특성 변화조사

조생종 온주 감귤의 열처리 방법 및 조건에 따른 저장 중 pH, 산도, 가용성 고형분 함량, 중량 손실, 과실 경도, 표피 색 등의 이화학적 특성과 부과패 발생률, 관능검사 등의 관능적 특성에 대해 품질특성 변화를 조사하였다. 열풍 및 열수 처리조건은 상기의 생리특성 변화를 살펴본 실험과 동일하였다.

열풍처리 감귤의 이화학적 품질특성 인자로서 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정 한 결과, 전반적으로 저장기간 중 pH는 증가하고 적정 산도는 감소하였으나 가용성 고형분 함량은 저장 27일을 제외하고는 거의 변화가 없었다(Fig. 6). 또한 열풍처리 직후 처리시간에 따라 감귤의 pH는 다소 증가하고 적정 산도는 다소 감소하는 경향을 나타내었는데, 처리구간의 통계적 유의차를 인정할 수 없으나 이러한 변화 경향은 저장기간 동안 대체로 유지되었다. 열처리에 따른 과실의 pH 증가와 산도 감소는 앞서 언급하였듯이 식물체가 고온에 노출되었을 때 유기산 대사가 촉진되는 것과 밀접한 관계가 있다고 판단된다. 한편 과즙의 당도를 간접적으로 나타내는 가용성 고형분 함량은 열풍처리 여부에 관계없이 저장 21일까지 약 11.0-11.5 °Brix로 일정한 수준을 유지하다가 저장 말기에 다소 저하되었는데, 이는 저장온도 전환(5°C→18°C)에 따른 호흡대사 증대로 당 소모가 촉진되었기 때문으로 이해된다. 신선 과일류의 숙성 및 품질지표로 흔히 사용되는 SSC/acidity 또는 당/산 비율은 저장기간 중 계속 증가하였고, 대체로 열풍 처리시간이 길수록 당/산 비율이 더 높게 유지되는 경향을 나타내었다(Fig. 7). 이와 같이 열처리 감귤의 당/산 비율이 상대적으로 높게 유지된 것은 저장기간 동안 전반적으로 가용성 고형분 함량이 일정한 수준을 나타낸 반면, 적정 산도는 열풍처리구에서 다소 더 낮게 유지되었기 때문에 가능한 결과이다.

저습도 중-고온의 조건(45°C, 28% RH)에서 열풍 처리한 감귤의 경우 처리시간에 따라 수분증발에 의한 생체중량 감소 및 그로 인한 경도 변화가 예상되어 저장 중 이들을 주기적으로 측정한 결과, 45°C에서 2, 4, 6시간의 열풍처리 직후 감귤은 각각 0.53%, 0.77%, 1.16%의 생체중량 감소를 나타내었고 처리시간이 길어질수록 당연히 중량 감소도 증가하였다(Fig. 7). 그러나 3주간의 저온저장 이후에는 생체중량 감소정도가 처리구별로 구분되지 않고 약 5.0% 내외를 나타내었는데, 이는 비교적 습도가 높게 유지되는 5°C 저온실(약 87% RH)에서 시료를 보관하였기 때문으로 비록 초기에 열처리구의 중량감소가 더 크더라도 동일 온습도 조건에서 장기간 저장하는 동안 수분평형이 이루어졌을 것으로 생각된다. 한편 전체 저장기간을 두고 볼 때 저온에서 3주간 발생한 생체중량 감소와 버금가는 수준의 중량 감소정도

가 18°C(약 58% RH)에서는 1주 만에 일어났음을 알 수 있다. 이에 반해 감귤의 경도는 예상과 달리 저장기간 중 거의 변화 없이 일정하게 유지되었으며, 열풍처리에 따른 처리구간의 유의적인 차이도 구분되지 않았다. 이는 생체중량 감소의 경우 감귤의 표피에서 주로 수분 증발에 의해 유발되었을 것으로 이해되지만, 경도 변화의 경우 단순히 표피의 수분함량보다는 표피와 과육 조직의 복합적인 인자(수분, 칼슘, 펙틴 함량 등)에 의해 좌우되기 때문에 일정한 감소 또는 증가의 경향을 나타내지 않은 것으로 생각된다.

전반적으로 저장 중 감귤 과피의 표면색은 초기에 비해 약간 붉은 색으로 변하여 저장 7일 이후  $a^*$  값이 다소 증가하였으나, 처리구별로 색 차이를 구분하기는 어려웠다(Fig. 8 & 9). 일반적으로 적절치 않은 조건에서 열처리한 과일은 표면색이 악영향을 받아 흔히 명도( $L^*$ ) 값의 저하를 유발할 수 있다. 또한 저장 중에 발생하는 수분손실과 표피 수축현상도 색깔에 영향을 미칠 수 있다(Lydakis and Aked, 2003). 조생 온주감귤의 경우 열풍처리 여부에 관계 없이 전체 저장기간 동안  $L^*$  값은 67.3-68.9,  $b^*$  값은 63.1-65.9 범위에서 서서히 감소하였는데, 이는 매우 제한적인 수치상의 감소로 실제 시료 개체간의 오차범위를 넘지 못하는 수준이지만 장기저장으로 인한 생체중량 감소와 표피 수축현상 때문에 표면색이 다소 어두워지고 짙어짐을 의미한다고 볼 수 있다.

감귤의 저장유통 중 품질 열화 및 상품성 저하를 유발하는 주요 품질인자로는 수분증발에 따른 중량 감소, 변색, 시듦, 조직감 손실, 당도 저하 등 여러 가지를 들 수 있겠으나 실제 유통현장에서는 무엇보다도 미생물이나 병충해로 인한 부패과 발생이 가장 직접적인 영향을 미치는 대표 인자로 인정되고 있다. 조생 온주감귤의 경우 5°C에서 저장 14일째부터 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등 다양한 형태의 부패 과실이 나타나기 시작하였다(Fig. 10). 본 연구에 사용된 감귤시료는 수확 후 약제처리나 예조처리를 하지 않은 상태이므로, 무처리 대조구의 경우 저장 21일째에 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변의 평균 발생률이 각각 24%, 8%, 14%였으며, 저장 28일째에는 60%, 32%, 24%로 급격히 증가하였다. 그러나 이러한 부패 과실의 발생빈도는 적정 열풍처리에 의해 현저하게 감소되어 45°C에서 4시간 이상 열처리한 감귤의 경우 저장 28일째에도 꼭지 썩음 14-18%, 곰팡이 썩음 10-12%, 표피 흑변 6-8%의 평균 발생률을 나타내었다. 감귤의 저장유통 과정에서 흔히 발견되는 부패 과실의 전형적 양상인 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 발생은 주로 미생물 감염에 기인하는 현상으로 꼭지 썩음 증세의 경우 *Diaporthe citri*, *Alternaria citri*, *Diplodia natalensis*에 의한 것이며, 곰팡이 썩음 증세는 주로 녹색 곰팡이인 *Penicillium digitatum*, 청색 곰팡이인 *P.*

*italicum*, 잿빛 곰팡이인 *Botrytis cinerea*에 의해 유발되고, 표피 흑변의 경우 *Alternaria* 속 곰팡이에 의해 유발되는 검은 썩음병이 주류를 이룬다(난지농업연구소, 2004). 저장 중 이들 부패과의 발생은 주로 감귤시료가 서로 포개져 있는 부위에서 발견되었으며, 이는 약 87%의 상대습도를 유지하고 있는 5°C 저장실에서 통기성 포장필름 내부에 밀집해 있는 감귤의 증산작용에 의해 국지적으로 과습 조건이 형성되었기 때문인 것으로 생각된다. 열풍처리하는 건조한 공기를 강제 순환시켜 과일의 품온을 고르게 상승시키는 방식으로 이루어지므로 과일 표면 수분이 건조되어 잠재적 부패 오염균의 증식이 원활치 못한 조건을 형성하는 것으로 이해된다.

열풍처리에 따른 조생 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 평가하고자, 변색, 시늬, 표면광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 2). 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 시늬에서는 열처리 직후 처리시간이 길어질수록 높은 점수를 나타내었는데, 이는 생체중량 감소 결과(Fig. 7)와도 일치하는 것으로 상대적으로 건조한 중-고온의 열처리 조건에서 노출된 시간에 따라 표피조직에서의 수분증발이 많았기 때문이다. 그러나 저장 중 시늬 항목의 평가점수는 처리구별로 유의차 없이 동일한 수준이었으며, 아울러 변색, 표면광택, 전체적인 외관품질의 평가에 있어서도 무처리 대조구와 열처리구간의 통계적인 유의적 차이를 구분할 수 없었다. 한편 감귤의 체감품질 항목 가운데 박피성 또는 부피(浮被) 정도에서는 비록 유의적인 차이는 아니지만 저장 중 열처리구가 상대적으로 높은 점수를 나타내어 열풍 처리한 감귤의 과피가 과육에서 다소나마 분리되어(부피현상 발생) 더 잘 벗겨지는 것으로 평가되었는데, 이는 열처리로 인하여 과실 내부 압력이 증가되었다가 냉각에 의해 다시 감소한데서 그 원인을 찾을 수 있을 것이다. 신맛 항목에서는 전반적으로 열처리구에서 더 낮은 점수를 나타내어 열풍 처리한 감귤 시료의 신맛이 어느 정도 감소한 것으로 판단되었고, 이는 pH 및 적정 산도 결과(Fig. 6)와도 일치하였다. 또한 과육의 즙액 정도 또는 다즙성에 있어서는 열처리구가 무처리 대조구에 비해 더 높은 평가점수를 얻었는데, 이는 열풍 처리한 감귤의 경우 표피조직에서의 *case hardening* 효과와 부피현상으로 인해 과육에서 표피로의 수분 이동전달이 다소나마 억제되었기 때문으로 추정된다. 그러나 기타 항목 및 전체적인 체감품질의 평가에서는 저장 중 처리구별로 눈에 띄는 차이를 구분할 수 없었으며, 결과적으로 본 연구에서 적용한 처리조건에서는 열풍처리에 의해 감귤의 외관 및 체감 품질이 적어도 악영향을 받지 않는 것으로 판단되었다.

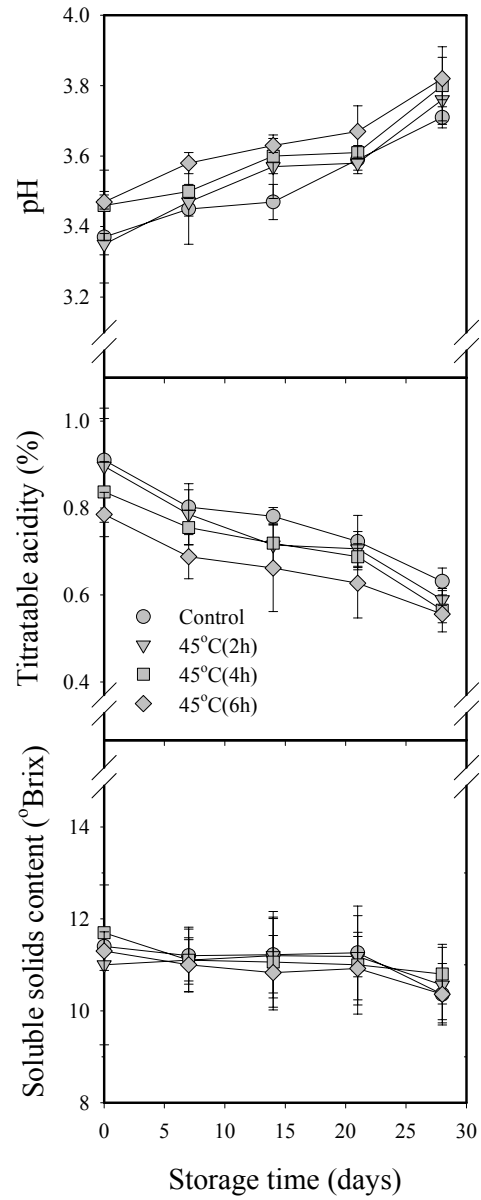


Fig. 6. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

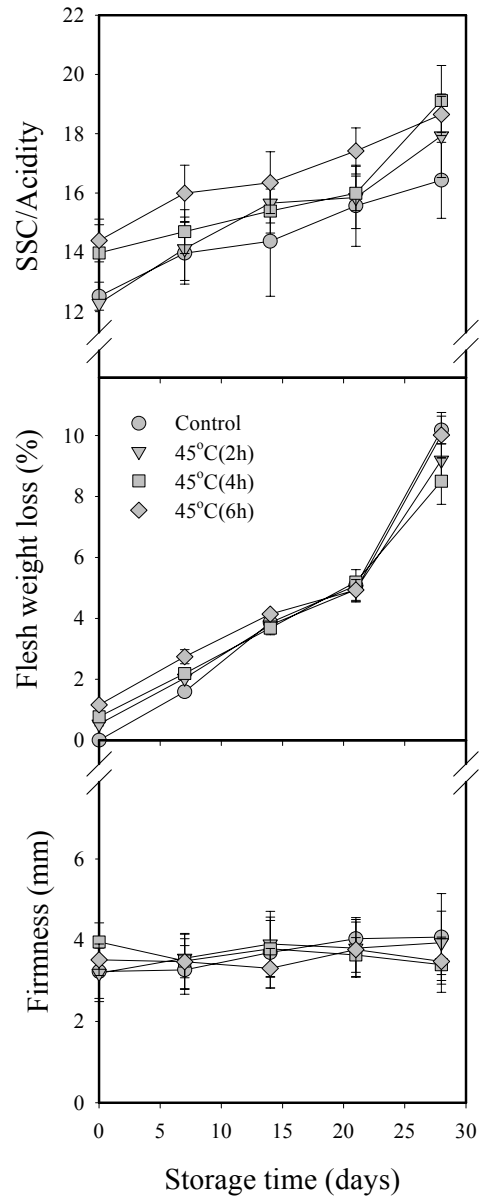


Fig. 7. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



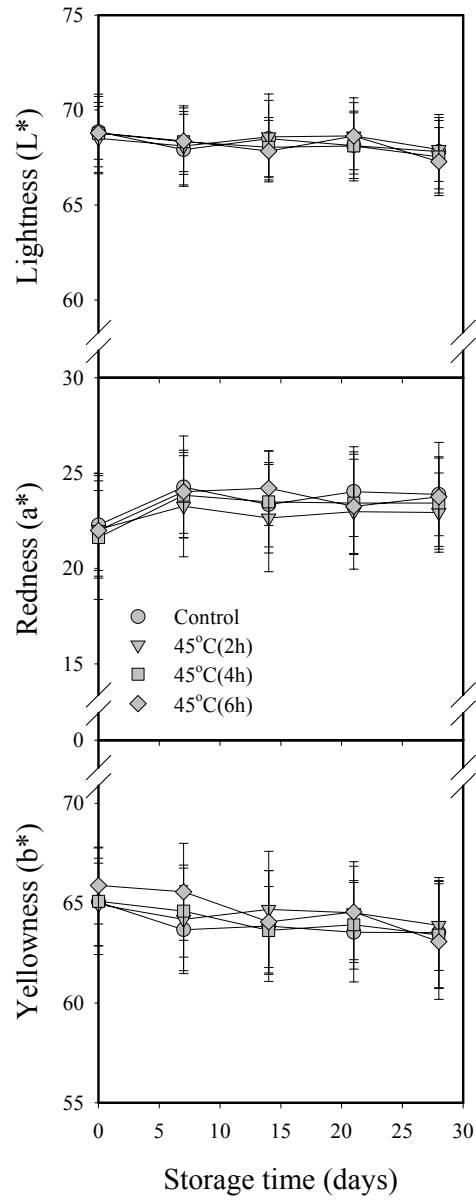


Fig. 8. Changes in peel color of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

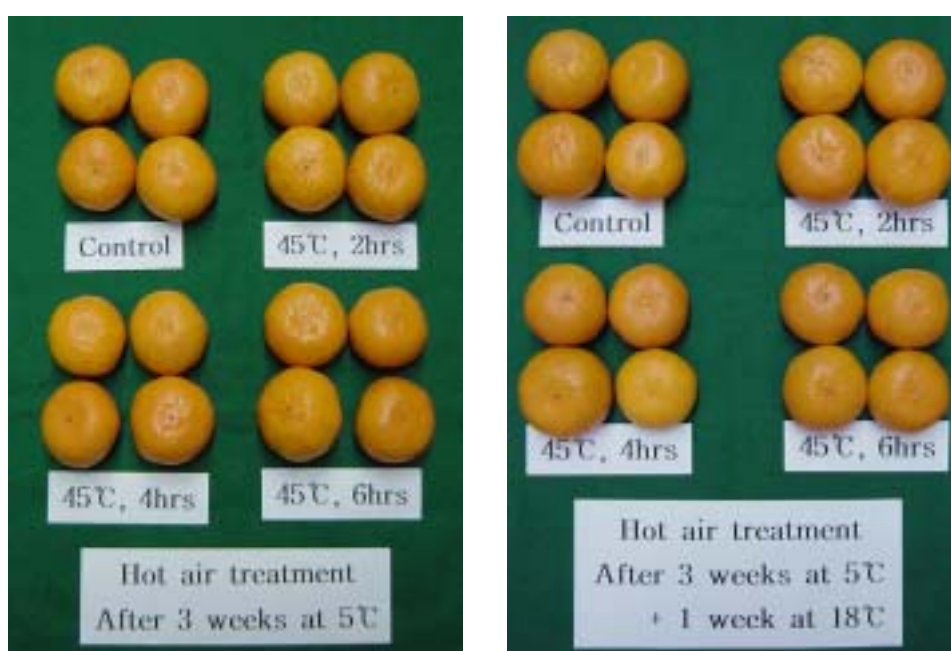


Fig. 9. Changes in appearance of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

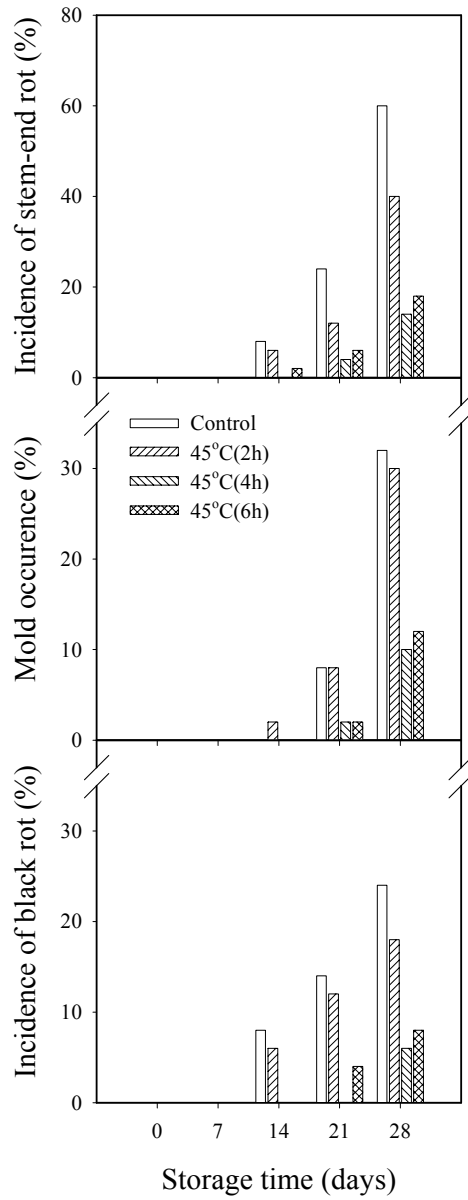


Fig. 10. Changes in decay ratio of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 2. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot air at 45°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	3.5 <sup>a</sup>	2.3 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	6.4 <sup>a</sup>
	45°C (2h)	3.0 <sup>a</sup>	2.6 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	3.4 <sup>a</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>
	45°C (6h)	3.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
7	Control	4.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	45°C (2h)	4.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	3.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
	45°C (6h)	3.8 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
14	Control	4.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	45°C (2h)	4.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	45°C (6h)	5.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
21	Control	4.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
	45°C (2h)	4.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	45°C (6h)	4.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
28	Control	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>							
	45°C (2h)	4.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	45°C (4h)	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>							
	45°C (6h)	5.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>							

<sup>1)</sup>The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

열수처리 감귤의 이화학적 품질특성 인자로서 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정 한 결과, 감귤의 pH는 처리구간의 차이 없이 약 3.5-3.6 수준을 유지하다가 18℃로 옮긴 저장 3주 이후 3.7-3.9 수준으로 눈에 띄게 높아졌고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.68-0.75%에서 저장말기 약 0.55-0.62% 정도로 감소하였으나 열처리에 따른 차이는 나타나 지 않았다(Fig. 11). 가용성 고형분 함량은 저장 2주까지 열수처리구가 무처리 대조구에 비 해 다소 낮게 나타났으나 유의적인 차이로 볼 수 없었으며 그나마 저장말기로 갈수록 함량 차이는 구분되지 않았다. 또한 당/산 비율은 저장 2주까지 일정하게 유지되다가 이후 증가 하는 경향을 나타내었으며, 52℃에서 2분간 열수 처리한 감귤에서 당/산 비율이 다소 높게 나타났으나 유의적인 차이는 인정되지 않았다(Fig. 12).

각기 다른 조건으로 열수 처리를 한 감귤 시료는 저장 3주까지 5.5% 내외의 선형적인 생체 중량 감소를 나타내다가 저장온도 전환(5℃→18℃)에 따른 영향으로 이후 급격한 감소 경향 을 나타내었으나 처리구간의 유의적인 차이는 구분되지 않았다(Fig. 12). 생체중량 감소의 경우 열수처리에 따른 영향이 지극히 미미한 데 반해, 저장온도의 상승이 과일 수분증발에 더 크게 영향을 미쳐 급격한 중량 감소를 유발하였다고 본다. 이와 같이 저장 중 생체중량 감소가 현저하게 진행되면 과실의 경도가 낮아지고 외관상 쪼그라들어 보이는 외조현상이 일어날 수 있다. 그러나 감귤 과실의 경도는 예상과 달리 저장기간 중 거의 변화 없이 일정 하게 유지되었으며, 열수처리에 따른 처리구간의 유의적인 차이도 구분되지 않았다. 이는 앞서 열풍처리에서 언급하였듯이 생체중량 감소의 경우 감귤의 표피에서 주로 수분증발에 의해 유발되지만, 경도 변화의 경우 단순히 표피의 수분함량보다는 표피와 과육 조직의 복합적인 인자(수분, 칼슘, 펙틴 함량 등)에 의해 좌우되기 때문에 일정한 감소 또는 증가의 경 향을 나타내지 않은 것으로 생각된다. 일반적으로 열처리 방법 가운데 열수처리는 과일의 cuticular wax 층을 녹여 표면의 미세한 틈이나 기공을 채우는 효과가 있는 것으로 알려져 있 다. 따라서 열수 처리를 한 과일의 경우 표면에 존재하는 미세한 틈이나 흠집이 wax 층으로 덮이게 되고 이는 수분증발을 감소시켜 생체중량 감소를 억제할 수 있다. 그러나 열수 처리 한 조생종 온주감귤에서는 생체중량 감소에 있어 무처리 대조구와 비교해서 별다른 차이가 없었는데, 이는 본 연구에서 적용한 열수처리 조건이 감귤 표피의 wax 층을 녹여내는데 충 분한 효과를 나타내지 못 하였거나 표면을 고르게 뒤덮을 만큼 감귤 표피의 wax 함량이 많 지 않은데 원인이 있을 것으로 추정된다. 실제로 52℃에서 2분간 열수 처리한 감귤의 표면 과 껍질의 단면을 현미경으로 관찰해 보면 열수처리에 의해 표피 유선조직의 형태나 모양

이 바뀌지 않았음을 알 수 있었으며, 결과적으로 이는 본 연구에서 적용한 열수처리 조건이 조생 온주감귤의 표피 wax 층을 녹여내는데 충분치 않았음을 확인시켜준다(Fig. 13).

감귤의 표피 색은 열수처리 여부와 관계없이 저장 중 거의 일정하게 유지되었다. 색차계에 의한 표면색 측정값은 저장 1주후 L\*와 b\*가 1-2 단위 가량 감소하고 a\*는 2-3 단위 증가하는 경향을 나타내었으나 오차범위 내에서의 증감으로서 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 매우 어려운 수준이었다(Fig. 14 & 15). 일반적으로 과도한 열처리는 과피의 표면색 가운데 주로 명도(L) 값에 변화를 가져오는데, 이는 갈변현상의 촉진에도 기인하지만 탈수현상과도 관련이 있다고 한다. 본 연구에서는 열수 처리를 한 감귤의 표면색이 무처리 대조구와 전혀 구별되지 않아 적용된 열수처리 조건이 적절하였음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

감귤의 부패과 발생은 저장 1주후부터 꼭지 썩음 증상을 시작으로 나타났으며, 저장 3주째에는 꼭지 썩음 15% 내외, 곰팡이 썩음과 표피 흑변 10% 미만의 평균 발생률을 나타내었다(Fig. 16). 저온(5°C)에서 3주간 저장하는 동안 부패과 발생률은 무처리 대조구와 열수처리 구간에 큰 차이가 없었으나, 저장 4주후에는 고온 단시간의 열수처리(55°C 1분, 60°C 20초)에 의해 곰팡이 썩음과 표피 흑변 발생률을 5-10% 가량 줄일 수 있었다. 열수처리는 방부제와 병용하여 감귤류의 방제 및 부패 방지방법으로 비교적 오래전부터 이용되어 왔으나, 최근에는 약제 사용과 무관하게 감귤류의 부패방지에 효과적인 것으로 알려지고 있다. 보고에 따르면 50-54°C에서 3분간의 열수처리로 Fortune 품종 감귤의 부패율이 현저하게 감소하였고, 50-53°C 열수처리로 오렌지의 녹색곰팡이와 푸른곰팡이, 레몬의 푸른곰팡이를 효과적으로 사멸시킬 수 있었다고 한다. 또한 56°C에서 20초간 열수 및 솔질 처리를 한 결과 45-55% 정도 *Penicillium digitatum*의 발생을 억제시킬 수 있었고, 52°C 열수처리로 Tarocco 오렌지의 부패를 감소시킬 수 있었다고 한다. 열수처리로 인한 부패 억제효과는 직접적인 사멸효과보다는 포자 발아억제와 병원균 캡슐화, 세척효과 등에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 무엇보다도 열수처리의 주요 효과는 과일 표피층에 있는 wax를 녹여 과실의 성장 중에 생긴 틈이나 거친 표면을 균일하게 만드는 것으로, 이는 병원균이 침투할 수 있는 틈이나 기공을 막아줌으로서 일종의 방어 막을 형성하는 효과이다. 이러한 표피의 변형은 병원균 감염경로에 영향을 미쳐서 germ tube 형성에 지장을 초래하고 결국에는 병원균 증식에도 영향을 주게 된다. 그러나 조생종 온주감귤은 보고된 다른 감귤류와 달리 표피가 얇고 유사한 처리조건에서도 wax 층이 용융되지 않아 열수처리로 인한 wax 도포효과는 거의 기대할

수 없었으며 단지 열수에 의한 표면 미생물의 세척효과를 기대할 수 있었다. 그럼에도 불구하고 52℃, 2분 처리구는 저장 4주후에 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 모두에서 비교구 가운데 가장 높은 발생빈도를 나타내었는데, 이는 열수처리 후 표면에 묻은 물기를 완전히 제거하지 못한 것에 원인이 있다고 판단된다. 표면을 완전히 건조시키지 않은 상태로 감귤을 플라스틱 필름봉투에 포개어 넣었기 때문에 저장 중 감귤의 증산작용과 더불어 과습한 조건이 형성되었고 그로 인해 곰팡이 등의 미생물 생육에 유리하게 된 것으로 생각된다.

열수처리에 따른 조생 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 평가하고자, 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시한 결과, 전반적으로 체감품질 항목에 대해서는 처리구간에 유의적인 차이를 구분할 수 없었으나 외관품질 측면에서 열수처리구가 상대적으로 우수한 점수를 얻은 것으로 나타났다(Table 3). 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬의 경우 60℃에서 20초의 고온 단시간 열수 처리구가 무처리 대조구를 포함한 다른 비교구에 비해 더 낮은 점수를, 광택과 전체적인 외관품질은 더 높게 평가되었다. 한편 감귤의 체감품질 항목 가운데 박피성 또는 부피(浮被) 정도에서는 열수처리구가 상대적으로 다소 높은 점수를 나타내었고, 과실 경도에서는 열수처리구가 더 낮게 평가되었으나 이러한 차이는 저장 1주까지만 나타났을 뿐 이후에는 유의적인 차이를 구분할 수 없었다. 저장 초기 열수 처리한 감귤의 과피가 과육에서 다소나마 분리되어(부피현상 발생) 더 잘 벗겨지는 것으로 평가된 것은 열처리로 인하여 과실 내부 압력이 증가되었다가 냉각에 의해 다시 감소한데서 그 원인을 찾을 수 있다. 그나마 박피성과 경도 항목을 제외한 다른 체감품질 항목에서는 전반적으로 처리구간의 차이가 인정되지 않아, 본 연구에서 적용한 처리조건에서는 열수처리에 의해 감귤의 체감품질이 저하되지 않는 것으로 판단되었다. 이러한 관능평가 결과로부터 60℃에서 20초의 고온 단시간 열수처리가 온주감귤의 품질유지에 효과적인 열수 처리조건임을 확인할 수 있었다.

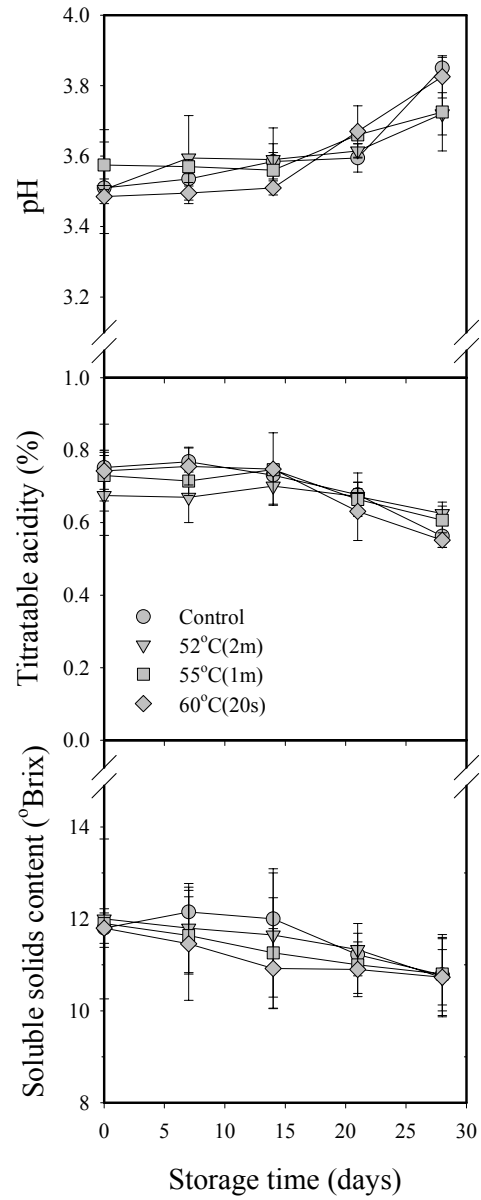


Fig. 11. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



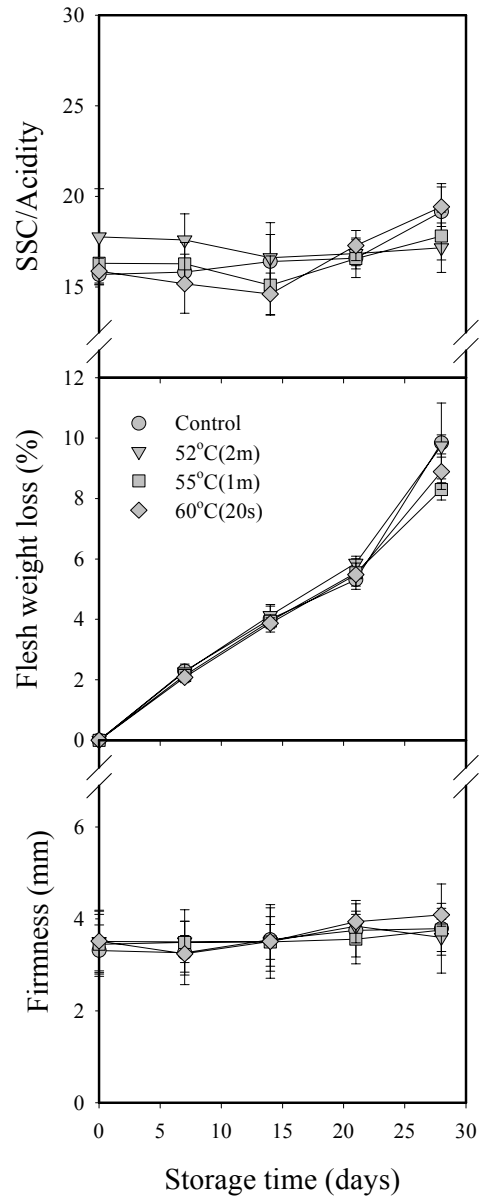
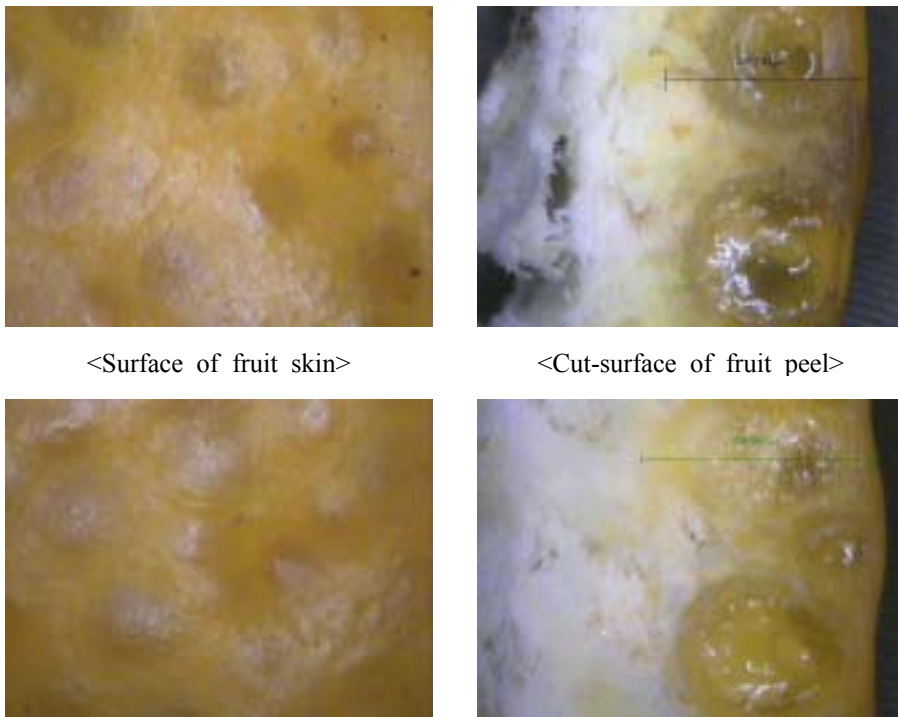


Fig. 12. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



<Surface of fruit skin>

<Cut-surface of fruit peel>

Fig. 13. Changes in fruit skin and peel of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C for 2 min. Upper: untreated control, lower: heat-treated sample.

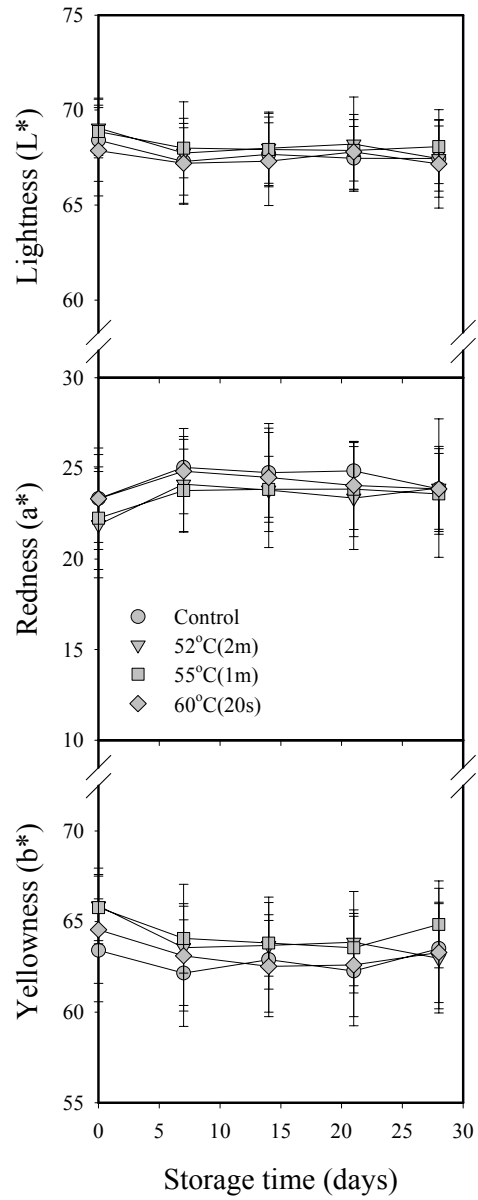


Fig. 14. Changes in peel color of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

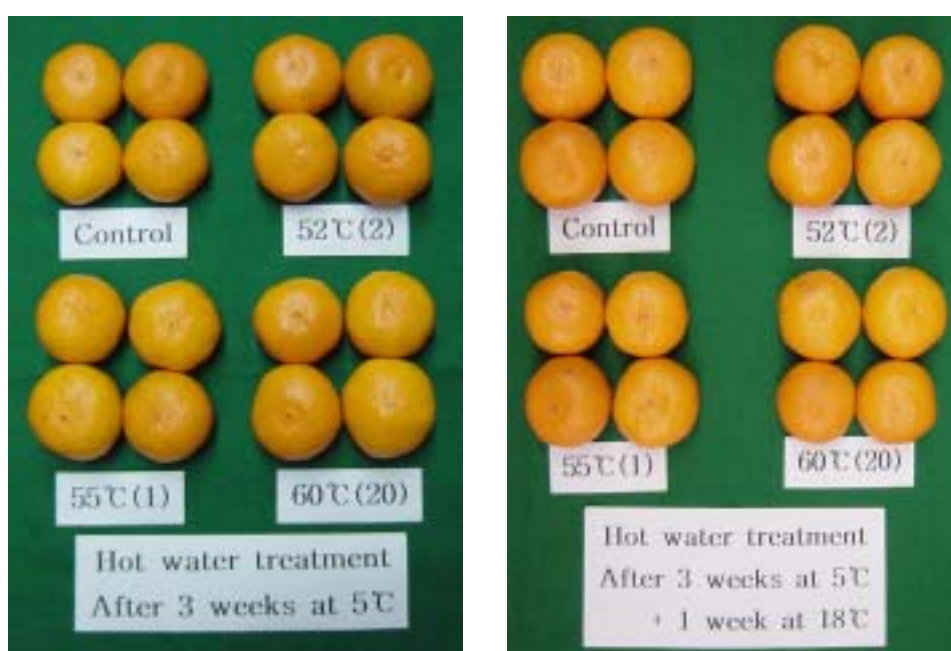


Fig. 15. Changes in appearance of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

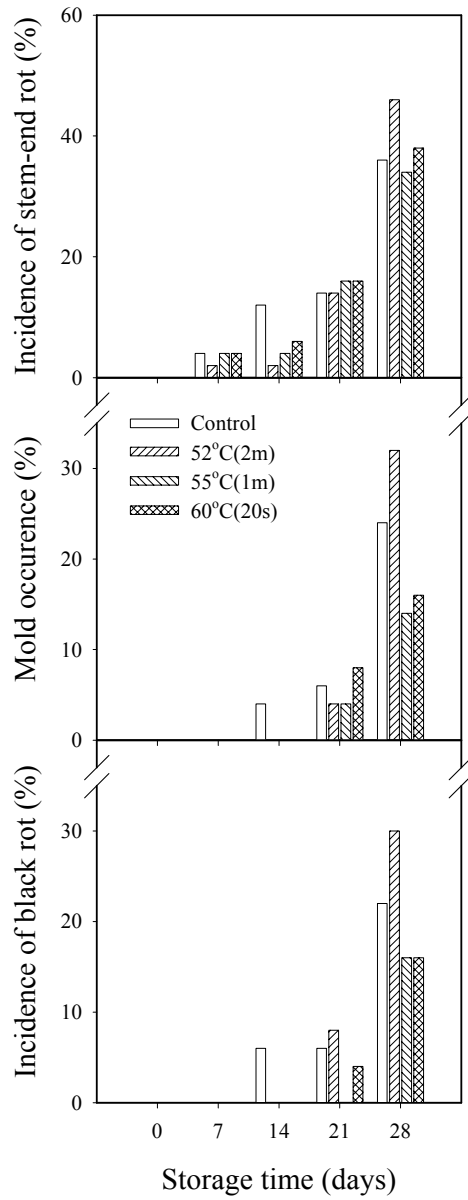


Fig. 16. Changes in decay ratio of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 3. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	5.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	3.8 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
	55°C (1m)	4.0 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.1 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
7	Control	5.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>c</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>bc</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	55°C (1m)	4.2 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
14	Control	4.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	3.2 <sup>b</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	55°C (1m)	2.7 <sup>b</sup>	2.5 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.6 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
21	Control	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	5.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	55°C (1m)	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
28	Control	4.6 <sup>b</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>					
	52°C (2m)	6.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>					
	55°C (1m)	5.7 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	60°C (20s)	4.3 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>					

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

#### 4. 수확시기별 감귤의 열처리효과 비교

온주감귤을 조생종은 12월에, 만생종은 차년도 2월에 각기 수확하여 시료로 확보하고 수확시기별로 구분하여 열처리한 후 생리특성 및 품질특성 변화를 비교하였다. 열풍처리는 건전한 과실을 선별하여 40, 45, 50°C에서 4시간 동안 열풍을 가한 다음 5°C에서 3시간 냉각하였고, 열수처리는 52°C의 열수에 30초, 1, 2분간 침지한 후 표면물기를 제거하고 상온에서 냉각하였다. 이들 열처리된 과실을 통기성 천공 LDPE 필름에 포장하여 5°C에서 21일, 이후 18°C에서 7일간 저장하면서 생리특성 및 품질특성 변화를 측정하였다.

열처리 직후 5°C에서 비교한 감귤의 초기 호흡률은 열풍처리구 모두 무처리 대조구와 비교하여 다소 높았으나 열풍 처리온도와는 유의적 상관성이 없었고, 저온저장 중 처리구 감귤의 호흡률은 감소하여 무처리구와 동일한 수준을 나타내었다. 구체적으로 무처리 대조구가 4.61 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 4.41 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 열풍처리구는 각각 4.70-4.75 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 5.13-5.30 mL CO<sub>2</sub>/kg·h을 나타내어 열처리에 의해 CO<sub>2</sub> 발생률이 전반적으로 증가하였으며 그로인해 호흡지수(RQ)도 증가하였다(Fig. 17). 그러나 이후 21일간 5°C에 저장한 후 다시 측정한 열풍처리 감귤의 호흡률은 무처리 대조구의 5.19 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 5.18 mL CO<sub>2</sub>/kg·h 보다 오히려 다소 낮은 수준인 4.91-5.16 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 4.25-4.71 mL CO<sub>2</sub>/kg·h을 나타내어 저온저장을 거치면서 열처리구의 호흡률은 O<sub>2</sub> 소모율이 대조구와 동일한 수준인데 반해 CO<sub>2</sub> 발생률은 그 이하로 감소하여 호흡지수가 1.0 이하로 낮게 나타났다. 앞서 언급하였듯이 식물체의 충분한 열처리 직후 호흡률 증가는 표면 또는 내부의 손상부위를 회복시키기 위한 대사작용에 기인하거나 혹은 유기산 대사가 증진되기 때문이다.

열풍처리에 따른 과실의 내부기체조성을 측정한 결과, 열풍 처리온도에 관계없이 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub>는 모두 저장 중 시험구간의 유의적인 차이를 구분할 수 없었으나 열풍처리 직후 과실 내부 O<sub>2</sub> 농도가 19.25%에서 18.36-18.64%로 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도가 1.0%에서 1.31-1.59%로 다소 증가하였다(Fig. 18). 한편 저장 21일 이후 저장온도의 전환(5°C→18°C)과 일부 부패과 발생에 따라 전체적으로 과실내부의 O<sub>2</sub>는 현저하게 감소하고 CO<sub>2</sub>는 분명하게 증가하였다. 만생종 온주감귤에서도 조생종 감귤과 마찬가지로 저장 중 열처리에 따른 내부기체조성의 차이를 구분하기 어려웠는데, 이는 다른 감귤류에 비해 온주감귤의 과피 두께(2.6±0.2 mm)가 매우 얇은 편이어서 외부 공기의 유출입이 비교적 쉬운 것에 기인한 결과로 이해된다.

열풍처리 감귤의 이화학적 품질특성 인자로서 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정하였다. 전반적으로 저장기간 중 pH는 증가하고 적정 산도는 감소하였으나 가용성 고형분

함량은 크게 변화가 없었다(Fig. 19). 또한 열풍처리에 의해 감귤의 pH는 다소 증가하고 적정 산도는 다소 감소하는 경향을 나타내었는데, 처리구간의 통계적 유의차를 인정할 수 없으나 이러한 변화 경향은 저장기간 동안 대체로 유지되었다. 열처리에 따른 과실의 pH 증가와 산도 감소는 앞서 언급하였듯이 식물체가 고온에 노출되었을 때 유기산 대사가 촉진되는 것과 밀접한 관계가 있다고 판단된다. 한편 과즙의 당도를 간접적으로 나타내는 가용성 고형분 함량은 열풍처리 여부에 관계없이 전체 저장기간 동안 약 10.0-12.0 °Brix 수준에서 등락을 하며 유지되었다. 저장 21일후 온도 전환(5°C→18°C)에 따른 호흡대사 증대로 당 소모가 촉진되어 고형분 함량의 감소가 예상되었으나 동시에 수분증발로 인한 농축효과 때문에 서로 상쇄된 것으로 이해된다. 신선 과일류의 대표적 품질지표인 SSC/acidity 또는 당/산 비율은 저장기간 중 계속 증가하였고, 대체로 열풍 처리온도가 높을수록 당/산 비율이 다소 더 높게 유지되는 경향을 나타내었다(Fig. 20). 열처리 감귤의 당/산 비율이 상대적으로 높게 유지된 것은 저장기간 동안 전반적으로 가용성 고형분 함량이 일정한 수준을 나타낸 반면, 적정 산도는 열풍처리구에서 다소 더 낮게 유지되었기 때문에 가능한 결과이다.

40-50°C로 온도를 달리하여 열풍 처리한 감귤의 경우 처리온도에 따라 수분증발에 의한 생체중량 감소 및 그로 인한 경도 변화가 예상되어 저장 중 이들을 주기적으로 측정하였으나, 열풍처리 직후에만 1.4-1.6%의 생체중량 감소를 나타내었을 뿐 전체 저장기간 동안 생체중량 감소는 12.5-13.5% 범위에서 처리구별로 구별되지 않았다(Fig. 20). 이는 비교적 습도가 높게 유지되는 5°C 저온실(약 87% RH)에서 시료를 보관하였기 때문으로 비록 초기에 열처리구의 중량감소가 더 크더라도 동일 온습도 조건에서 장기간 저장하는 동안 수분평형이 이루어졌을 것으로 생각된다. 한편 감귤의 경도는 저장기간 중 거의 변화 없이 일정하게 유지되었으며, 열풍처리에 따른 처리구간의 유의적인 차이도 구분되지 않았다.

전반적으로 저장 중 감귤 과피의 표면색은 거의 변화가 없었으며, 처리구별로도 색 차이를 구분하기는 어려웠다(Fig. 21 & 22). 일반적으로 열처리 조건이 적절치 않은 경우 과일은 표면색에 부정적인 영향을 받아 명도(L\*) 값의 저하를 유발할 수 있다. 또한 저장 중에 발생하는 수분손실과 표피 수축현상도 색깔에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 만생 온주감귤의 경우 열풍처리 여부에 관계없이 전체 저장기간 동안 L\* 값은 65.0-67.8, a\* 값은 23.0-25.6, b\* 값은 60.3-63.9 범위에서 유지되어, 열풍처리를 거치더라도 감귤의 표피 색에는 나쁜 영향을 받지 않는 것으로 볼 수 있었다.

저장 중 부패 과실 발생과 관련하여 조생과 마찬가지로 만생 온주감귤의 경우에도 5°C에



서 저장 14일째부터 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등 다양한 형태의 부패 과실이 나타나기 시작하였다(Fig. 23). 수확 후 약제처리나 예조처리를 하지 않은 감귤을 시료로 사용했기 때문에, 무처리 대조구의 경우 저장 21일째에 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변의 평균 발생률이 각각 38%, 16%, 28%였으며, 저장 28일째에는 58%, 37%, 52%로 급격히 증가하였다. 부패 과실의 발생빈도는 저장 21일째까지 열풍처리에 의해 어느 정도 감소되었으나, 그 이후에는 열처리에 따른 부패발생 억제효과를 인정할 수 없었다. 이는 조생종과 달리 만생종 온주감귤에서 초기 미생물 오염정도가 높아(약  $10^2$ - $10^3$  CFU/g) 열풍처리에 따른 부패과 발생억제에 긍정적 효과를 기대할 수 없었다. 감귤의 저장유통 과정에서 흔히 발견되는 부패 과실의 전형적 양상인 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 발생은 주로 미생물 감염에 기인하는 현상으로 꼭지 썩음 증세의 경우 *Diaporthe citri*, *Alternaria citri*, *Diplodia natalensis*에 의한 것이며, 곰팡이 썩음 증세는 주로 녹색 곰팡이인 *Penicillium digitatum*, 청색 곰팡이인 *P. italicum*, 잿빛 곰팡이인 *Botrytis cinerea*에 의해 유발되고, 표피 흑변의 경우 *Alternaria* 속 곰팡이에 의해 유발되는 검은 썩음병이 주류를 이룬다.

열풍처리에 따른 만생 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 평가하고자, 다양한 외관품질 및 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 4). 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 시늬에서는 열처리 직후 처리온도가 높을수록 높은 점수를, 광택에서는 낮은 점수를 나타내었는데, 이는 상대적으로 건조한 중-고온의 열처리 조건에서 노출된 온도에 따라 표피조직에서의 수분증발이 컸기 때문이다. 그러나 저장 중 시늬와 광택 항목의 평가점수는 처리구별로 유의차 없이 비슷한 수준이었으며, 아울러 변색, 전체적인 외관품질의 평가에 있어서도 무처리 대조구와 열처리구간의 일관된 차이를 구분할 수 없었다. 한편 감귤의 체감품질 항목 가운데 박피성 또는 부피 정도에서는 비록 유의적인 차이는 아니지만 저장 중 열처리구가 상대적으로 높은 점수를 나타내어 열풍 처리한 감귤의 과피가 과육에서 다소나마 분리되어 더 잘 벗겨지는 것으로 평가되었다. 이러한 부피현상은 열처리로 인하여 과실 내부 압력이 증가되었다가 냉각에 의해 다시 감소한데서 그 원인을 찾을 수 있다. 신맛 항목에서는 전반적으로 열처리구에서 더 낮은 점수를 나타내어 열풍 처리한 감귤 시료의 신맛이 어느 정도 감소한 것으로 판단되었고, 이는 pH 및 적정 산도 결과(Fig. 19)와도 일치하였다. 기타 항목 및 전체적인 체감품질의 평가에서는 저장 중 처리구별로 눈에 띄는 차이를 구분할 수 없었고, 결과적으로 조생종에서와 마찬가지로 만생종 온주감귤에서도 열풍처리에 의해 감귤의 외관 및 체감 품질이 적어도 나쁜 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다.

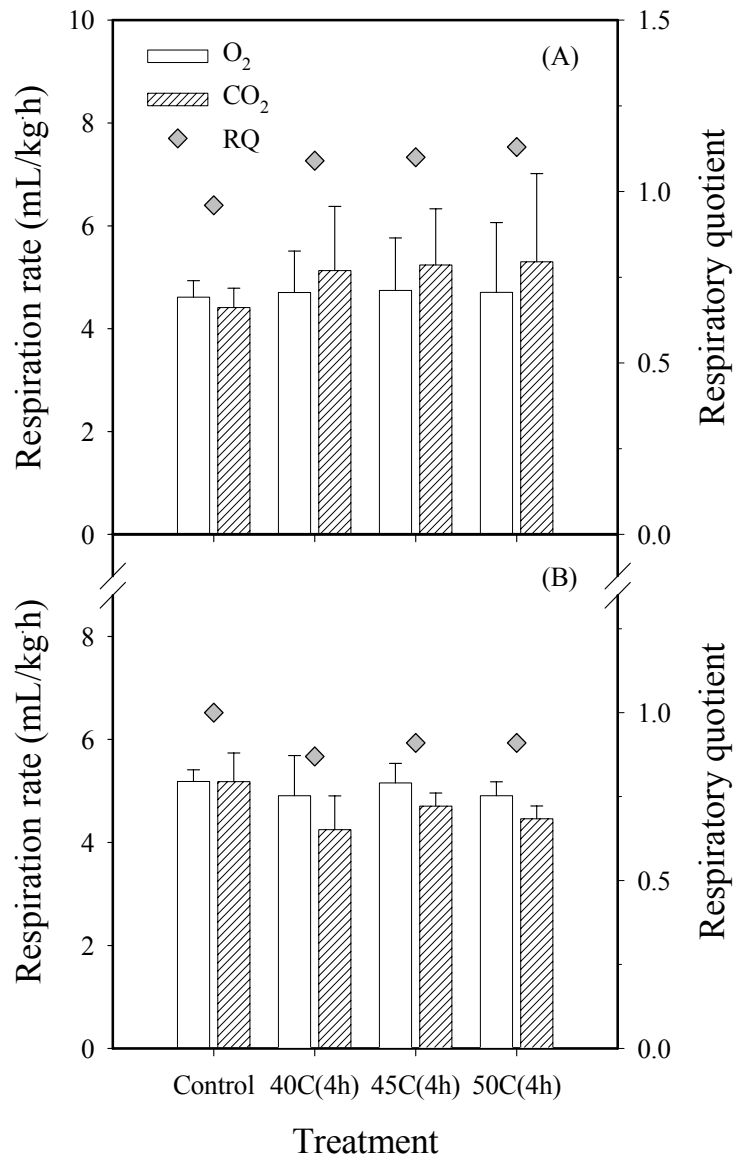


Fig. 17. Changes in respiration rate of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days.  
 (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

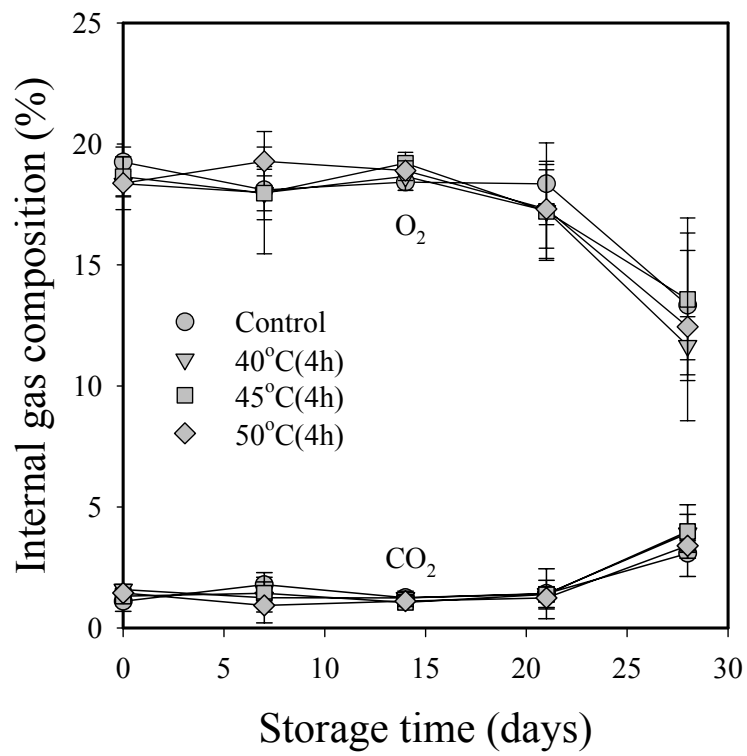


Fig. 18. Changes in internal gas composition of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

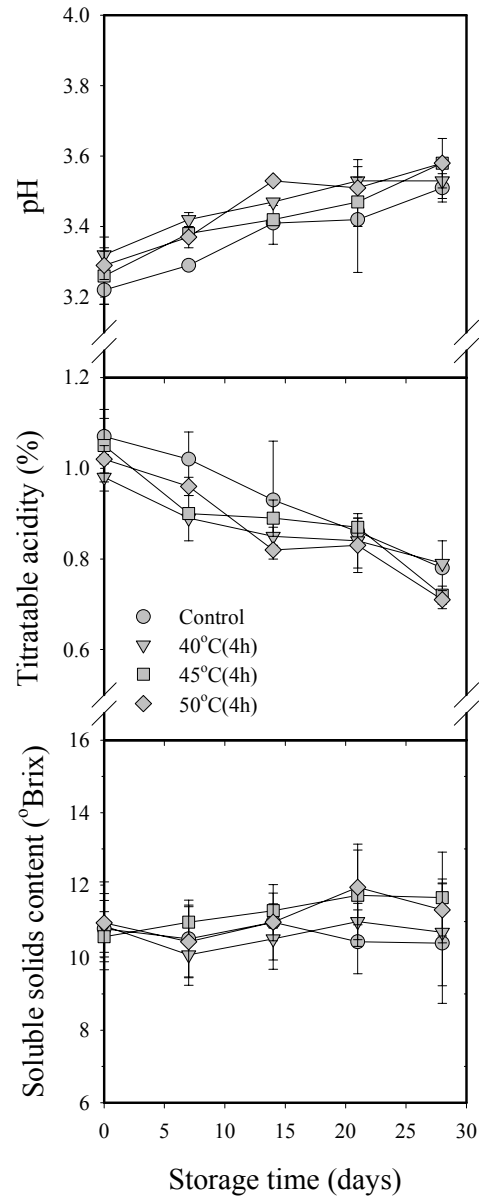


Fig. 19. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

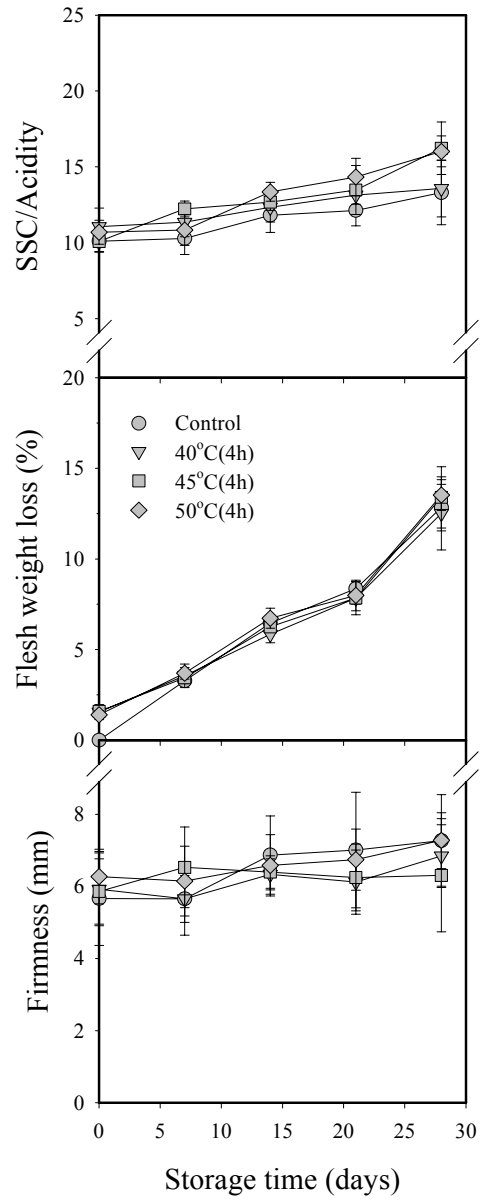


Fig. 20. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

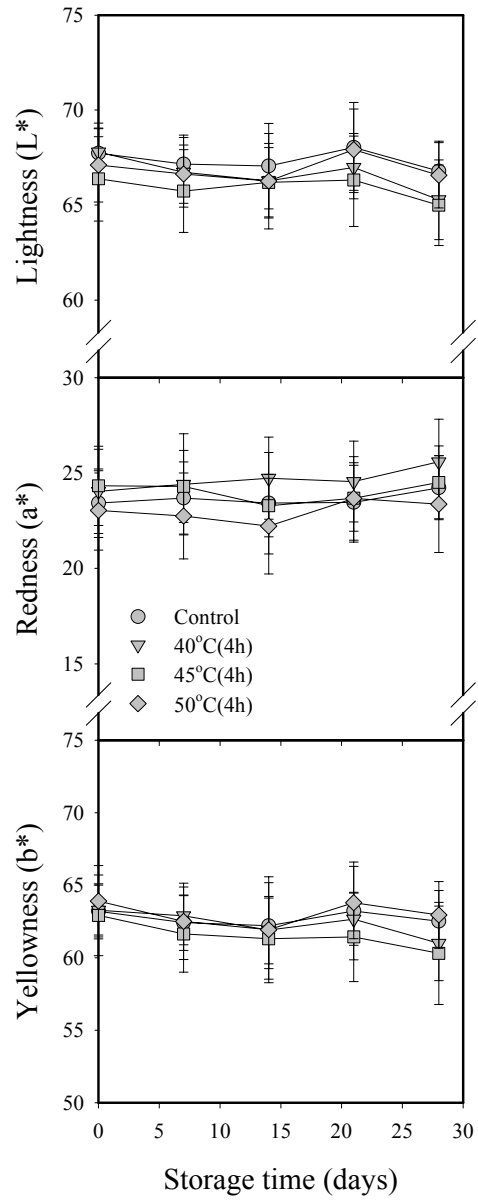


Fig. 21. Changes in peel color of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



Fig. 22. Changes in appearance of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

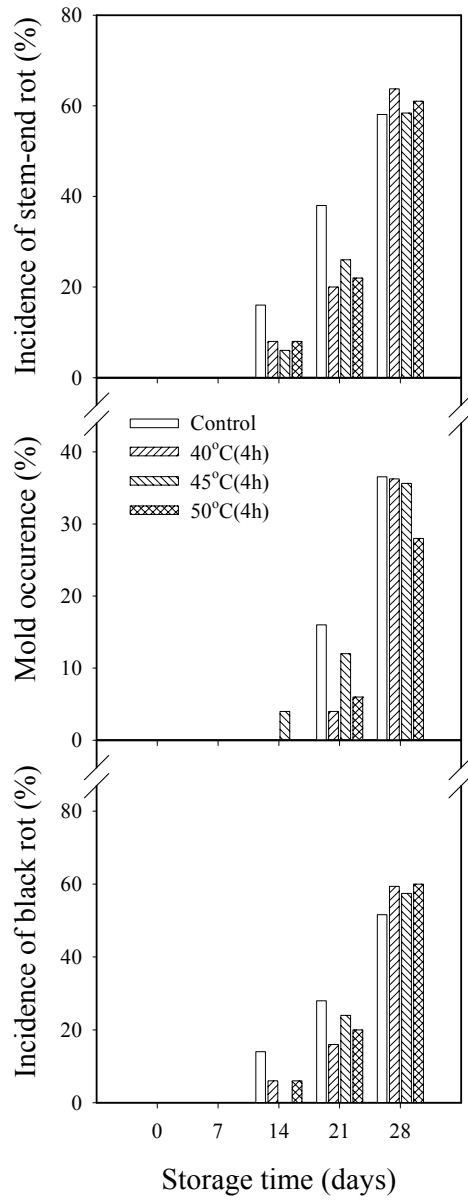


Fig. 23. Changes in decay ratio of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



Table 4. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of late harvested Satsuma mandarin treated with hot air at varied temperatures during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	3.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	40°C (4h)	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	50°C (4h)	4.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.9 <sup>b</sup>	1.9 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
7	Control	5.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	40°C (4h)	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	50°C (4h)	4.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
14	Control	5.0 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	40°C (4h)	3.8 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.7 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
	50°C (4h)	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
21	Control	4.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	40°C (4h)	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.9 <sup>b</sup>	3.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	5.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
	50°C (4h)	5.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
28	Control	3.9 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>					
	40°C (4h)	6.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>					
	45°C (4h)	4.9 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	50°C (4h)	3.9 <sup>b</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>					

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

만생 온주감귤을 대상으로 52℃에서 처리시간을 달리하여 열수 처리한 경우 감귤의 호흡률은 열처리 직후 무처리 대조구가 5.20 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 5.01 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 열수처리구는 각각 5.20-5.84 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 5.14-5.82 mL CO<sub>2</sub>/kg·h 수준으로 처리시간에 따라 호흡률이 다소 증가하였다(Fig. 24). 그러나 이후 21일간 5℃에서 저장한 다음 측정된 감귤의 호흡률은 시험구간의 일정한 차이를 구분할 수 없었다. 한편 과실내부 기체조성을 측정된 결과, 열수 처리조건에 관계없이 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도는 시험구간의 유의적인 차이를 구분할 수 없었으나, 열수 처리시간이 길어지면 과실내부 O<sub>2</sub> 농도는 다소 낮게 CO<sub>2</sub> 농도는 다소 높게 유지되는 경향을 나타내었다(Fig. 25). 저장 21일 이후 전체적으로 과실내부의 O<sub>2</sub>는 감소하고 CO<sub>2</sub>가 축적되었는데, 이는 저장온도의 전환(5℃→18℃)과 일부 부패과 발생에 따른 결과로 이해되었다.

열수처리 감귤의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정된 결과, 만생 온주감귤의 pH는 처리구간의 차이 없이 약 3.3-3.6 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.97-1.07%에서 저장말기 약 0.79-0.95% 수준으로 점차 감소하였으나 열처리에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 26). 가용성 고형분 함량은 전체 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 10.1-11.3 °Brix 범위에서 유지되었다. 한편 당/산 비율은 저장기간 중 서서히 증가하는 경향을 나타내었으나, 열수 처리시간이 길수록 감귤의 당/산 비율이 다소 낮게 유지되었다(Fig. 27).

52℃에서 처리시간을 달리하여 열수 처리를 실행한 만생종 온주감귤 시료는 4주간의 저장기간 동안 11.1-12.1%의 선형적인 생체중량 감소 경향을 나타내었으나 12.8%의 생체중량 감소를 나타낸 무처리 대조구와의 유의적인 차이는 구분되지 않았다(Fig. 27). 이와 같이 생체중량 감소에 대한 열수처리의 영향이 매우 미미하였기 때문에 감귤 과실의 경도 역시 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 구분 없이 거의 일정하게 유지되었다. 저장 중 생체중량 감소가 현저하게 진행되면 과실의 경도가 낮아지고 외관상 쪼그라들어 보이는 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 또는 증가의 경향을 나타내지 않는 경우가 많다.

저장 중 감귤의 표피 색은 열수처리 여부와 관계없이 거의 일정하게 유지되었다. 색차계로 측정된 만생 온주감귤의 표면색 지표 값은 저장기간 동안 L\*와 b\*가 1-2 단위 가량 감소하였고 a\*는 1-2 단위 증가하는 경향을 나타내었으나 오차범위 내에서의 증감이었을 뿐

안으로 외관상 변화를 구분하기는 지극히 어려운 수준이었다(Fig. 28 & 29).

만생 온주감귤의 부패과 발생은 저장 2주후에 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변의 증상으로 각각 나타났으며, 저장 1주 만에 꼭지 썩음을 보이기 시작한 조생종 감귤에 비해서는 다소 느리게 부패가 진행되었다고 볼 수 있으나 발생빈도 측면에서는 큰 차이를 발견할 수 없었다. 즉, 만생종 감귤도 저장 3주째에 꼭지 썩음 15-25%, 곰팡이 썩음 10% 미만, 표피 흑변 10-20%의 평균 발생률을 나타내어 조생종 감귤에 비해 다소 더 높거나 비슷한 수준이었다(Fig. 30). 5℃에서 3주간 저장하는 동안 부패과 발생률은 무처리 대조구와 열수처리구간에 큰 차이가 없었으나, 이후 18℃로 옮겨 저장 4주후에는 열수 처리시간이 길수록 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음과 표피 흑변 발생률을 전반적으로 10-30% 가량 줄일 수 있었다. 이러한 열수처리의 부패 억제효과는 직접적인 균체 사멸효과보다는 주로 표면 세척효과 혹은 일부 포자 발아억제 등에 기인한 것으로 판단된다.

열수처리에 따른 만생 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 평가하고자 외관품질 및 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시한 결과, 전반적으로 저장기간 동안 처리구간에 유의적인 차이를 구분할 수 없었으나 외관품질 및 체감품질의 종합적 평가에서 무처리 대조구에 비해 열수처리구가 상대적으로 더 높은 점수를 얻은 것으로 나타났다(Table 5). 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늉의 경우 처리시간을 달리하더라도 열수처리에 의해 일관된 영향을 받지 않았으나, 광택과 종합적인 외관품질은 처리조건에 관계없이 열수처리구에서 전반적으로 더 높게 평가되었다. 한편 감귤의 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목도 열수처리에 의해 감소하거나 또는 증가하는 일관된 양상을 나타내지 않았으나, 종합적인 품질은 유의적 차이가 아니더라도 열수처리구에서 다소 높게 나타났다. 조생 온주감귤의 경우 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되었으나 만생종에서는 그 차이를 구분할 수 없었는데, 이는 동일한 온주감귤이더라도 수확시기에 따라 과피의 두께는 물론 조직 강도가 다르기 때문에 가능한 결과로 이해된다. 실제로 조생종의 과피 두께는 평균적으로 2.1±0.3 mm인데 반해 만생종은 2.6±0.2 mm로 약 20% 가량 더 두꺼운 것을 감안할 때 열수처리에 따른 감귤의 부피 발생 정도가 달라질 수도 있다. 이러한 관능평가 결과로부터 본 연구에서 적용한 52℃, 2분 이내의 열수처리에 의해 감귤의 외관품질 및 체감품질이 저하되지 않으며 다소나마 온주감귤의 품질유지에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 판단되었다.

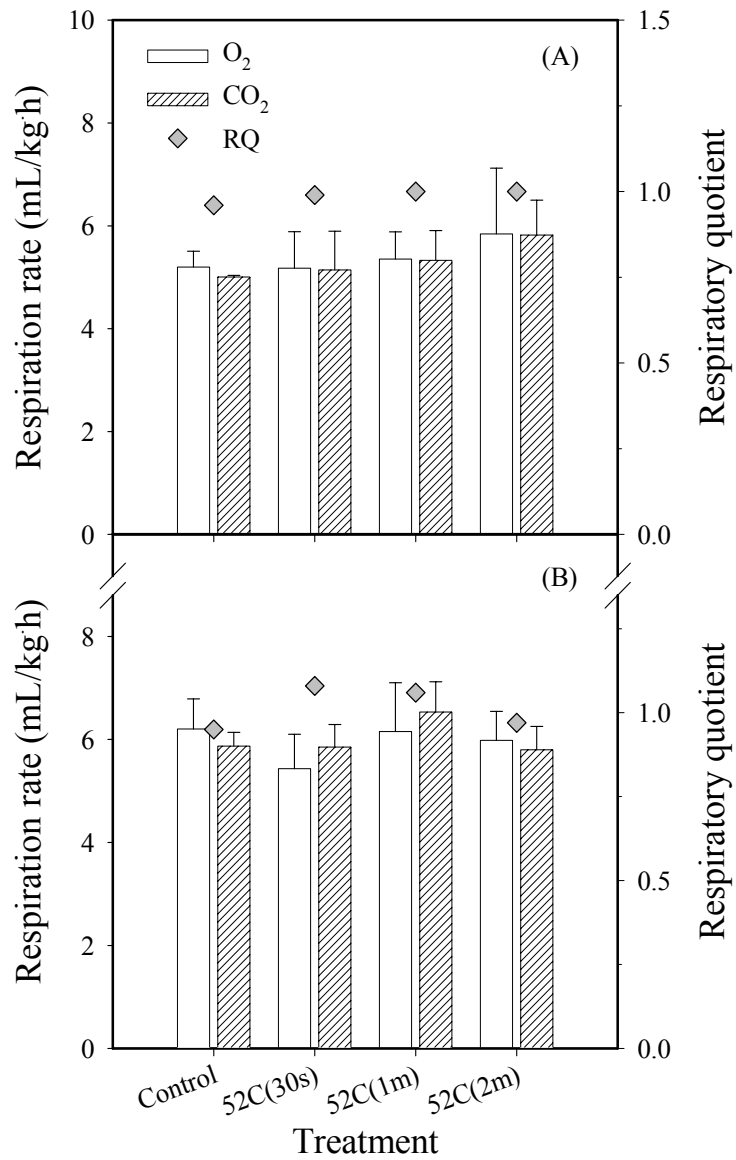


Fig. 24. Changes in respiration rate of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days. (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

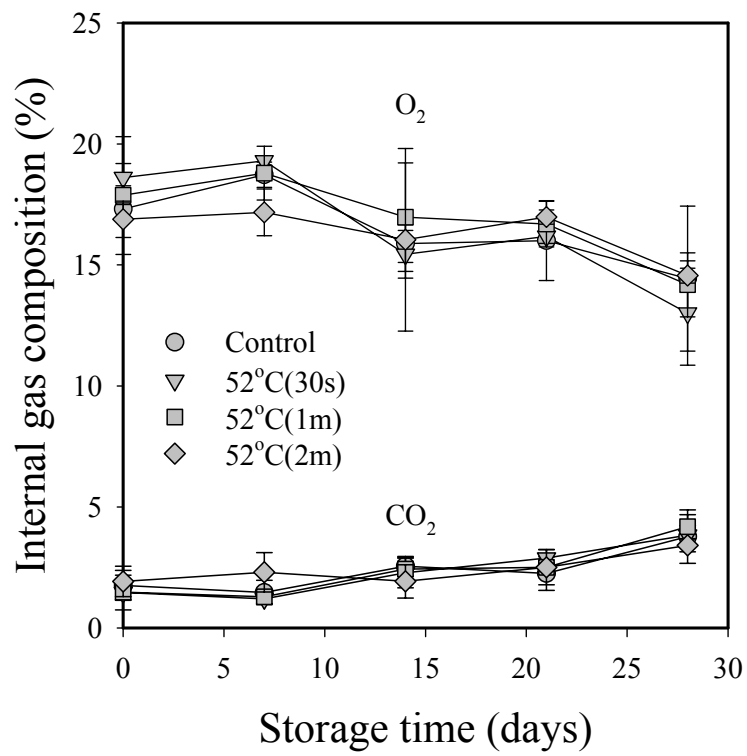


Fig. 25. Changes in internal gas composition of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

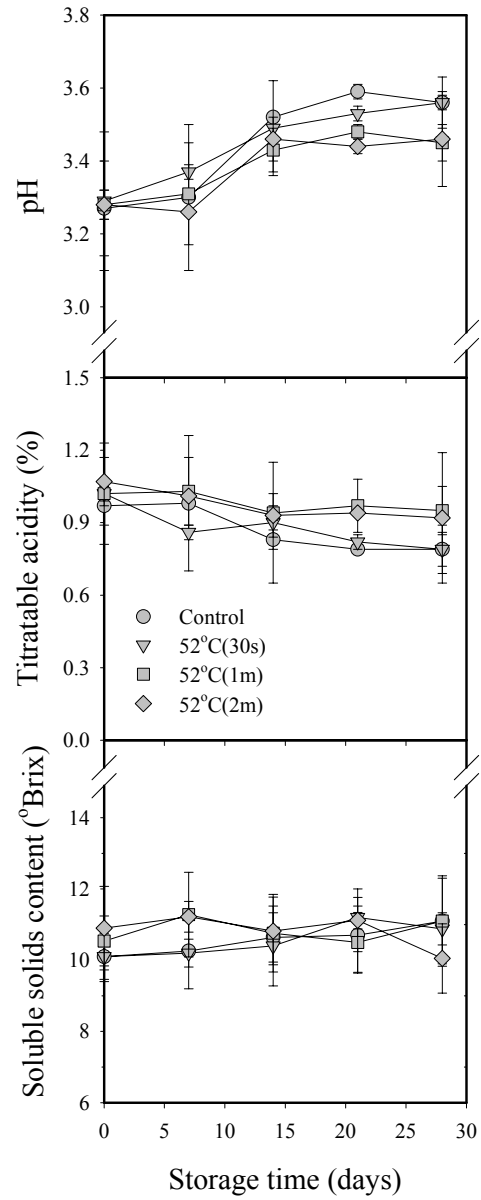


Fig. 26. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

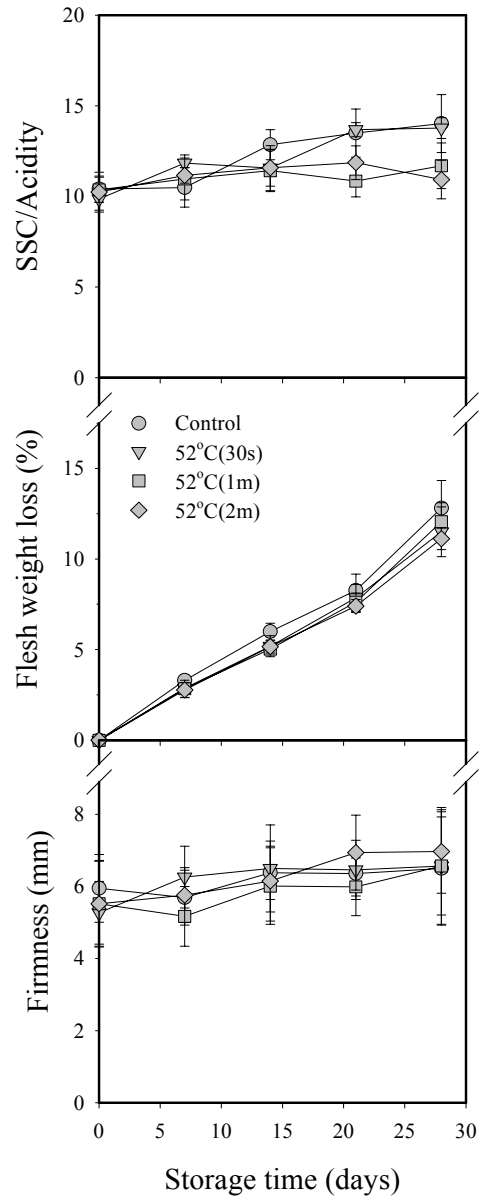


Fig. 27. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

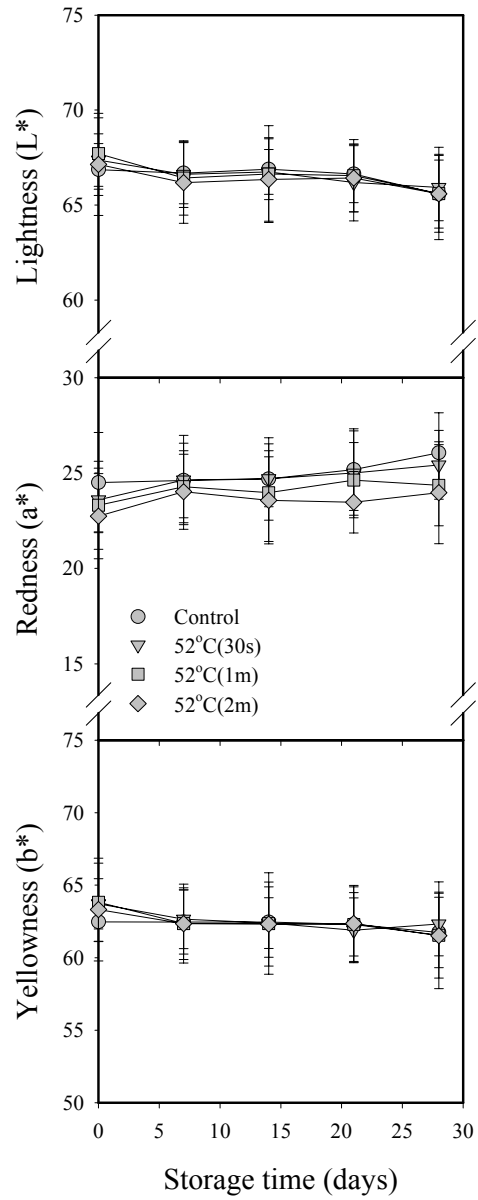


Fig. 28. Changes in peel color of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



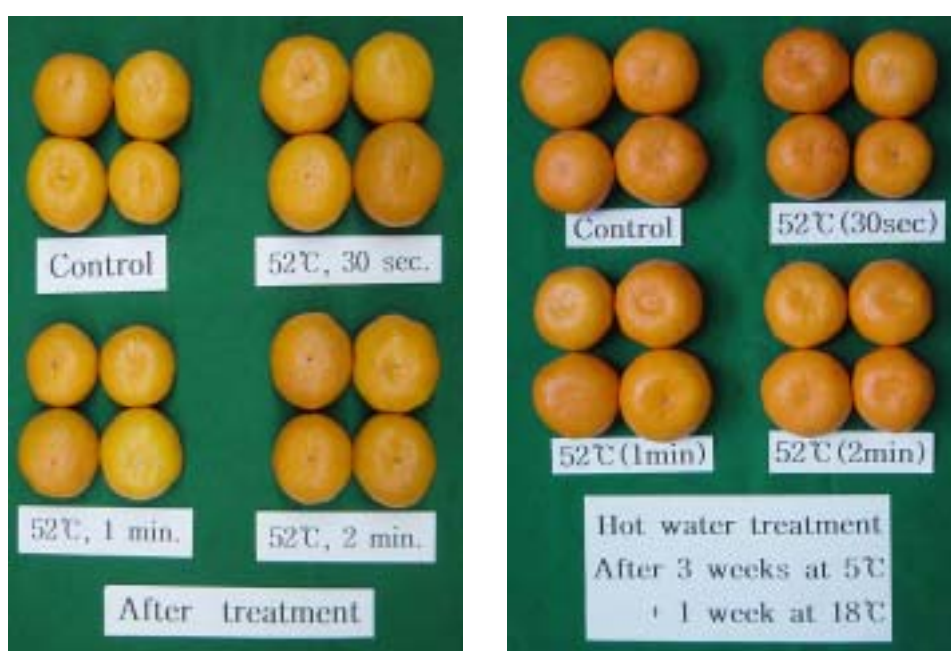


Fig. 29. Changes in appearance of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

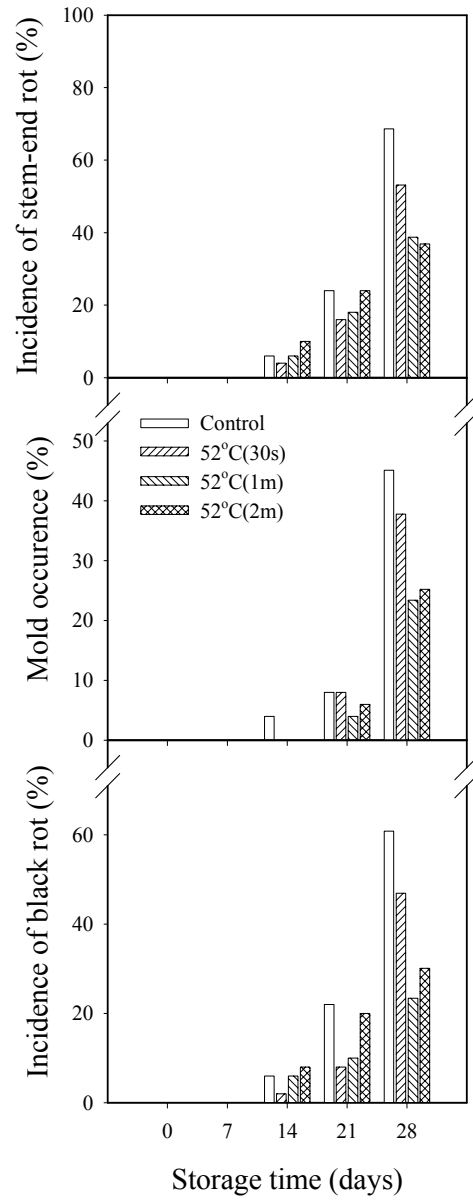


Fig. 30. Changes in decay ratio of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 5. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of late harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>
	52°C (30s)	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	52°C (1m)	3.0 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	4.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>
7	Control	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>
	52°C (30s)	3.7 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	52°C (1m)	2.7 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	4.3 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
14	Control	5.0 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
	52°C (30s)	3.8 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
	52°C (1m)	4.7 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
21	Control	4.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>
	52°C (30s)	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>
	52°C (1m)	5.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	5.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>
28	Control	5.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>					
	52°C (30s)	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	52°C (1m)	4.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>					
	52°C (2m)	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>					

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

## 5. 품종별 감귤의 열처리효과 비교

감귤 시료를 온주, 부지화, 청건 등 주요 상품 품종별로 구분하여 열처리에 따른 생리특성 및 품질특성 변화를 비교하였다. 열풍처리는 건전한 과실을 선별하여 45℃에서 4시간 또는 8시간 동안 열풍을 가한 다음 5℃에서 3시간 냉각하였고, 열수처리는 52℃에서 2분 또는 60℃에서 20초간 열수에 침지한 후 표면물기를 제거하고 상온에서 냉각하였다. 이들 열처리된 과실을 통기성 친공 LDPE 필름에 포장하여 5℃에서 3주, 18℃에서 1주간 저장하면서 호흡률, 내부 기체조성 등의 생리특성과 pH, 산도, 가용성 고형분 함량, 중량 손실, 과실 경도, 표피 색, 부과패 발생률, 관능검사 등의 품질특성 변화를 측정하였다.

부지화(상품명: 한라봉) 감귤을 대상으로 각기 다른 조건에서 열풍 및 열수 처리하였을 때 감귤의 호흡률은 열처리 직후 무처리 대조구가 3.75 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.94 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 열처리구는 각각 4.05-4.27 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.92-4.06 mL CO<sub>2</sub>/kg·h 수준으로 처리조건에 따라 O<sub>2</sub> 소모율이 다소 증가하였다(Fig. 31). 그러나 5℃에서 21일간 저장한 다음 측정한 부지화 감귤의 호흡률은 온주감귤에서와 마찬가지로 시험구간의 일정한 차이를 구분할 수 없었다. 한편 과정부를 통해 과실내부의 기체조성을 측정하였는데, 열처리 조건에 관계없이 저장 중 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도는 시험구간의 유의적인 차이를 구분할 수 없었으며, 저장 21일 이후 저장 온도의 전환(5℃→18℃)에도 불구하고 전체적으로 과실내부의 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도는 별다른 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Fig. 32).

열처리한 부지화 감귤의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정한 결과, 부지화 감귤의 pH는 온주감귤에서와 마찬가지로 처리구간의 차이 없이 약 3.5-3.9 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.80-0.90%에서 저장말기 약 0.72-0.77% 수준으로 점차 감소하였으나 열처리에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 33). 부지화 감귤의 가용성 고형분 함량은 전체 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 14.0-16.1 °Brix 범위 내에서 유지되었는데, 이는 일반적인 온주감귤의 가용성 고형분 함량인 10.1-12.0 °Brix에 비해 훨씬 더 높은 수준으로 대부분 가온시설에서 재배하는 부지화 감귤의 당도가 높는데 기인하는 결과이다. 한편 당/산 비율은 저장기간 중 17.0-19.2 정도로 일정하게 유지되다가 서서히 증가하는 경향을 나타내었으나, 열처리 조건에 따른 감귤의 당/산 비율의 변화 영향은 매우 미미하였다(Fig. 34).

생체중량 감소의 경우 무처리 대조구, 열수 및 열풍(45℃, 4시간) 처리구 시료는 4주간의 저장기간 동안 7.4-7.6%까지 선형적으로 중량감소 경향을 나타내었으나, 45℃에서 8시간동

안 열풍 처리한 부지화 감귤은 처리직후부터 2.1%의 생체중량 감소를 나타내었을 뿐만 아니라 이후 저장 중 다른 시험구에 비해 유의적으로 높게 유지되었다(Fig. 34). 이는 상대적으로 장시간의 열풍처리로 인해 부지화 감귤의 수분증발이 현저하게 일어났기 때문이지만, 다른 처리구에서는 생체중량 감소에 대한 열처리의 영향이 매우 미미하였다. 그러나 과실 경도는 온주감귤에서와 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 구분 없이 거의 일정하게 유지되다가 저장말기에 다소 경도가 저하되는 양상을 나타내었으나 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 저장 중 생체중량 감소가 현저하게 진행된다면 과실의 경도가 낮아지고 외관상 쪼그라들어 보이는 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 또는 증가의 경향을 나타내지 않는 경우가 많다. 한편 저장 중 감귤의 표피색은 열처리 여부와 관계없이 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 부지화 감귤의 표면색 지표 값은 4주간의 저장기간 동안 L\*와 b\*가 1-2 단위 가량 감소하였고 a\*는 2-3 단위 증가하는 경향을 나타내었으나 오차범위 내에서의 증감이었을 뿐 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 지극히 어려운 수준이었다(Fig. 35 & 36).

부지화 감귤의 부패과는 저장 3주까지 전혀 발견되지 않았으며 온도전환(5°C→18°C)을 거쳐 저장 4주후에야 비로서 5% 이내의 수준에서 꼭지 썩음과 곰팡이 썩음 현상이 나타났고 표피 흑변 증상은 나타나지 않았다. 부지화 감귤의 경우 온주감귤에서 흔히 발견되는 표피 흑변 보다는 꼭지부분의 변색이 두드러지게 나타났으며, 이는 저장 4주후에 처리구에 따라 30-70% 수준까지 발생하였다. 전반적으로 저장 1-2주 만에 꼭지 썩음을 보이기 시작한 온주감귤에 비해서 부지화 감귤은 훨씬 느리게 부패가 진행되었다고 볼 수 있는데, 이는 노지가 아닌 가온시설 내에서 재배되는 부지화 감귤의 특성상 초기 미생물의 오염정도가 절대적으로 낮기 때문에 가능하리라 판단된다. 비록 부지화 감귤의 부패과 발생빈도가 매우 낮은 수준이었지만 그럼에도 불구하고 열풍처리는 아무런 영향을 미치지 못 한데 반해 열수처리는 꼭지 썩음과 곰팡이 썩음의 부패율 저하에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다(Fig. 37). 이러한 열수처리의 부패 억제효과는 앞서 언급하였듯이 직접적인 균체 사멸효과보다는 주로 표면 세척효과 혹은 일부 포자 발아억제 등에 기인한 것으로 이해된다.

조건별 열처리에 따른 부지화 감귤의 저장 중 관능특성 변화를 평가하고자 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시한 결과, 저장기간 동안 처리구간에 현저한 차이를 구분할

수 없었으나 열수처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 더 우수하게 평가된 반면 열풍처리는 전반적으로 감귤의 품질유지에 불리한 것으로 나타났다 (Table 6). 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬의 경우 열수처리에 의해 다소 억제되었고, 팽택과 종합적인 외관품질은 열수처리구에서 전체적으로 더 높게 평가되었다. 한편 감귤의 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목도 열수처리에 의해 긍정적인 영향을 받았으며, 종합적인 품질은 저장기간에 따라 유의적 차이가 아니더라도 열수처리구에서 더 높게 나타났다. 온주감귤의 경우 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되었으나 부지화 감귤에서는 그 차이를 구분할 수 없었는데, 이는 품종에 따라 과피의 두께 및 조직 강도가 다르기 때문에 가능한 결과로 이해된다. 이러한 관능평가 결과로부터 본 연구에서 적용한 52℃, 2분 또는 60℃, 20초의 열수처리는 저장 중 부지화 감귤의 외관품질 및 체감품질 유지에 유의한 효과를 미치는 것으로 판단되었다.

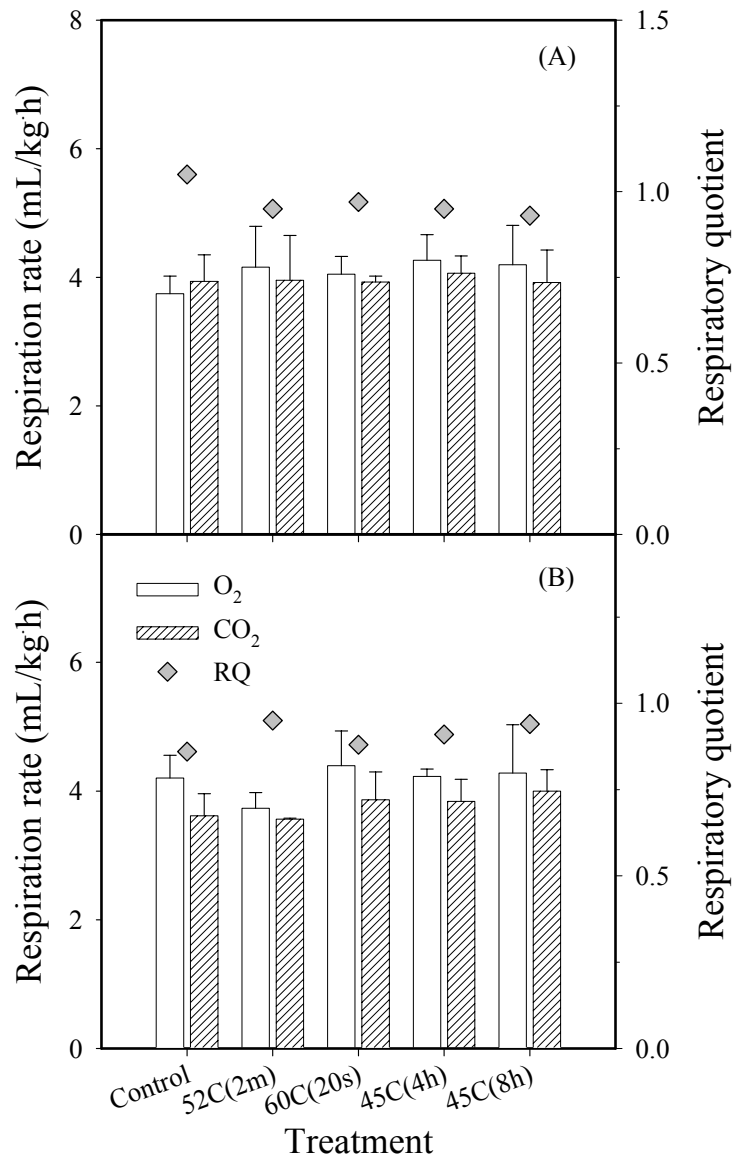


Fig. 31. Changes in respiration rate of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days. (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

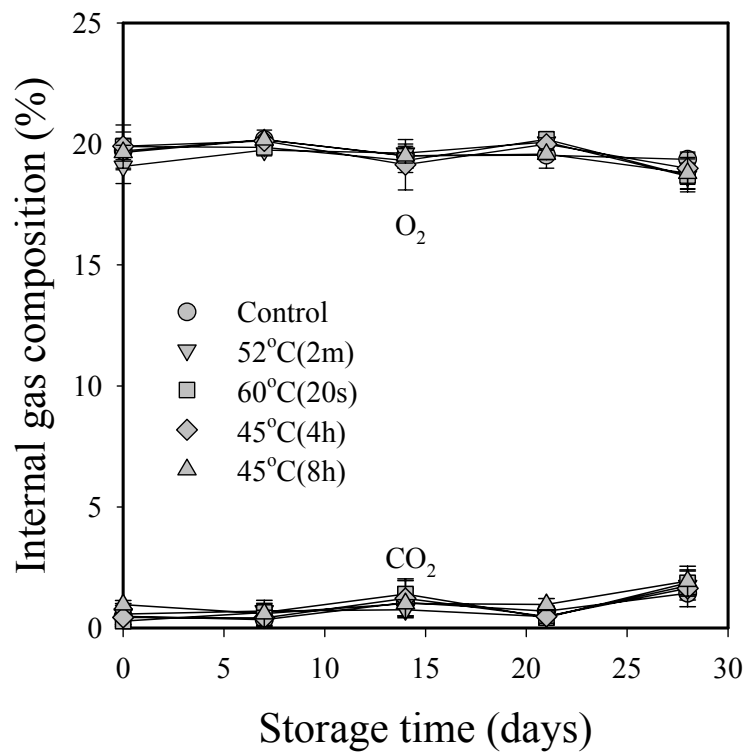


Fig. 32. Changes in internal gas composition of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



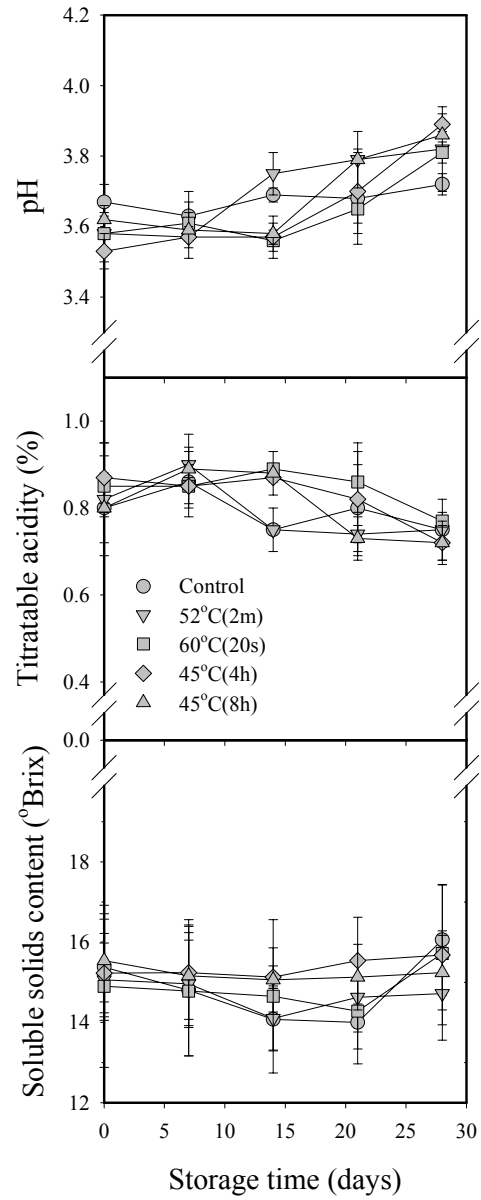


Fig. 33. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

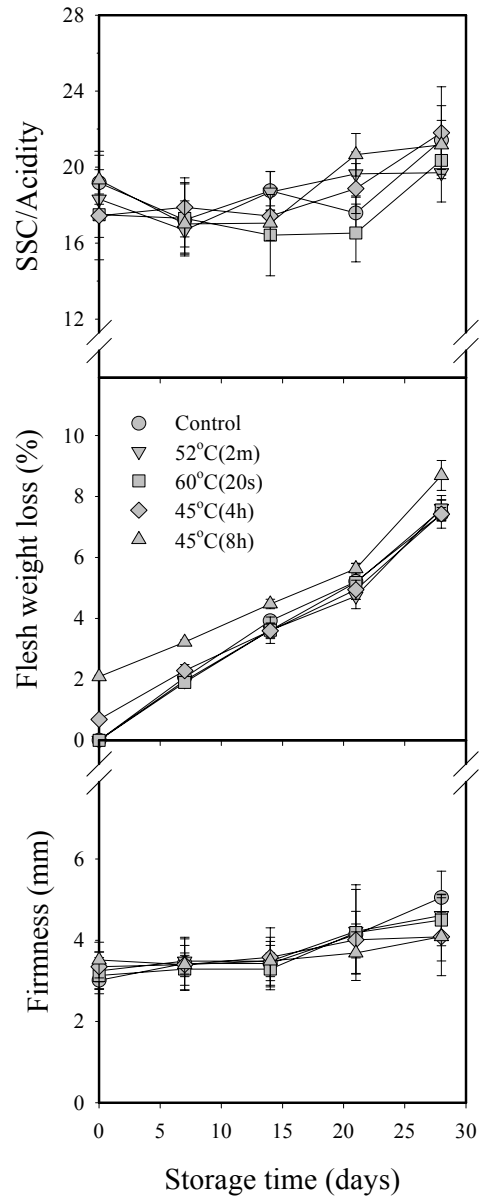


Fig. 34. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

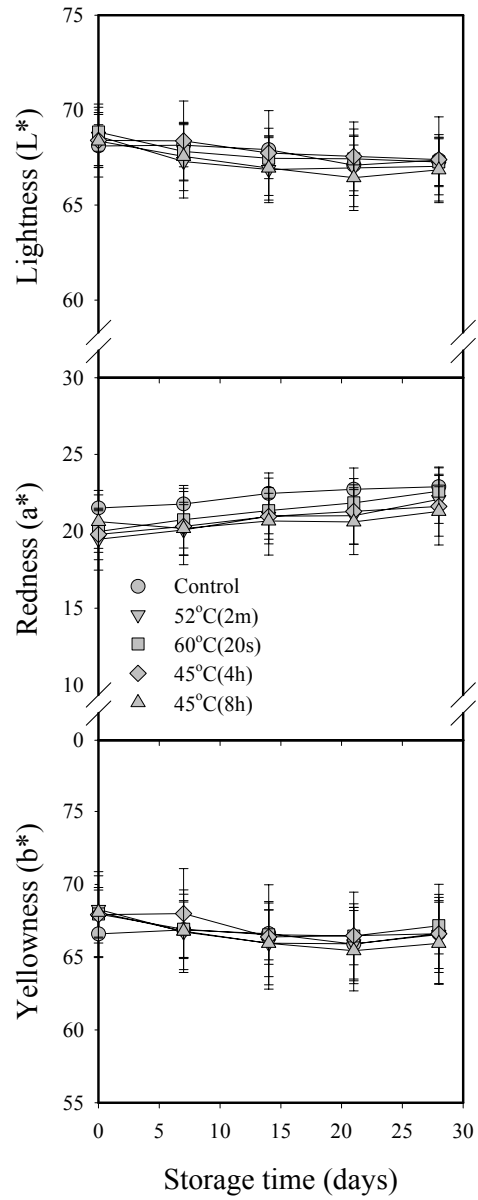


Fig. 35. Changes in peel color of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



Fig. 36. Changes in appearance of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

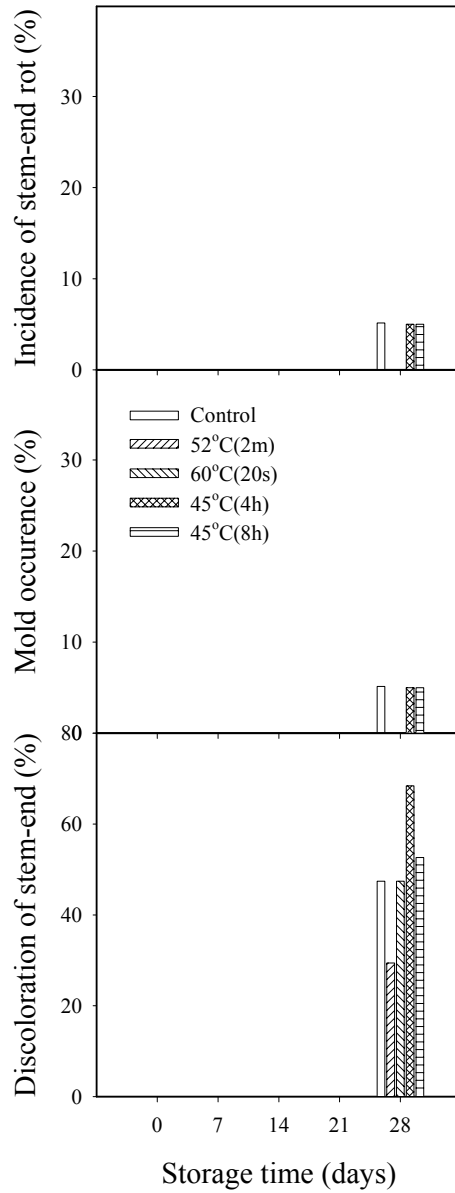


Fig. 37. Changes in decay ratio of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 6. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of Shiranuhi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	3.3 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	3.2 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.0 <sup>a</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	4.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
7	Control	4.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>
	52°C (2m)	4.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>
	60°C (20s)	3.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>
	45°C (8h)	3.9 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>
14	Control	3.2 <sup>c</sup>	3.4 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	4.0 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.4 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	5.1 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	6.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>	2.7 <sup>c</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>
21	Control	4.5 <sup>bc</sup>	4.1 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	3.3 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.9 <sup>c</sup>	3.6 <sup>c</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>bc</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	5.4 <sup>b</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	7.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	1.8 <sup>c</sup>	2.3 <sup>c</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	3.8 <sup>c</sup>	3.9 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>
28	Control	5.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>bc</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>bc</sup>
	52°C (2m)	3.6 <sup>b</sup>	3.6 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	5.2 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>
	45°C (4h)	5.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>abc</sup>
	45°C (8h)	6.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	4.1 <sup>c</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

교잡 감귤류인 청견을 대상으로 부지화와 마찬가지로 각기 다른 조건에서 열풍 및 열수 처리를 하고 호흡률을 측정한 결과, 청견의 호흡률은 무처리 대조구가 3.93 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 4.30 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 처리직후 열수 및 열풍 처리구는 각각 3.96-4.75 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 4.20-4.73 mL CO<sub>2</sub>/kg·h 수준으로 처리조건에 따라 호흡률이 다소 증가하였다(Fig. 38). 부지화 감귤의 초기 호흡률이 3.75 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.94 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인 것을 감안하면 청견이나 부지화는 교잡 감귤로서 거의 동일한 호흡량을 갖는다고 판단된다. 그러나 5°C에서 21일간 저장한 다음 측정한 청견의 호흡률은 온주감귤이나 부지화에서와 마찬가지로 시험구간의 일정한 차이를 구분할 수 없었고, 다만 열풍처리구에서는 CO<sub>2</sub> 생성율이 상대적으로 낮아 호흡지수가 0.75 정도로 나타났다. 식물체의 충분한 열처리 직후 호흡률 증가는 표면 또는 내부의 손상부위를 회복시키기 위한 대사작용에 기인하거나 혹은 유기산 대사가 증진되기 때문으로 알려져 있는데, 온도상승에 따라 투과성이 커진 tonoplast 막을 통해 말산(malic acid)이 유입되면 malate decarboxylase 활성이 증대되어 CO<sub>2</sub> 생성량이 증가하고 말산 기질이 다 소비되면 CO<sub>2</sub> 생성량이 감소하게 된다. 열풍 처리된 청견의 호흡지수가 처리직후에 비해 저장 3주후에 매우 낮게 나타난 것은 유기산 대사의 증진과 밀접한 관련이 있다고 본다. 한편 과정부를 통해 과실내부의 기체조성을 측정하고자 시도하였으나, 청견의 경우 온주감귤이나 부지화와는 달리 과실내부에 빈공간이 거의 없어 기체시료를 채취하기가 지난하였다.

열처리를 거친 청견의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정한 결과, 청견의 pH는 온주감귤이나 부지화에서와 마찬가지로 처리구간의 차이 없이 약 3.5-3.8 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.88-1.02%에서 저장말기 약 0.71-0.84% 수준으로 점차 감소하였다. 전반적으로 열처리에 따른 차이를 구분할 수 없었으나 45°C, 8시간 열풍처리구의 경우 처리직후 유기산 함량의 감소로 다른 시험구에 비해 pH가 높고 산도가 낮게 나타났다(Fig. 39). 청견의 가용성 고형분 함량은 전체 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 11.3-12.5 °Brix 범위 내에서 유지되었다. 이는 일반적인 온주감귤의 가용성 고형분 함량인 10.1-12.0 °Brix보다 다소 높은 수준이지만, 유사한 교잡 감귤류로서 가온시설에서 재배하는 부지화의 당도보다는 약 3.0 °Brix 정도 낮은 편이다. 한편 청견의 당/산 비율은 저장 2주까지 12.2-13.6 수준에서 일정하게 유지되다가 이후 일제히 증가하는 경향을 나타내었으나, 열처리 조건에 따른 당/산 비율의 변화는 유의적인 경향을 나타내지 못 하였다(Fig. 40).

과실의 생체중량 감소는 예상했던 바와 같이 처리직후 열풍처리구에서 유의적으로

높게 나타났고 열수처리구에서는 무처리 대조구와의 차이를 구분할 수 없었다(Fig. 40). 무처리 대조구와 열수처리구 시료는 저장 3주까지 1.3-1.5% 수준의 중량감소를 나타내다가 이후 저장 온도전환(5°C→18°C)에 따라 급격히 증가하는 양상을 나타내어 저장 4주후에는 약 3.5% 내외로 생체중량이 감소되었다. 45°C에서 4, 8시간동안 열풍 처리한 청견은 처리 직후부터 약 0.7%, 1.9%의 생체중량 감소를 나타내었으며, 특히 8시간 처리구는 저장 중 다른 시험구에 비해 확연하게 높은 수준의 중량감소를 유지하였다. 이는 상대적으로 장시간의 열풍처리로 인해 청견 감귤의 수분증발이 현저하게 일어났기 때문이지만, 다른 처리구에서는 생체중량 감소에 대한 열처리의 영향이 매우 미미하였다. 한편 과실 경도는 온주감귤이나 부지화에서와 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 구분 없이 거의 일정하게 유지되다가 저장말기에 다소 경도가 저하되는 양상을 나타내었으나 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 과일을 저장하는 동안 생체중량이 현저하게 감소하면 과실의 경도가 낮아지고 외관상 쪼그라들어 보이는 외조현상이 일어날 수 있으나, 경도 변화의 경우 단순히 수분함량보다는 표피와 과육 조직의 복합적인 인자에 의해 좌우되기 때문에 일정한 감소 또는 증가의 경향을 나타내지 않는 경우가 흔하다. 한편 청견의 표피 색은 외관상 열처리 여부와 관계없이 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 청견의 표면색 지표 값은 저장기간 동안 L\*가 1-2 단위 가량 감소하였고 a\*는 21.6-24.5 범위에서 유지되었으나 b\*는 저장 3주까지 증가했다가 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 색 지표상의 변화는 오차범위 내에서의 증감이었을 뿐 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 지극히 어려운 수준이었다(Fig. 41 & 42).

저장 중 부패 과실 발생에 있어서 청견의 경우 열처리 여부에 관계없이 저장 4주째까지 꼭지 변색, 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음 등의 증세가 거의 발견되지 않아 처리구간의 비교가 불가능하였다. 앞서 살펴보았듯이 청견과 마찬가지로 교잡 감귤류인 부지화 감귤에서도 부패과는 저장 3주까지 전혀 발견되지 않다가 온도전환(5°C→18°C)을 거쳐 저장 4주후에 이르러서 약 5% 수준의 꼭지 썩음과 곰팡이 썩음 현상이 나타났다. 이와 같이 만귤류에서 부패과 발생이 적은 것은 노지가 아닌 가온시설 내에서 재배되는 교잡 감귤의 특성상 초기 미생물의 오염정도가 절대적으로 낮기 때문에 가능할 것으로 판단된다.

열처리 조건에 따른 청견의 저장 중 관능특성 변화를 평가하고자 다양한 외관품질 및 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시한 결과, 저장기간 동안 처리구간에 현저한 차이를 구분할 수 없었으나 열수처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 더 우수한 점수를 얻은 반면 열풍처리는 전반적으로 초기 품질유지에 그다지 유의



한 영향이 없는 것으로 나타났다(Table 7). 청견 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시듬은 열수처리에 의해 다소 억제되었고, 광택과 종합적인 외관품질은 열수처리구에서 대체로 더 높게 평가되었다. 한편 감귤의 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에서도 열수처리에 의해 긍정적인 효과를 볼 수 있었으며, 종합적인 품질은 저장기간에 따라 유의적 차이가 아니더라도 열수처리구에서 다소 높은 점수를 나타내었다. 앞서 언급하였듯이 온주감귤에서는 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되었으나 청견에서는 부지화와 마찬가지로 그 차이를 구분할 수 없었는데, 이는 품종에 따라 과피의 두께 및 조직 강도가 완전히 달라서 과피 조직에 미치는 열수처리 효과가 상이할 수 있기 때문이다. 결론적으로 만감류인 부지화와 청견의 경우에도 열수처리에 비해 열수처리가 체감품질의 큰 변화 없이 저장 중 부패율 감소 및 초기의 외관 품질을 유지시켜 감귤의 상품성 제고에 보다 효과적인 전처리 방법임을 확인할 수 있었다.

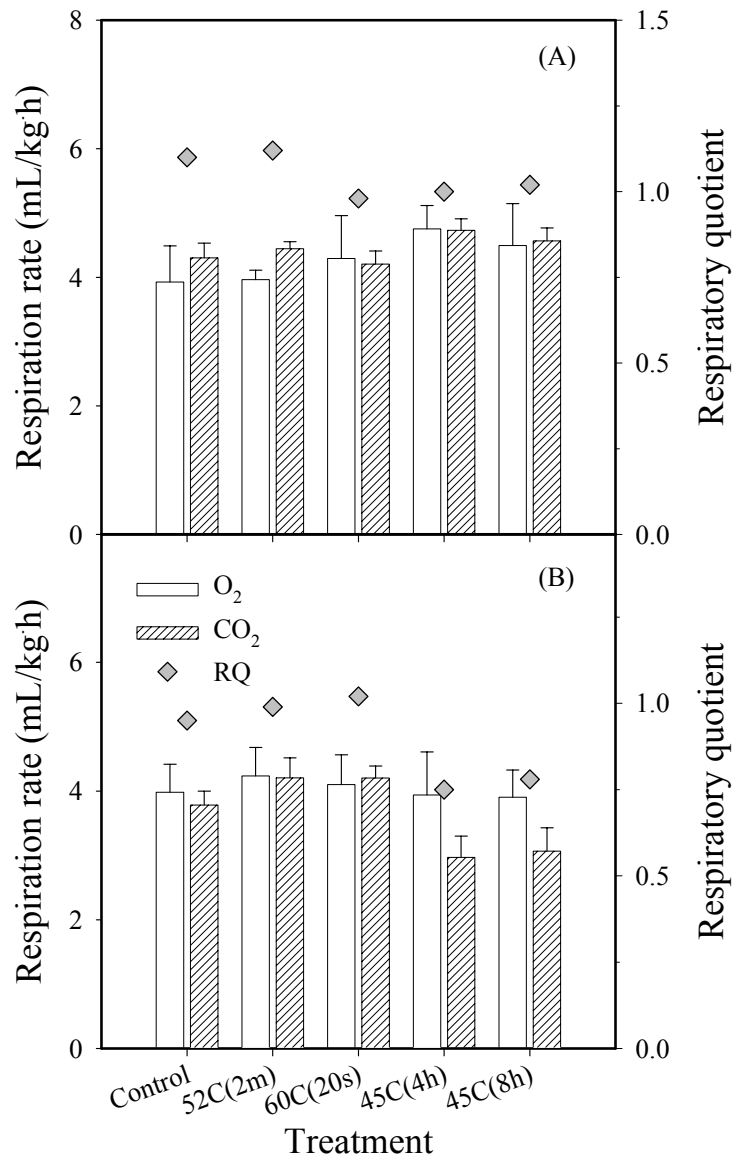


Fig. 38. Changes in respiration rate of Kyomi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days. (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

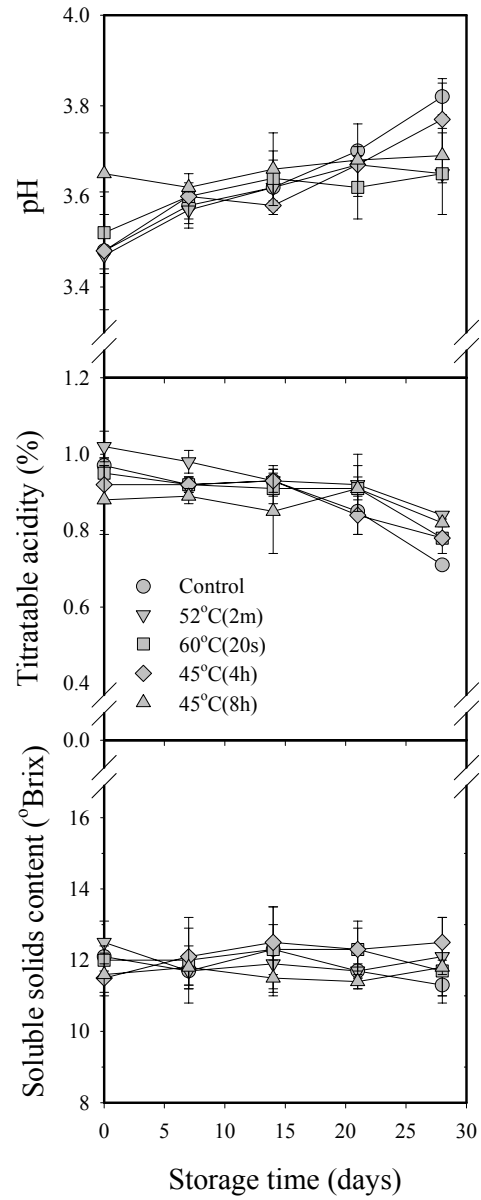


Fig. 39. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of Kyomi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

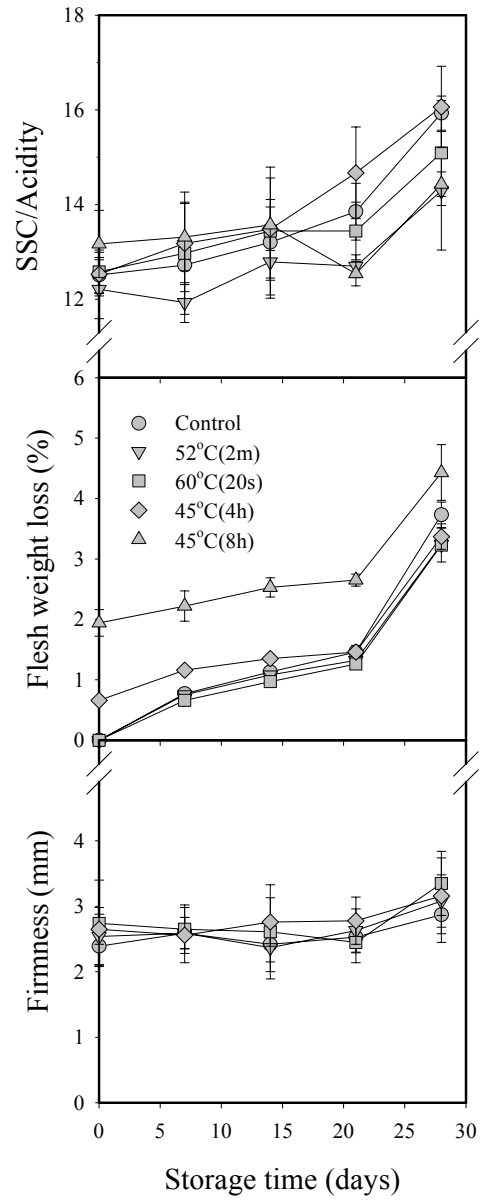


Fig. 40. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of Kyomi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

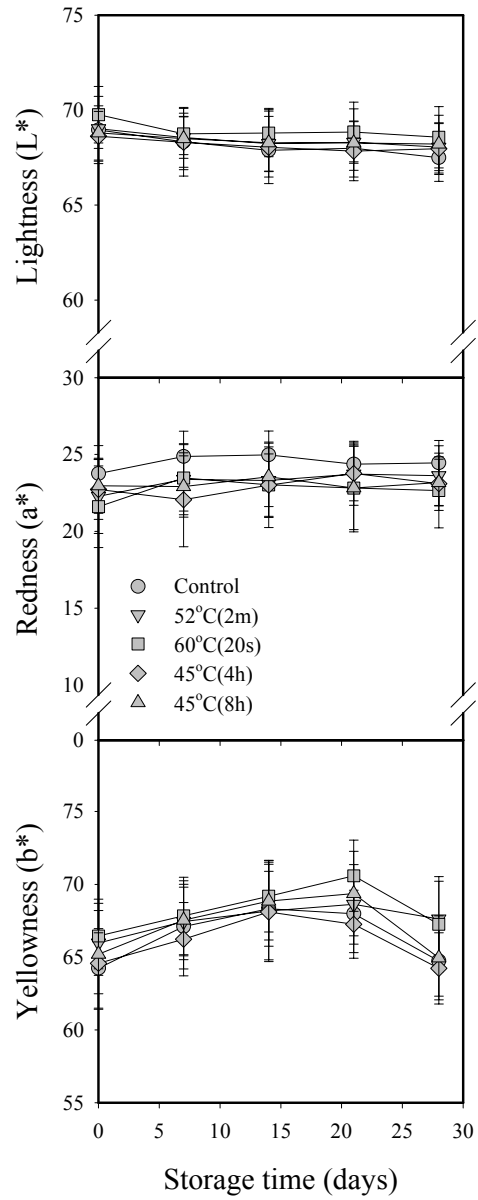


Fig. 41. Changes in peel color of Kyomi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

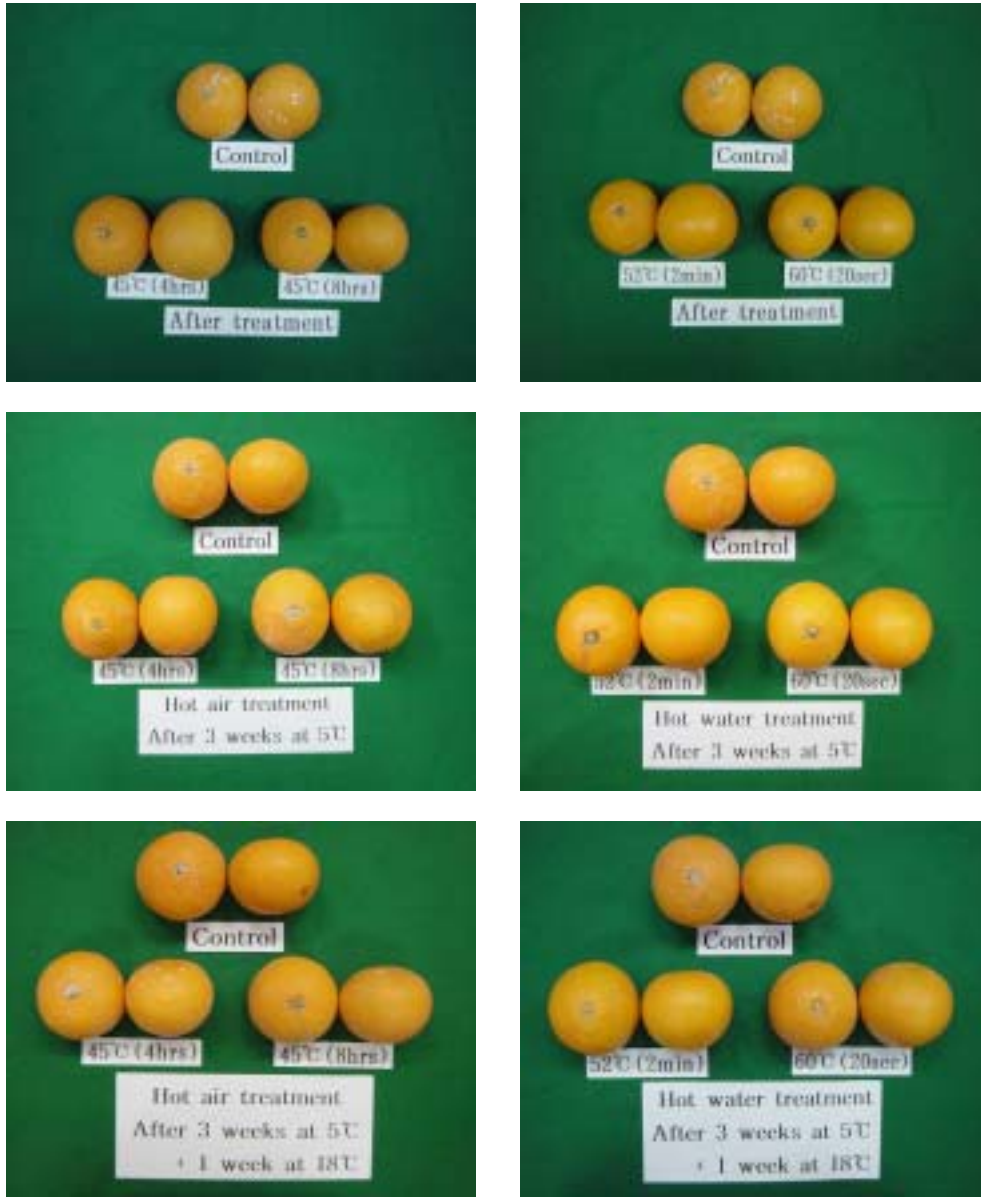


Fig. 42. Changes in appearance of Kyomi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 7. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of Kyomi citrus fruits treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	4.2 <sup>ab</sup>	2.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	2.8 <sup>b</sup>	2.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	2.6 <sup>b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>ab</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	2.8 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	4.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
7	Control	3.6 <sup>a</sup>	3.0 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	4.6 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.4 <sup>a</sup>	2.2 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	4.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
14	Control	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	3.9 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>c</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.9 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>bc</sup>	3.9 <sup>b</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	3.5 <sup>b</sup>	4.2 <sup>abc</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	4.6 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
21	Control	4.2 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>
	52°C (2m)	3.4 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>
	60°C (20s)	4.4 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	5.9 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>
	45°C (8h)	5.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>
28	Control	6.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	4.5 <sup>c</sup>	4.2 <sup>b</sup>
	52°C (2m)	5.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	5.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>abc</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	6.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

무가온 온실시설에서 재배하여 주로 여름에서 초가을 사이에 수확하는 온주감귤을 대상으로 각기 다른 조건에서 열풍 및 열수 처리하였을 때 감귤의 호흡률을 측정된 결과, 무처리 대조구가 2.29 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 2.37 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인데 비해 처리직후 열수 및 열풍처리구는 각각 2.13-2.88 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 2.42-3.03 mL CO<sub>2</sub>/kg·h으로 열풍 처리조건에 따라 호흡률이 일정 수준 증가하였다(Fig. 43). 그러나 5°C에서 21일간 저장한 다음 측정된 온실재배 온주감귤의 호흡률은 조생 온주감귤이나 부지화, 청견에서와 마찬가지로 시험구간의 일정한 차이를 구분할 수 없었다. 참고로 부지화와 청견의 초기 호흡률이 3.75-3.93 mL O<sub>2</sub>/kg·h, 3.94-4.30 mL CO<sub>2</sub>/kg·h인 것을 감안하면 여름철 수확 온주감귤은 훨씬 호흡량이 적은 편이다. 한편 과정부 를 통해 과실내부의 기체조성을 측정하였으나 열처리 조건에 관계없이 저장 중 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도는 시험구간의 유의적인 차이를 구분할 수 없었다. 다만 저장 21일 이후 저장온도의 전환(5°C→18°C)에 따라 모든 시험구에서 과실내부의 O<sub>2</sub> 농도는 2.0% 정도 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 1.5% 가량 증가한 것으로 나타났다(Fig. 44).

열처리를 실시한 온실재배 온주감귤의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정된 결과, 온실재배 온주감귤의 pH는 이전 감귤류와 마찬가지로 처리구간의 차이 없이 pH 3.4-4.0 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.57-0.66%에서 저장말기 약 0.41-0.53% 수준으로 서서히 감소하였으나 열처리에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 45). 온실재배 온주감귤의 가용성 고형분 함량은 4주간의 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 9.5-11.3 °Brix 범위 내에서 유지되었다. 일반적인 조생 온주감귤의 가용성 고형분 함량 10.1-12.0 °Brix에 비해 다소 낮은 수준으로 여름철 강수량의 증가로 인해 수확기에 과실 함수율이 높아진데 기인한 결과로 판단된다. 온실재배 온주감귤의 경우 pH는 일반적인 조생 온주감귤과 큰 차이가 없으나 적정 산도는 더 낮으며, 가용성 고형분 함량도 약 1.0 °Brix 가량 낮은 특성을 갖는다. 한편 당/산 비율은 저장기간 동안 초기에 약 16.2-18.4에서 저장 4주후에 약 19.7-24.1 수준으로 점차 증가하는 양상을 나타내었으나, 열처리 조건에 따른 일관된 당/산 비율의 변화 양상은 발견되지 않았다(Fig. 46).

저장 중 감귤의 생체중량 변화를 측정된 결과, 무처리 대조구와 열수처리구 시료는 저장 3주까지 2.4-2.7% 수준의 중량감소를 나타내다가 이후 저장 온도전환(5°C→18°C)에 따라 급격히 증가하는 양상을 나타내어 저장 4주후에는 약 5.0%까지 생체중량이 감소되었다(Fig. 46). 45°C에서 각각 4, 8시간 열풍 처리한 온실재배 온주감귤은 처리직후부터 약 1.0%, 1.8%의 생체중량 감소를 나타내었으며, 이들 열풍처리구는 저장 중 다른 시험구에 비해 확연하



게 높은 수준의 중량감소를 유지하였다. 이는 비교적 장시간의 열풍처리로 인해 감귤의 수분증발이 현저하게 일어났기 때문이지만, 열수처리구에서는 생체중량 감소에 대한 열처리의 영향이 무시할 만 하였다. 그러나 과실 경도는 다른 감귤류에서와 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 구분 없이 거의 일정하게 유지되었다(Fig. 46). 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 또는 증가의 경향을 나타내지 않는 경우가 많이 있다. 한편 온실재배 온주감귤의 표피 색은 열처리 여부와 관계없이 저장 중 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 감귤의 표면색 지표 값은 전체 저장기간 동안  $L^*$ 는 변화 없이 일정하였고  $a^*$ 는 5-6 단위 증가하는 경향을 나타내었으며  $b^*$ 는 3-4 단위 가량 감소하였으나 오차범위 내에서의 증감이었을 뿐 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 지극히 어려운 수준이었다(Fig. 47 & 48). 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 부패과 발생빈도는 저장 2주째에 무처리 대조구의 꼭지 썩음과 곰팡이 썩음 증세를 시작으로 저장 3주째에 꼭지 썩음 25%, 곰팡이 썩음 20%, 표피 흑변 15%로 증가하였으며 온도전환( $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 18^{\circ}\text{C}$ )을 거쳐 저장 4주후에는 꼭지 썩음 65%, 곰팡이 썩음 60%, 표피 흑변 50%의 수준을 나타내었다. 이는 수확 후 약제처리나 예조처리를 하지 않은 감귤을 시료로 사용했기 때문에 대략 저장 1-2주 만에 꼭지 썩음을 보이기 시작한 조생 온주감귤과 비슷한 속도로 부패가 진행되었다고 볼 수 있으며, 부지화나 청견과 마찬가지로 시설 내에서 재배하더라도 온주감귤은 품종 특성상 미생물의 초기 오염정도가 기타 감귤류에 비해 상대적으로 더 높는데 기인한 결과로 이해된다. 전반적으로 열처리는 온실재배 온주감귤의 부패 발생률을 상당히 억제하는 효과가 있었으며, 예상했던 바와 같이 열풍처리보다는 열수처리에 의해 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등의 부패증세를 무처리 대조구의 50% 이하 수준으로 현저하게 줄일 수 있었다(Fig. 49). 이러한 열수처리의 부패 억제효과는 앞서 언급하였듯이 직접적인 균체 사멸효과보다는 주로 표면 세척효과 혹은 일부 포자 발아억제 등에 의한 것으로 추정된다. 일반적으로 알려진 열수처리의 주요 효과는 과일 표피층에 있는 wax를 녹여 과실의 성장 중에 생긴 틈이나 거친 표면을 균일하게 만드는 것으로, 이는 병원균이 침투할 수 있는 틈이나 기공을 막아줌으로서 일종의 방어 막을 형성하는 효

과이다. 이러한 표피의 변형은 병원균 감염경로에 영향을 주어 germ tube 형성에 지장을 초래하고 결국에는 병원균 증식에도 영향을 미치게 된다. 그러나 온주감귤은 보고된 다른 감귤류와 달리 표피가 얇고 유사한 처리조건에서도 wax 층이 용융되지 않아 열수처리로 인한 wax 도포효과는 거의 기대할 수 없었으며 단지 열수에 의한 표면 미생물의 세척효과를 기대할 수 있을 뿐이었다.

열수와 열풍처리 조건을 달리하여 열처리한 온실재배 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 확인하고자 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다. 관능검사 결과, 저장기간별로 처리구간에 현저한 평가점수 차이를 발견할 수 없었으나 열수처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 더 우수하게 평가되었고 열풍처리도 전반적으로 감귤의 품질유지에 유익한 영향을 미친 것으로 밝혀졌다(Table 8). 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬에서는 열수처리에 의해 상당히 억제되었고, 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, 종합 품질에 대한 평가도 저장기간에 따른 유의적 차이가 아니지만 열수처리구에서 확실히 높게 나타났다. 온주감귤의 경우 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되기 쉬운데, 본 연구에서는 저장 중 통계적으로 유의적인 박피성 차이를 구분할 수 없었다. 종합적으로 열수처리와 비교하여 열풍처리는 온실재배 온주감귤의 외관품질 및 체감품질을 향상시키지 못하였으나 적어도 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 이러한 관능검사 결과로부터 본 연구에서 적용한 52℃, 2분 또는 60℃, 20초의 열수처리는 저장 중 온실재배 온주감귤의 외관품질 및 체감품질 유지에 매우 효과적임을 알 수 있었다.

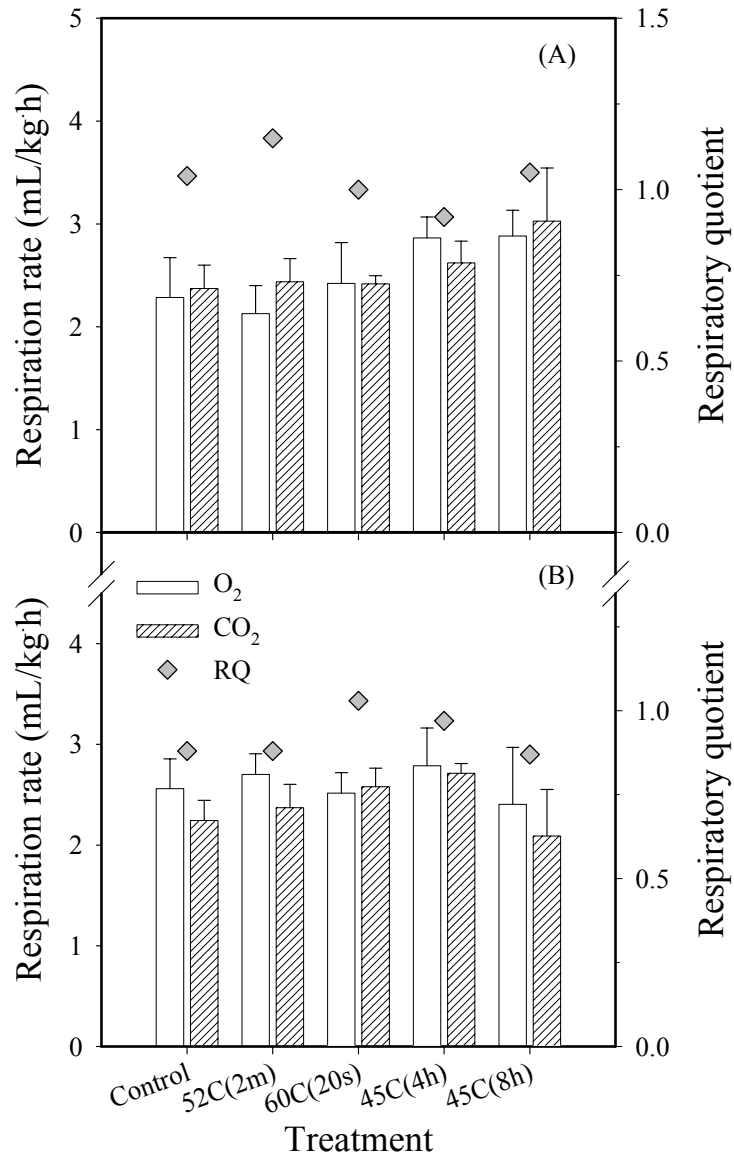


Fig. 43. Changes in respiration rate of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days. (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

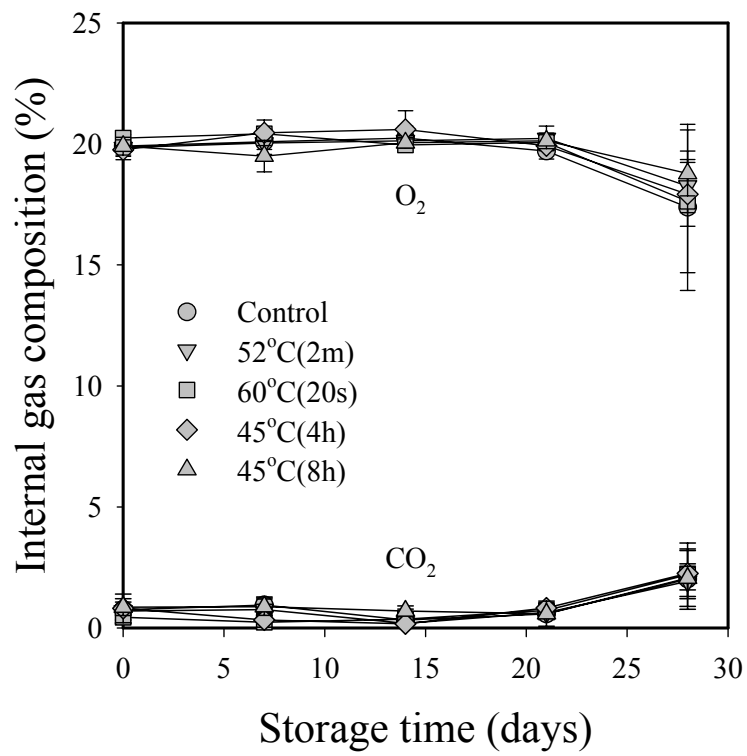


Fig. 44. Changes in internal gas composition of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

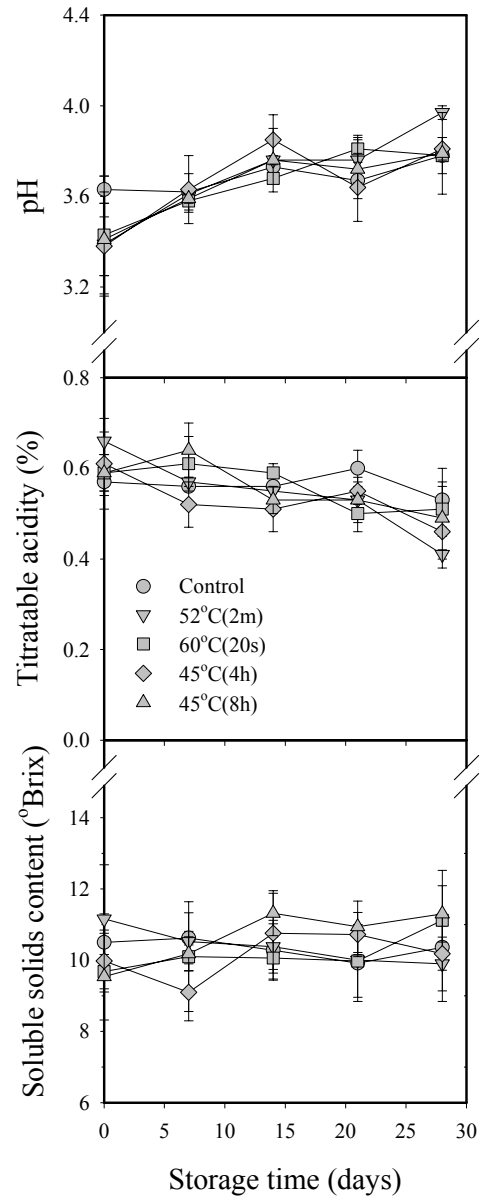


Fig. 45. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

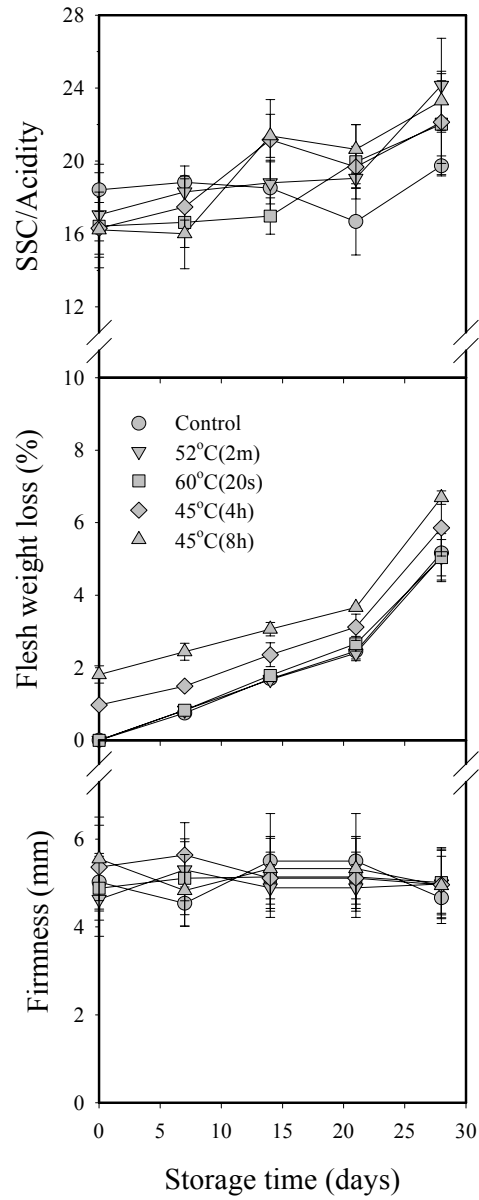


Fig. 46. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

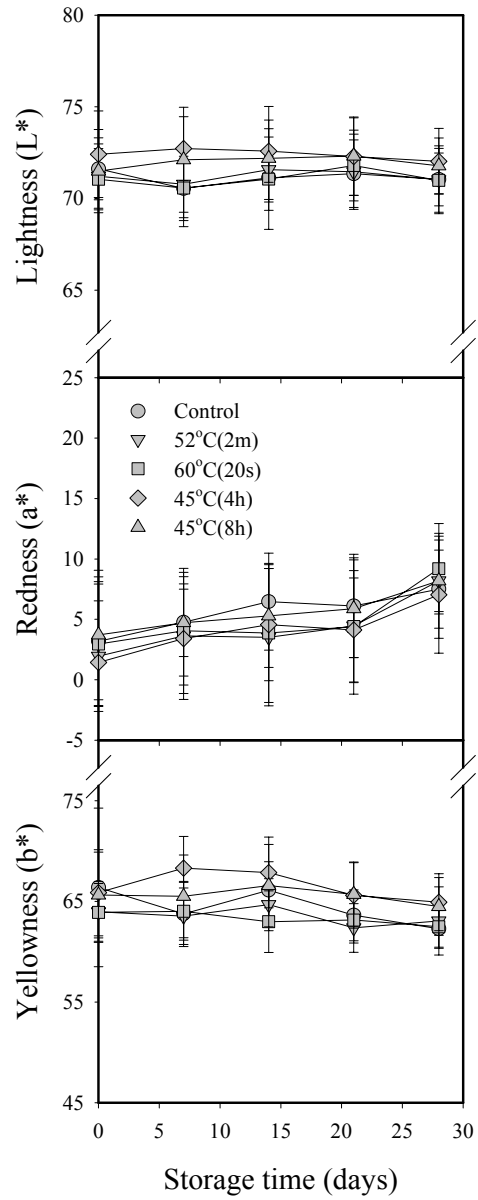


Fig. 47. Changes in peel color of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

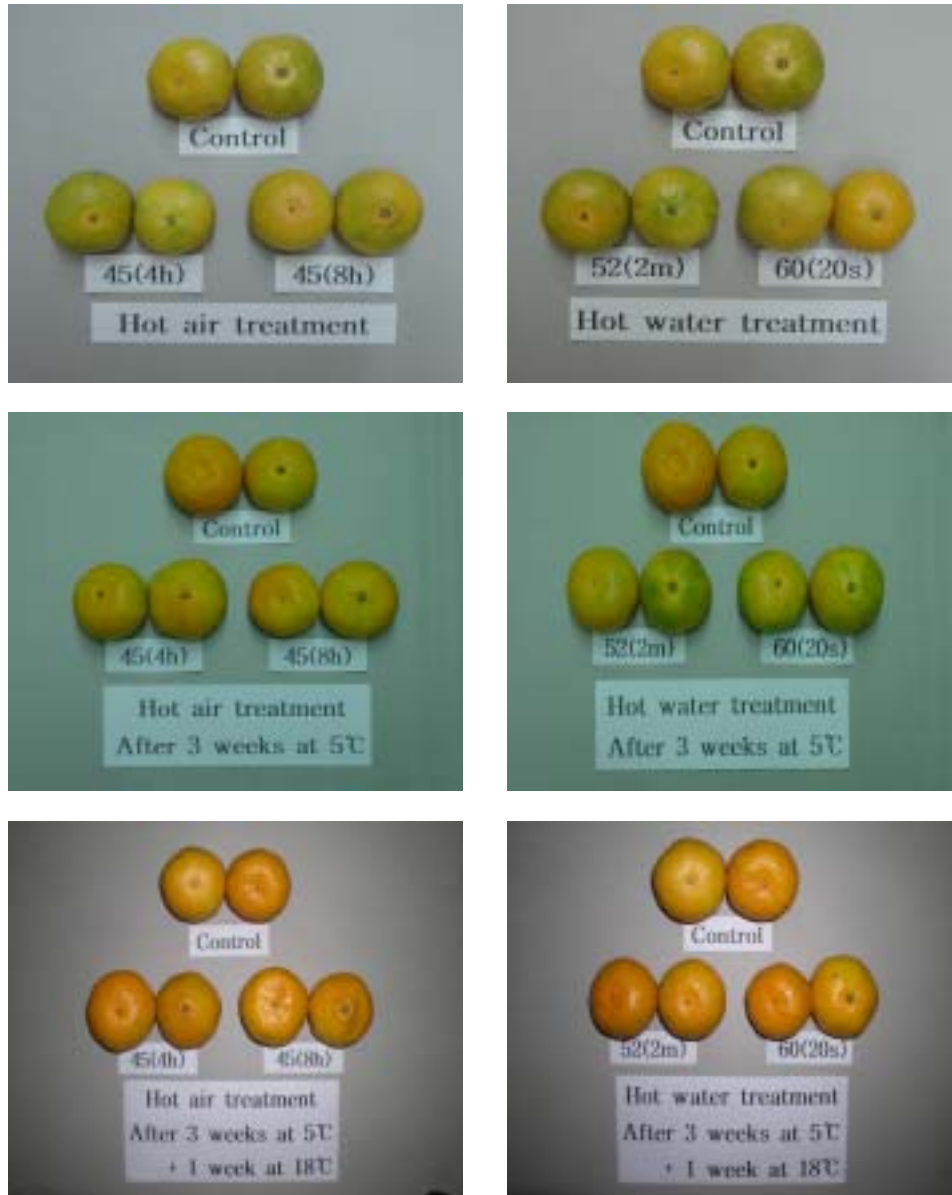


Fig. 48. Changes in appearance of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



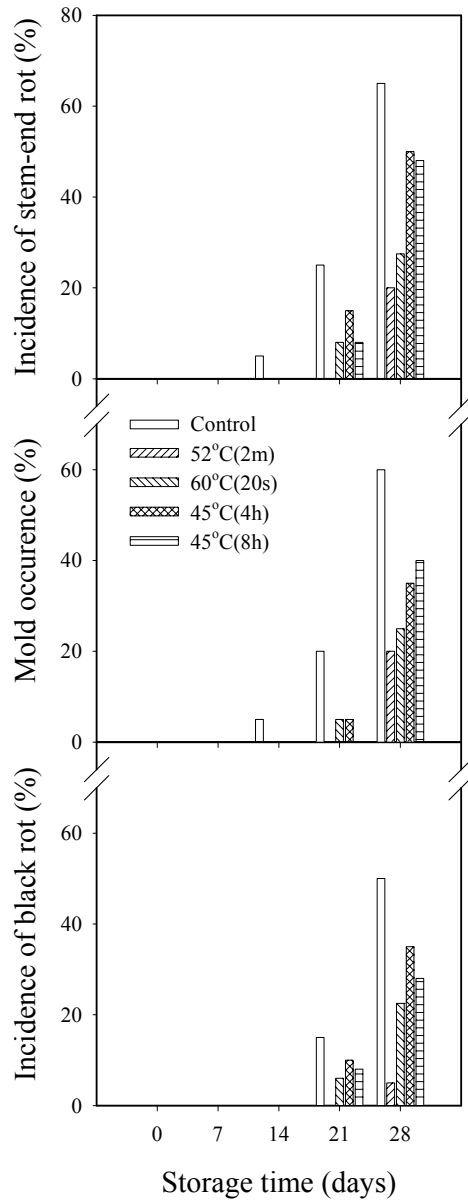


Fig. 49. Changes in decay ratio of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 8. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and hot air at varied conditions during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	4.1 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>
	52°C (2m)	3.2 <sup>ab</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.7 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>
	45°C (8h)	2.6 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>
7	Control	4.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	4.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>abc</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>bc</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>c</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	3.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	2.6 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
14	Control	4.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	3.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	3.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.5 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	3.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
21	Control	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	52°C (2m)	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
	60°C (20s)	4.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	45°C (4h)	4.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	45°C (8h)	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
28	Control	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>					
	52°C (2m)	3.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>					
	60°C (20s)	4.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	45°C (4h)	5.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>					
	45°C (8h)	4.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>					

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

## 6. 열처리 및 첨가제 병용에 따른 감귤의 저장 안정성 확인

감귤의 저장유통 중 부패 감소 및 상품성 제고를 위하여 열수처리와 병행해서 사용할 수 있는 화학약제의 적용 가능성을 평가하고자, 다양한 농도의 여러 가지 약제가 각기 첨가된 열수에 조생 온주감귤을 일정 시간 침지 처리한 후 관능적 품질특성 변화를 중심으로 병용 처리효과를 살펴보았다. 본 연구에서 사용된 화학약제는 sodium carbonate, calcium chloride, potassium sorbate, sodium benzoate, ammonium molybdate, sodium acetate, sodium citrate, ethylene diamine tetraacetic acid(EDTA), hydrogen peroxide 등으로 일반적으로 식품의 미생물 오염 억제 목적을 목적으로 자주 사용하거나(GRAS 등급) 현재 그 사용 가능성을 활발히 연구하고 있는 물질을 위주로 하여 선정하였다.

구체적으로 이들 약제의 특성과 사용 예를 살펴보면 다음과 같다. Sodium carbonate(SC) 또는 sodium bicarbonate(SBC)는 다양한 용도로 사용되는 식품첨가물로서 식품의 풍미, pH 조절, 식품의 맛과 질감을 바꾸거나 육류와 생선, 과채류의 살균소독제로 사용되고 있다(Corral *et al.*, 1988). SC와 SBC의 살균효과는 일반 방부제와 거의 비슷하며 살균제 대신 쓰이는 다른 처리방법, 예를 들어 열처리나 생물학적인 방법보다 효과가 더 좋은 것으로 알려지고 있다(Porate *et al.*, 2002). 레몬에 녹색곰팡이 균주를 인위적으로 접종한 후 27-40°C의 SC와 SBC 용액에 1.5-2분간 침지시켰을 때 두 가지 모두 이전에 녹색곰팡이 부패를 방지하기 위해 사용된 potassium carbonate, potassium bicarbonate, ammonium bicarbonate보다 포자의 증식을 효과적으로 감소시켰으며(Smilanick *et al.*, 1999), SC를 살균제인 imazalil과 비교하여도 녹색곰팡이 발생을 90% 이상 억제시켜 녹색곰팡이에 대해 비슷하거나 오히려 더 높은 항균효과를 나타내었고, 균주접종 후 48시간이 지난 뒤에 처리해도 비슷한 효과를 나타내었다(Smilanick *et al.*, 1997). 또한, 감귤과 오렌지에 SBC를 처리할 때 상온에서 2-4% SBC 용액에 150초간 침지한 경우 녹색곰팡이가 60% 이상 감소되었다.

수확 후 병충해와 부패를 방지하기 위한 방법으로 칼슘과 열수 병행처리를 일부 과일, 채소류에 적용한 결과 긍정적인 효과를 얻을 수 있었는데, 감자(Hoff and Bartolome, 1972), 고추(Mohammed *et al.*, 1991), 사과(Lurie and Klein, 1992) 등에 열수병용 칼슘처리를 하면 조직이 단단해지고 부패를 방지할 수 있었다. 또한 Cantaloupes 편의가공품을 60°C의 2.5% CaCl<sub>2</sub> 용액에 1분간 침지한 후 5°C에서 12일 동안 저장하였을 때 과실 경도가 잘 유지되었다(Luna-Guzman *et al.*, 1999). 한편 CaCl<sub>2</sub>의 쓴맛을 해결하기 위해 calcium lactate로 대체가능성을 확인한 결과, 60°C의 2.5% calcium lactate에 1분간 침지한 후 5°C에서 12일 저장하였을 때

CaCl<sub>2</sub> 보다 경도가 높게 유지되었고 풍미도 증진되었다(Luna-Guzman and Barrett, 2000).

유기산은 식품에 일반적으로 쓰이는 범용 보존제로서 acetic, lactic, benzoic, sorbic acid 등이 있다. 이들 유기산은 미생물, 효모, 곰팡이의 증식을 억제하며, 특히 sorbic acid는 효모와 곰팡이 억제제로 주로 사용되고 있다. Acetic acid는 미국에서 GRAS로 승인받았으며 식품의 보존제, 산성화제, 풍미제로 흔히 사용되고 있다. 항균효과를 낼 수 있는 pH 범위는 최대 pH 4.5이며, 0.1% 농도로 미생물의 오염이나 포자의 증식을 방지할 수 있고 해리되지 않은 상태에서는 0.3% 농도에서 독소형 곰팡이의 증식을 억제할 수 있다. Benzoic acid는 자두, 계피에서 자연적으로 생성되며 식품의 풍미제, 향균제, 보조제로 사용되고 있다. 현재 식품에서의 사용 허용량은 0.1%이다. 최대 항균효과는 pH 2.5-4.0에서 나타나며 곰팡이보다 효모나 세균 억제에 더 효과적이다. 나트륨 염 형태의 벤조산은 물에 잘 용해되므로 여러 식품에 향균제로 사용되고 있다. 흔히 사용되는 향균제 가운데 sorbic acid는 특히 세균 보다 효모나 곰팡이 억제에 더 효과적인데, 일반적인 약산과 달리 세포질 막과 솔빈산간에 지질 친화력이 높아 비교적 높은 pH 상태에서도 세포막 안으로 쉽게 확산될 수 있어 넓은 pH 범위(최대 pH 6.5)에서 항균효과를 나타낸다(Stratford and Anslow, 1998). 이러한 유기산을 열수에 첨가하여 사용함으로써 농산물의 부패 방지효과를 얻을 수 있었다(Palou *et al.*, 2002). Potassium sorbate, sodium benzoate, 이들 혼합물을 열수로 처리한 과일에서 녹색곰팡이 발생율이 75% 이상 감소하였으며 이는 sodium carbonate나 calcium polysulphide로 처리했을 때와 비슷한 수준이다. 또한 sodium benzoate, potassium sorbate, ammonium molybdate를 첨가한 경우 오렌지의 녹색곰팡이와 푸른곰팡이 발생율이 무처리 대조구에 비해 50% 이상 감소하였다.

Ammonium molybdate는 일부 농산물에 사용되고 있는 항진균제로서 최근 질소화합물이 생물학적 길항작용을 향상시킬 수 있는 것으로 밝혀졌다. 예를 들어 ammonium molybdate를 *Candida sake*에 첨가하였을 때 사과와 배에서 발생하는 푸른곰팡이의 억제율이 높아졌다. 사과에서 발생하는 푸른곰팡이와 녹색 곰팡이를 제거하기 위하여 ammonium molybdate를 사용한 결과, 15 mM 농도로 *P. expansum*, *B. cinerea*, *R. stolonifer*의 생육환 직경을 각각 84%, 88%, 100%씩 감소시켰고 1°C에 저장한 후에도 *P. expansum*, *B. cinerea*의 발생이 크게 줄어들어 과일류의 부패방지에 효과적이었다(Nunes *et al.*, 2001).

과산화수소는 식품의 표백제, 산화/환원제, 향균제로 주로 사용되며, 과채류 표면에 오염된 미생물을 줄이기 위한 목적으로도 사용되므로 포도의 부패 방지제, 버섯 세척제, 샐러드용 채소 및 편의가공품의 보존제로 사용되고 있다. 오이, 녹색 피망, 호박 등을 5-10% 과산

화수소수에 2분 이상 침지하면 연부현상을 방지할 수 있었고, 메론 편의가공품을 5% 과산화수소수로 처리했을 때 저장성이 향상되었다(Gerald *et al.*, 1998). 호박 편의가공품의 경우 과산화수소수 처리가 염소수 세척보다 효과적이었고, 버섯, 호박, 멜론에서는 과산화수소수 처리로 *Pseudomonas* 세균을 90%까지 감소시킬 수 있었으며 처리효과가 4°C에서 5일간 지속되었다. 또한 오렌지, 사과, 토마토를 1.5% lactic acid와 1.5% 과산화수소수에 15분간 침지했을 때 병원균이 효과적으로 감소하였다. 양상추를 통째로 22°C의 1.5% lactic acid와 2% 과산화수소수에 5분간 침지하면 외관 및 색 변화 없이 *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*를 효과적으로 감소시켰다. 그러나 lactic acid를 사용한 경우 이취와 이미가 발생하였기 때문에 열처리를 병용한 결과, iceberg 양상추 편의가공품을 50°C의 2% 과산화수소수에 60초간 침지했을 때 관능적으로 우수하였고 항균효과가 향상되어 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella enteritidis*는 4 log 이상 감소되었고 *Listeria monocytogenes*는 3 log 이상 감소되었다고 한다(Lin *et al.*, 2002).

본 연구에서는 선행 연구사례를 종합적으로 검토하여 화학약제 농도를 0.25-1.0%(20-90 mM) sodium carbonate, 0.1-0.5%(10-50 mM) calcium chloride, 0.2-0.8%(10-50 mM) potassium sorbate, 0.2-0.8%(10-60 mM) sodium benzoate, 0.0075-0.03%(0.06-0.24 mM) ammonium molybdate, 0.1-0.5%(12-60 mM) sodium acetate, 0.1-0.5%(3.4-17 mM) sodium citrate, 0.1-3.0%(30-880 mM) hydrogen peroxide, 0.05-0.2% (1.3-5.3 mM) EDTA로 조절하고 각각의 수용액을 52°C로 가열 유지시키면서 감귤을 2분간 침지하여 약제와 열수 병용처리를 실시하였다. 이들 처리된 감귤을 18°C에서 8일간 저장한 후, 표면 광택, 시늬, 경도, 표면 산화, 이취, 이미 등의 관능적 특성을 중심으로 품질 변화를 측정된 결과 Table 9에 나타낸 바와 같았다. 표면 광택의 경우 열수처리에 의해 전반적으로 향상되었으며 시험구 가운데 sodium citrate 처리구가 가장 향상되었으나, sodium acetate와 EDTA로 처리한 시료는 거의 영향을 받지 않았고 hydrogen peroxide 처리구는 적용농도가 높아질수록 광택이 다소 감소하였다. 시늬 항목에서는 대부분의 처리구가 약제와 열수 병용처리에 의해 영향을 받지 않았으나 hydrogen peroxide는 적용농도가 높아지면서 현저하게 악영향을 미치는 것으로 나타났다. 감귤의 경도는 열수처리에 의해 전반적으로 증가하는 양상을 보였으며, 특히 calcium chloride 처리구에서 확연히 구분되게 경도 증가를 확인할 수 있었다. 또한 표면 산화의 경우 다른 처리구에서는 아무런 변화를 찾아 볼 수 없었으나, hydrogen peroxide 처리구에서는 적용농도가 0.5% 이상일 때 외관상 분명하게 감귤의 표피가 탄(산화된) 것을 알 수 있었으며 농도가 높아질수

록 탄 정도가 심하게 나타났다. 한편 약제 처리된 감귤의 이취와 이미 발생 여부는 사용된 약제의 종류와 적용농도에 따라 다르게 나타났는데, 화학적 이취의 경우 sodium carbonate, potassium sorbate, sodium benzoate, ammonium molybdate, sodium acetate, EDTA 처리구 등에서 고농도로 처리했을 때 매우 심각한 수준으로 발생하였고 이미도 마찬가지로 sodium carbonate, potassium sorbate, sodium benzoate, ammonium molybdate 처리구 등에서 확연하게 감지되었다. 결과적으로 화학약제와 열수 병용처리가 표면 광택, 경도의 향상 및 시늬, 표면 산화의 억제 측면에서는 긍정적인 효과를 기대할 수 있겠으나 화학적 이취와 이미 발생에 있어서는 일부 약제가 부적절한 수준을 나타내어, 적정 농도의 약제를 선별적으로 사용할 필요가 있음을 알 수 있었다. 즉, 저장 중 감귤의 부패 억제에 매우 효과적인 화학약제라 할 지라도 종합적으로 관능 품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 점에서 sodium carbonate, potassium sorbate, sodium benzoate, ammonium molybdate 등은 열수 병용처리에 적합하지 않은 것으로 판단되었고, calcium chloride의 경우 경도 및 조직감 개선에는 효과적이거나 부패 억제에는 그다지 유익한 결과를 기대할 수 없다고 판단되었다.

이상의 예비실험을 통하여 열수 병용처리에 적합한 것으로 선발된 sodium acetate(SA), sodium citrate(SC), hydrogen peroxide(HP), EDTA 등의 감귤에 대한 적정 적용 농도를 탐색하고자 농도 범위를 달리한 개별 약제 수용액을 52℃로 가열한 후 감귤을 2분간 침지하여 약제와 열수 병용처리를 재차 실시하였다. 이와 같이 처리된 감귤을 18℃에 10일간 저장하면서 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 화학적 이취, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 10). 관능검사 결과에 나타난 바와 같이 0.05-0.25% sodium acetate, 0.025-0.1% sodium citrate, 0.025-0.1% hydrogen peroxide와 열수 병용 처리시 약제 농도 증가에 따라 저장 중 조생 온주감귤의 외관 및 체감 품질항목에 있어 유의적인 차이를 구분할 수 없이 부패 억제효과를 기대할 수 있었다. 그러나 0.01-0.05% EDTA를 적용한 경우 다른 약제처리와 마찬가지로 무처리 대조구 및 단순 열수처리에 비해 관능적 품질이 비교적 잘 유지되는데 반해 감귤의 부패 억제는 충분한 효과를 거둘 수 없어서 적용 농도를 다소 더 높게 조절할 필요가 있음을 확인하였다.

Table 9. Sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water at 52°C for 2 min and various chemicals in combination after storage of 8 days at 18°C

Treatment	Concentration (%, w/v)	Attributes					
		Gross	Wilting	Hardness	Burning	Chemical off-flavor	Chemical off-taste
Control		-	---	±	N.D.	N.D.	N.D.
HWT (52°C, 2 min)		+	-	++	N.D.	N.D.	N.D.
Sodium carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , M <sub>w</sub> : 106.0)	0.25% (20 mM)	+	±	+	N.D.	++	+
	0.5% (50 mM)	+	±	+	N.D.	+++	+
	1.0% (90 mM)	+	±	+	N.D.	++++	++
Calcium chloride (CaCl <sub>2</sub> , M <sub>w</sub> : 111.0)	0.1% (10 mM)	+	±	+++	N.D.	N.D.	N.D.
	0.25% (20 mM)	+	±	+++	N.D.	+	N.D.
	0.5% (50 mM)	+	±	+++	N.D.	++	+
Potassium sorbate (C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> K, M <sub>w</sub> : 150.22)	0.2% (10 mM)	+	±	++	N.D.	+++	N.D.
	0.4% (30 mM)	+	±	++	N.D.	++++	+
	0.8% (50 mM)	+	±	++	N.D.	+++++	++++
Sodium benzoate (C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> Na, M <sub>w</sub> : 144.1)	0.2% (10 mM)	+	±	++	N.D.	++	N.D.
	0.4% (30 mM)	+	±	++	N.D.	++	+
	0.8% (60 mM)	+	±	++	N.D.	++++	++
Ammonium molybdate (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O, M <sub>w</sub> : 1235.86)	0.0075% (0.06 mM)	+	±	+	N.D.	N.D.	N.D.
	0.015% (0.12 mM)	+	±	++	N.D.	+++	+
	0.03% (0.24 mM)	+	±	+++	N.D.	++++	++

<sup>1)</sup> ±: not changed, -: reduced(1-5), +: increased(1-5), N.D.: not detected.

(continued)

Treatment	Concentration (%, w/v or v/v)	Attributes					
		Gross	Wilting	Hardness	Burning	Chemical off-flavor	Chemical off-taste
Sodium acetate (C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> Na, M <sub>w</sub> : 82.03)	0.1% (12 mM)	±	±	±	N.D.	+++	N.D.
	0.25% (30 mM)	±	±	+	N.D.	+++	N.D.
	0.5% (60 mM)	±	±	++	N.D.	++++	+
Sodium citrate (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> Na <sub>3</sub> ·2H <sub>2</sub> O, M <sub>w</sub> : 294.1)	0.1% (3.4 mM)	++	±	++	N.D.	N.D.	N.D.
	0.25% (8.5 mM)	++	+	++	N.D.	+	N.D.
	0.5% (17 mM)	++	±	++	N.D.	+++	++
Hydrogen peroxide (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , M <sub>w</sub> : 34)	0.1% (30 mM)	+	±	++	N.D.	N.D.	N.D.
	0.25% (75 mM)	+	±	++	N.D.	N.D.	N.D.
	0.5% (150 mM)	-	-	+	+	N.D.	N.D.
	0.75% (220 mM)	-	-	+	++	N.D.	N.D.
	1.5% (440 mM)	-	--	+	+++	N.D.	N.D.
	3.0% (880 mM)	-	---	-	++++	N.D.	N.D.
EDTA(ethylene diamine tetraacetic acid, C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> CaNa <sub>2</sub> , M <sub>w</sub> : 374.3)	0.05% (1.3 mM)	±	±	±	N.D.	N.D.	N.D.
	0.1% (2.6 mM)	±	±	+	N.D.	++	N.D.
	0.2% (5.3 mM)	±	±	++	N.D.	++++	++

<sup>1)</sup> ±: not changed, - : reduced(1-5), + : increased(1-5), N.D.: not detected.



Table 10-1. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and a preservative chemical (sodium acetate) of varied concentrations in combination during storage at 18°C for 10 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute					Organoleptic attribute						
		Dis-coloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Chemical off-flavor	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	2.6 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	HWT(52°C)	2.4 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	SA(0.05%)	3.1 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	SA(0.1%)	3.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	SA(0.25%)	2.9 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
5	Control	3.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	HWT(52°C)	3.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
	SA(0.05%)	3.6 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
	SA(0.1%)	3.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	SA(0.25%)	3.1 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
10	Control	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.8 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>
	HWT(52°C)	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	1.8 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>ab</sup>
	SA(0.05%)	3.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>
	SA(0.1%)	3.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	1.8 <sup>b</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>
	SA(0.25%)	3.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

Table 10-2. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and a preservative chemical (sodium citrate) of varied concentrations in combination during storage at 18°C for 10 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute					Organoleptic attribute						
		Dis-coloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Chemical off-flavor	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	2.6 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	HWT(52°C)	2.4 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
	SC(0.025%)	2.7 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	SC(0.05%)	2.3 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
	SC(0.1%)	3.1 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
5	Control	3.6 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	HWT(52°C)	3.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
	SC(0.025%)	3.6 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	SC(0.05%)	4.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	SC(0.1%)	3.5 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
10	Control	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	1.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>
	HWT(52°C)	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>	1.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>ab</sup>
	SC(0.025%)	3.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	2.6 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>ab</sup>
	SC(0.05%)	3.7 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>ab</sup>
	SC(0.1%)	3.2 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

Table 10-3. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and a preservative chemical (hydrogen peroxide) of varied concentrations in combination during storage at 18°C for 10 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute								
		Dis-coloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Chemical off-flavor	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality	
0	Control	2.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	2.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	
	HWT(52°C)	3.5 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	2.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	
	HP(0.025%)	3.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>b</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	2.6 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	
	HP(0.1%)	2.7 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	
5	Control	2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	
	HWT(52°C)	4.1 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	
	HP(0.025%)	2.4 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	2.9 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	
	HP(0.1%)	3.3 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	
10	Control	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	3.9 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>	4.9 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	
	HWT(52°C)	3.8 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	
	HP(0.025%)	2.4 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	4.7 <sup>a</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	
	HP(0.1%)	3.4 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

Table 10-4. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and a preservative chemical (ethylene diamine tetraacetic acid) of varied concentrations in combination during storage at 18°C for 10 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute							
		Dis-coloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Chemical off-flavor	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	2.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	2.9 <sup>b</sup>	2.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	HWT(52°C)	3.5 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>bc</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	2.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>a</sup>
	EDTA(0.01%)	3.1 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>c</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	EDTA(0.025%)	2.8 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>c</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	EDTA(0.05%)	3.0 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
5	Control	2.9 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	HWT(52°C)	4.1 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	EDTA(0.01%)	3.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
	EDTA(0.025%)	4.0 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	EDTA(0.05%)	2.7 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
10	Control	5.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	3.9 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>c</sup>	4.9 <sup>b</sup>	3.0 <sup>c</sup>
	HWT(52°C)	3.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	2.0 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>
	EDTA(0.01%)	5.1 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>bc</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>b</sup>
	EDTA(0.025%)	3.2 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
	EDTA(0.05%)	4.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	2.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

앞서의 예비실험 결과로부터 감귤의 관능적 품질을 저하시키지 않으면서 동시에 저장성 향상에도 유리할 것으로 판단되는 적정 농도의 첨가제를 선정하여 조생 온주감귤에 대한 이들 화학약제와 열수처리의 병용효과를 살펴보았다. 일정한 크기의 건전 과실을 선별한 다음, 각기 0.1% sodium acetate(SA), 0.05% sodium citrate(SC), 0.05% hydrogen peroxide(HP), 0.1% EDTA가 각각 첨가된 52°C의 열수에서 2분간 침지한 후 5°C에서 3시간 냉각시켰다. 충분히 냉각된 과실의 물기를 제거하고, 통기성 천공 LDPE 필름에 25개씩 포장하여 5°C에서 3주, 18°C에서 1주간 저장하면서 생리적, 이화학적, 관능적 품질특성 변화를 측정하였다.

약제와 열수 병용처리 직후 감귤의 초기 호흡률은 4.25-4.87 O<sub>2</sub>/kg·h, 4.33-4.93 CO<sub>2</sub>/kg·h으로 처리구간에 차이가 없었으나, 저장 3주후에는 SA, SC 유기산 처리구에서 O<sub>2</sub> 소모율이 4.55-4.68 O<sub>2</sub>/kg·h로 단순 열수처리구에 비해 다소 증가한 반면 CO<sub>2</sub> 생성율은 2.86-3.54 CO<sub>2</sub>/kg·h로 오히려 저하되어 호흡계수(RQ)가 0.75 이하로 낮게 나타났다(Fig. 50). 이는 일부 측정상의 오차에 기인하는 것도 있겠으나 기본적으로 열수에 첨가된 유기산이 감귤 표면에 잔류하면서 호흡대사에 영향을 미쳤기 때문이라고 생각된다. 일반적으로 식물체는 외부 환경으로부터 스트레스를 받을 경우 호흡률이 증가하는 것이 보편적이나 본 연구에서와 같이 유기산 처리시 O<sub>2</sub> 소모율은 증가한데 반해 CO<sub>2</sub> 생성율이 감소하는 현상은 매우 이례적이다. 한편 과정부를 통해 측정된 과실내부 기체조성은 약제처리에 관계없이 일정한 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 농도를 유지하여 시험구간의 유의적인 차이를 구분할 수 없었다(Fig. 51). 다만 저장 21일 이후 저장온도의 전환(5°C→18°C)에 따라 모든 시험구에서 과실내부의 O<sub>2</sub> 농도는 1.0-2.0% 정도 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 1.0-1.5% 가량 증가한 것으로 나타났다.

첨가제별로 열수처리를 실시한 조생 온주감귤의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정한 결과, 감귤의 pH는 처리구간의 차이 없이 pH 3.5-4.0 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.58-0.73%에서 저장말기 약 0.43-0.60% 수준으로 서서히 감소하였으나 약제처리에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 52). 조생 온주감귤의 가용성 고형분 함량은 4주간의 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 10.2-11.9 °Brix 범위 내에서 유지되었다. 한편 과실의 대표적인 품질인자로서 당/산 비율은 저장기간 동안 초기에 약 14.7-18.5에서 저장 4주후에 약 18.7-27.5 수준으로 점차 증가하는 양상을 나타내었으나, 첨가제 종류에 따른 일관된 당/산 비율의 변화 양상은 발견되지 않았다(Fig. 53).

저장 중 감귤의 생체중량 변화를 측정한 결과, 처리구에 관계없이 시료는 저장 3주까지

3.9-4.6% 수준의 중량감소를 나타내다가 이후 저장 온도전환( $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 18^{\circ}\text{C}$ )에 따라 더 증가하는 양상을 나타내어 저장 4주후에는 약 5.8-8.5%까지 생체중량이 감소되었고 처리구 가운데서는 단순 열수처리구에서 중량감소가 다소 적게 일어났다(Fig. 53). 이로부터 열수처리는 생체중량 감소에 대해 부정적인 영향을 미치지 않으며 아울러 함께 사용된 첨가제 역시 중량감소에 대해 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 과실 경도는 다른 감귤류에서와 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 구분 없이 거의 일정하게 유지되었다(Fig. 53). 한편 감귤의 표피 색은 약제 및 열수 병용처리 여부와 관계없이 저장 중 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 감귤의 표면색 지표 값은 전체 저장기간 동안  $L^*$ 는 66.3-69.2,  $a^*$ 는 23.6-26.4,  $b^*$ 는 61.1-66.5 범위에서 각각 변화 없이 일정하였고 처리구별로도 오차범위 내에서의 증감이 있었을 뿐 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 매우 어려웠다(Fig. 54 & 55).

조생 온주감귤의 부패과 발생빈도는 저장 1주후에 꼭지 썩음과 표피 흑변, 저장 2주후에 곰팡이 썩음 증세를 시작으로 하여 저장 3주째에 무처리 대조구의 꼭지 썩음 36%, 곰팡이 썩음 8%, 표피 흑변 26%로 증가하였으며 온도전환( $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 18^{\circ}\text{C}$ )을 거쳐 저장 4주후에는 꼭지 썩음 66%, 곰팡이 썩음 48%, 표피 흑변 44%의 수준을 나타내었다. 이는 수확 후 약제처리나 예조처리를 하지 않은 감귤을 시료로 사용했기 때문에 대략 저장 1-2주 만에 꼭지 썩음을 보이기 시작한 선행 온주감귤의 결과와 비슷한 속도로 부패가 진행되었다고 볼 수 있다. 전반적으로 열수처리는 온주감귤의 부패 발생률을 대조구의 절반 수준으로 현저하게 억제하는 효과가 있었으나, 기대했던 약제 병용처리에 의해 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등의 부패증세를 부가적으로 더 줄일 수는 없었다(Fig. 56). 이러한 열수처리의 부패 억제효과는 앞서 언급하였듯이 직접적인 균체 사멸효과보다는 주로 표면 세척효과 혹은 일부 포자 발아억제 등에 의한 것으로 추정된다. 일반적으로 알려진 열수처리의 주요 효과는 과일 표피 층에 있는 wax를 녹여 과실의 성장 중에 생긴 틈이나 거친 표면을 균일하게 만드는 것으로, 이는 병원균이 침투할 수 있는 틈이나 기공을 막아줌으로서 일종의 방어 막을 형성하는 효과이다. 이러한 표피의 변형은 병원균 감염경로에 영향을 주어 germ tube 형성에 지장을 초래하고 결국에는 병원균 증식에도 영향을 미치게 된다. 그러나 온주감귤은 보고된 다른 감귤류와 달리 표피가 얇고 유사한 처리조건에서도 wax 층이 용융되지 않아 열수처리로 인한 wax 도포효과는 거의 기대할 수 없었으며 단지 열수에 의한 표면 미생물의 세척효과를 기대할 수 있을 뿐이었다. 사용된 첨가제에 의해 표면 미생물의 추가적인 감소효과를 기대하였으나 실제로 온주감귤의 초기 미생물 오염도가 매우 낮은 수준임을 감안할 때 본 연구에

서 확인한 바와 같이 약제와 열수 병용처리에도 불구하고 감귤의 저장 중 부가적인 부패 억제효과는 나타나지 않은 것으로 이해되었다. 초기 미생물 오염도가 높을 것으로 예상되는 만생종 감귤이나 유기농 감귤의 경우에는 첨가제의 부가적인 효과를 기대할만 하다고 생각된다.

다양한 약제를 첨가하여 열수 처리한 조생 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 확인하고자 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 화학적 이취, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 11). 관능검사 결과에서 저장기간별로 처리구간에 평가점수의 유의적인 차이를 발견할 수 없었으나, 열수 처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 다소 더 우수하게 평가되었고 약제처리는 전반적으로 감귤의 품질유지에 나쁜 영향을 미치지 않은 것으로 판단되었다. 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬에서는 열수 및 약제처리에 의해 상당히 억제되었고, 광택과 종합적인 외관품질은 단순 열수처리구에서 더 높게 평가되었다. 또한 감귤의 경도, 박피성, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에서도 열수처리의 품질보존 효과를 확인할 수 있었으며 첨가제 적용에 따른 화학적 이취 발생은 매우 미미하여 처리구간에 전혀 구분할 수 없었고 종합 품질에 대한 평가도 유의적 차이는 아니지만 저장기간이 길어질수록 SC를 제외한 열수처리구에서 다소 높게 나타났다. 온주감귤의 경우 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되기 쉬운데, 본 연구에서는 저장 중 통계적으로 유의적인 박피성 차이를 구분할 수 없었다. 결과적으로 중온 열수와 화학약제 병용처리는 조생 온주감귤의 이화학적, 관능적 품질변화에 부정적인 영향을 미치지 않았으며 저장 중 부패과 발생을 현저하게 억제함으로써 외관 품질을 유지하는데 효과적임을 확인할 수 있었다.

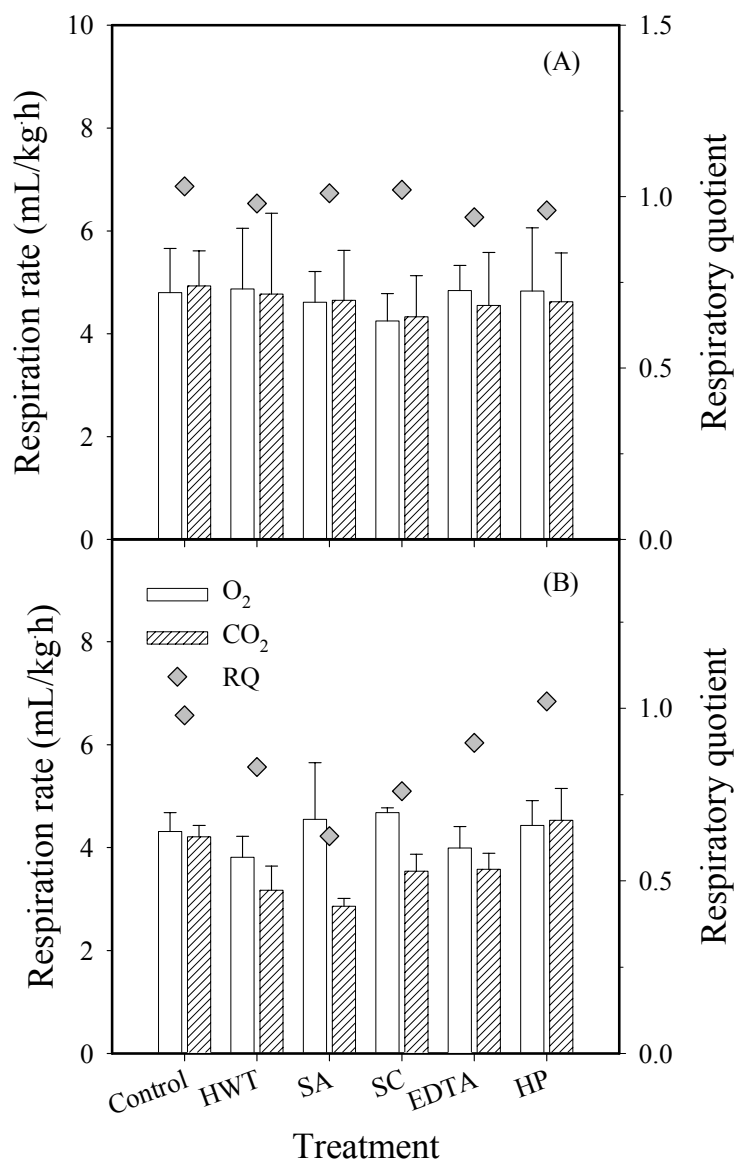


Fig. 50. Changes in respiration rate of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days. (A): measured just after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.



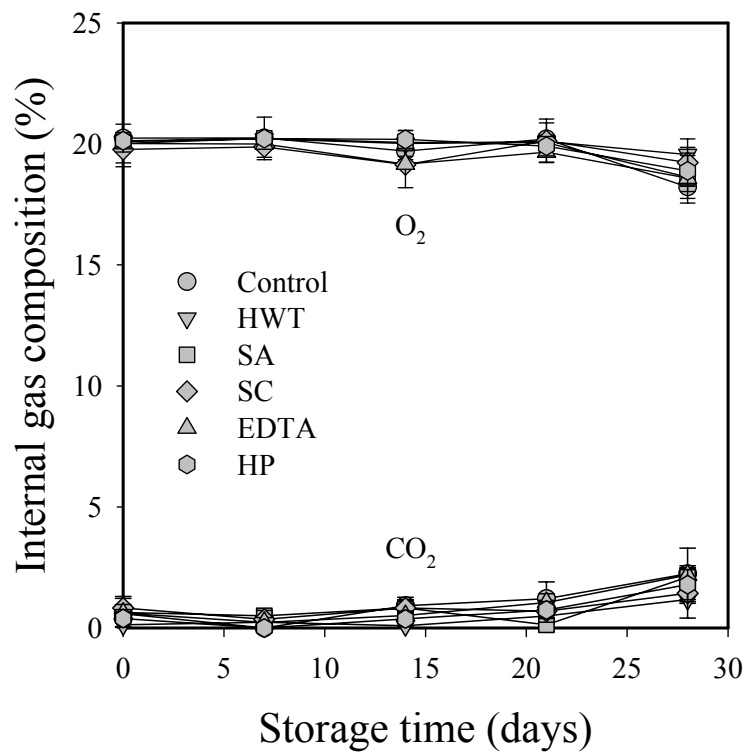


Fig. 51. Changes in internal gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

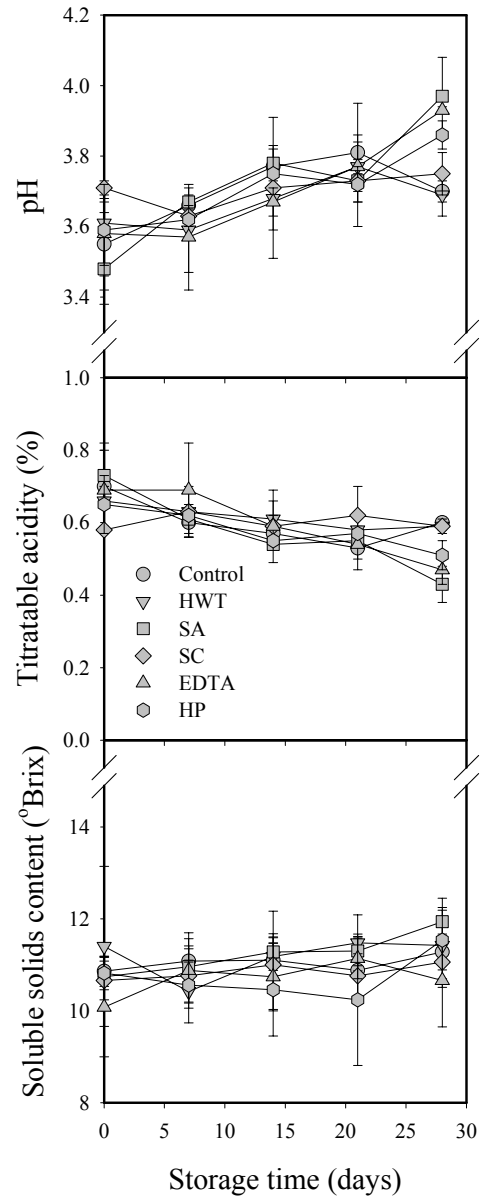


Fig. 52. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

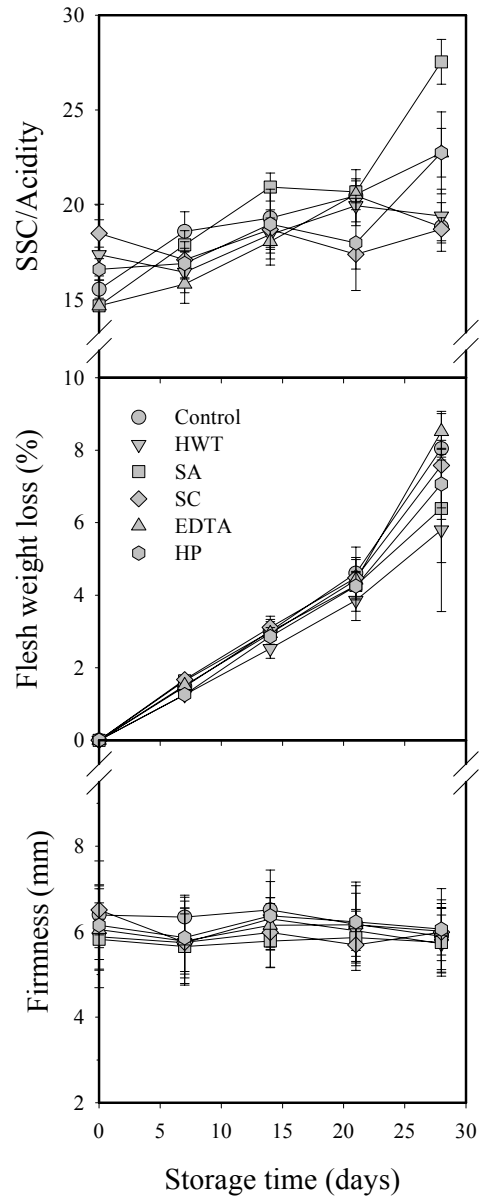


Fig. 53. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

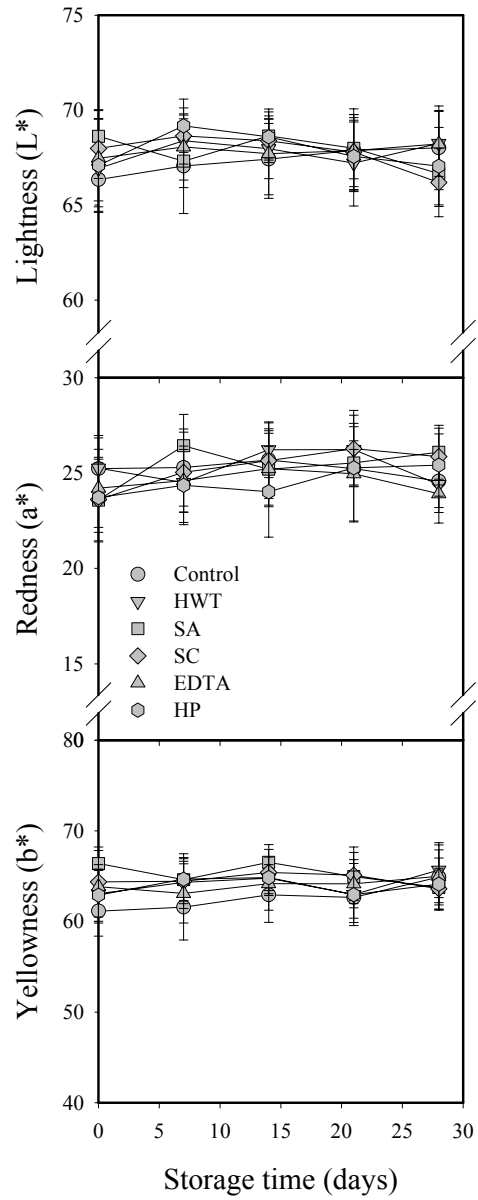


Fig. 54. Changes in peel color of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

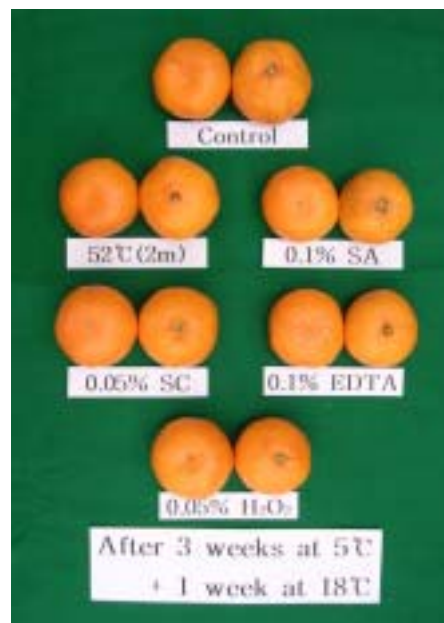
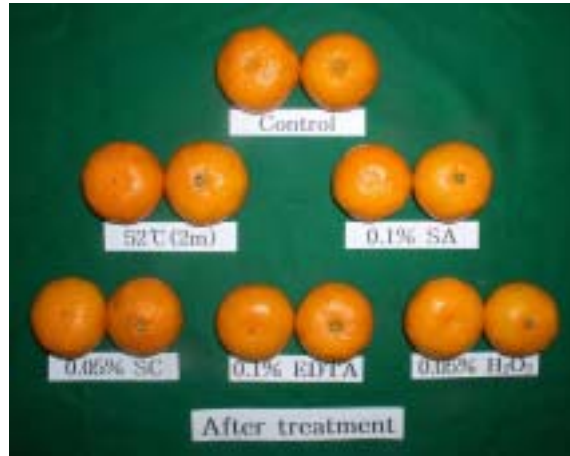


Fig. 55. Changes in appearance of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

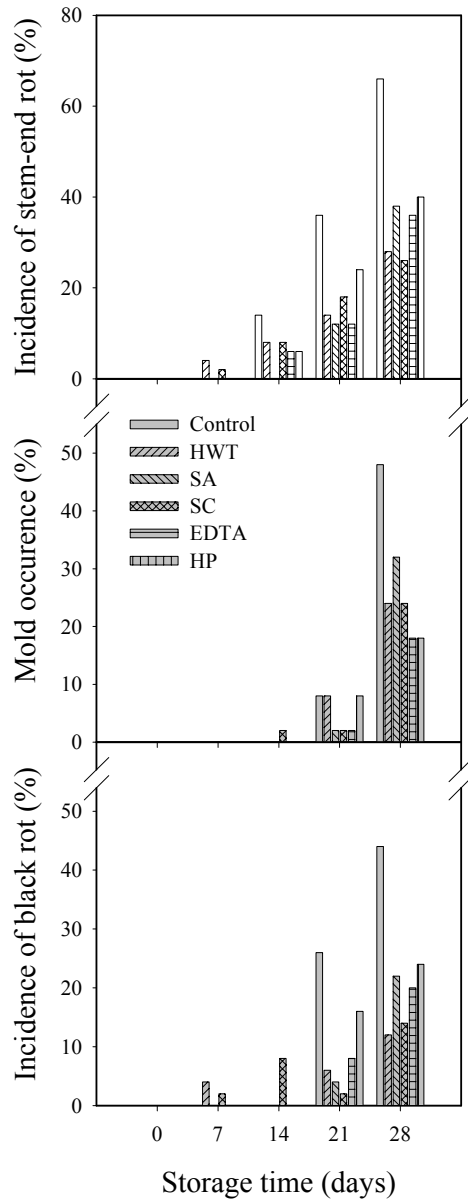


Fig. 56. Changes in decay ratio of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 11. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and preservative chemicals in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute								
		Dis-coloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Chemical off-flavor	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality	
0	Control	4.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	
	HWT(52°C)	3.6 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	
	SA(0.1%)	3.0 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	
	SC(0.05%)	3.6 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	
	EDTA(0.1%)	3.3 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	3.4 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	
7	Control	5.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	
	HWT(52°C)	4.2 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	
	SA(0.1%)	4.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	1.5 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	
	SC(0.05%)	5.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	
	EDTA(0.1%)	4.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	
14	Control	3.6 <sup>ab</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	
	HWT(52°C)	2.9 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	
	SA(0.1%)	2.1 <sup>b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	
	SC(0.05%)	4.1 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	
	EDTA(0.1%)	2.8 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	3.2 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.7 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	
21	Control	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	
	HWT(52°C)	3.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	
	SA(0.1%)	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	
	SC(0.05%)	4.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	
	EDTA(0.1%)	3.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	
	HP(0.05%)	4.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	
28	Control	5.4 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>ab</sup>							
	HWT(52°C)	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	2.2 <sup>b</sup>	7.4 <sup>a</sup>							
	SA(0.1%)	4.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
	SC(0.05%)	4.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>ab</sup>							
	EDTA(0.1%)	4.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>							
	HP(0.05%)	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>							

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

## 7. 열처리 및 포장기법 병용에 따른 감귤의 저장 안정성 확인

열수 처리한 감귤의 저장유통 중 품질 유지 및 상품성 제고에 적합한 적정 포장재를 선택하고자, 서귀포산 조생 온주감귤을 다양한 PE 필름으로 포장하여 저장하면서 감귤의 품질 특성 변화를 살펴보았다. 건전 과실을 선별한 후, 52°C의 열수에서 2분간 침지하고 5°C에서 3시간 이상 냉각시켜 과실의 물기를 제거한 다음, 각기 통기성 천공( $\Phi$  5 mm) PE, 미세 천공( $\Phi < 0.1$  mm) PE, 일반 PE(두께 50, 100  $\mu$ m) 필름봉투(30×50 cm)에 25개씩 포장하여 5°C에서 21일, 18°C에서 7일간 저장하면서 생리적, 이화학적, 관능적 특성 등 여러 가지 품질특성을 측정 비교하였다.

열수처리 직후 조생 온주감귤의 초기 호흡률은 4.37 O<sub>2</sub>/kg·h, 4.80 CO<sub>2</sub>/kg·h로 무처리 대조구의 4.36 O<sub>2</sub>/kg·h, 4.76 CO<sub>2</sub>/kg·h와 전혀 차이가 없었으나, 저장 3주후 포장재질에 따라 Perforated와 Micro-P 포장구는 5.03-5.84 O<sub>2</sub>/kg·h, 5.01-5.55 CO<sub>2</sub>/kg·h, PE50 포장구는 5.04 O<sub>2</sub>/kg·h, 7.47 CO<sub>2</sub>/kg·h, PE100 포장구는 7.52 O<sub>2</sub>/kg·h, 15.59 CO<sub>2</sub>/kg·h로 크게 다르게 나타났다. 전반적으로 밀봉 포장구에서 호흡률이 높게 측정되었으며, 특히 CO<sub>2</sub> 생성율이 급격히 증가하여 PE50과 PE100의 호흡지수(RQ)가 각각 1.48과 2.08을 나타냄으로서 감귤의 호흡이 정상적인 상태가 아님을 알 수 있었다(Fig. 57). 이러한 경향은 저장온도(5°C→18°C)를 달리하여 1주간 더 보관한 후에 측정한 호흡률 결과에서도 정도 차이는 있으나 거의 비슷하게 나타났다. 이는 일부 측정상의 오차에 기인하는 것도 있겠으나 기본적으로 밀봉 포장내부에 조성된 기체조성이 감귤의 호흡에 적합한 호기 조건이 아니라 매우 왜곡된 상태이어서 이의 잔류효과에 의해 호흡대사에 영향을 미쳤기 때문이라고 생각된다. 실제로 포장내부의 기체조성을 측정한 결과, 밀봉 포장구인 PE50과 PE100은 3.5% 내외의 O<sub>2</sub>와 7-8%, 16-18% CO<sub>2</sub>를 나타내어 매우 높은 CO<sub>2</sub> 농도가 유지되었고, 이에 반해 통기성 포장구인 Perforated와 Micro-P는 대기와 거의 동일한 포장내부 기체조성을 나타내어 정상적인 호흡대사가 유지되었음을 알 수 있었다(Fig. 58). 또한 과정부를 통해 측정한 과실내부 기체조성은 포장내부 기체조성에서와 마찬가지로 밀봉 포장구에서 낮은 O<sub>2</sub>와 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 나타내었고 포장재의 두께가 두꺼울수록 더 낮은 O<sub>2</sub>와 더 높은 CO<sub>2</sub> 농도가 유지되었으며, 다른 통기성 포장구와 대조구간에는 유의적인 차이를 구분할 수 없었다(Fig. 59). 다만 저장 21일 이후 저장온도의 전환(5°C→18°C)에 따라 모든 시험구에서 과실내부의 O<sub>2</sub> 농도는 1.0-2.0% 정도 감소하였고 CO<sub>2</sub> 농도는 1.5-2.5% 가량 증가한 것으로 나타났다.

열수처리 후 포장재를 달리하여 저장한 조생 온주감귤의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함



량을 측정된 결과, 감귤의 pH는 처리구간의 유의적 차이 없이 pH 3.5-4.0 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.70-0.73%에서 저장말기 약 0.43-0.68% 수준으로 서서히 감소하였다(Fig. 60). 다만 통계적으로 유의적인 차이는 아니지만 밀봉 포장구 가운데 PE100은 다른 처리구에 비해 저장 중 상대적으로 낮은 pH와 높은 적정 산도를 나타내어 감귤의 초기 품질을 어느 정도 유지하는 양상을 보였다. 조생 온주감귤의 가용성 고형분 함량은 여타의 비교 실험에서와 마찬가지로 4주간 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 9.9-11.6 °Brix 범위 내에서 유지되었다. 한편 과실의 대표적인 품질인자로서 당/산 비율은 저장기간 동안 초기에 약 14.5-15.6 °Brix에서 저장 4주후에 약 23.3-26.9 °Brix 수준으로 점차 증가하는 양상을 나타내었으나, 밀봉 포장구인 PE50과 PE100에서는 저장 4주후에도 17.1과 15.9 °Brix로 초기값과 유사한 수준을 유지하여 다른 처리구와 당/산 비율 변화 양상이 확연하게 구분되었다(Fig. 61). 이러한 밀봉 포장구 감귤의 초기 품질 유지경향은 아마도 포장내부에 조성된 저농도 O<sub>2</sub>와 고농도 CO<sub>2</sub>의 MA 효과에 기인한 것으로 추정된다.

저장 중 감귤의 생체중량 변화를 측정된 결과, 예상했던 바와 같이 대조구와 Perforated 통기성 포장구에서는 큰 차이 없이 저장기간 동안 지속적인 중량감소를 나타내었는데 저장 3주 이후 다소 급격한 수준의 중량감소는 저장 온도전환(5°C→18°C)에 따른 영향으로 이해되었다. 통기성 재질이라 하더라도 포장재를 달리한 Micro-P 처리구는 저장기간 동안 3.0% 미만의 중량감소를 나타내었으며, 밀봉포장구인 PE50과 PE100에서는 1.0% 미만의 매우 미미한 생체중량 변화가 측정되었다(Fig. 61). 잘 알려진 바와 같이 PE와 같은 polyolefin계 고분자 필름은 우수한 수분차단성을 가지므로(Hernandez *et al.*, 2000), 이들 소재를 포장재로 사용하여 신선 농산물을 포장하면 수분 손실억제 및 고수분 유지로 인해 생체중량 감소를 효과적으로 방지할 수 있으며, 이러한 생체중량의 보존은 유통 및 판매과정에서 신선 농산물의 시름 현상을 방지하여 외관품질을 우수하게 유지하는데 필수적인 사항으로 요구된다. 한편 과실 경도는 다른 처리실험에서와 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 유의적인 차이 없이 거의 일정하게 유지되었으나, 저장말기에 PE50과 PE100 밀봉 포장구에서 경도가 다소 감소되는 것을 알 수 있었다(Fig. 61). 이는 밀봉 포장구의 감귤이 저장말기에 다소 물러지는 현상을 나타낸 결과로서 저장 온도의 전환(5°C→18°C)에도 불구하고 중량감소가 미미하였던 점을 감안할 때 지나친 수분증발 억제에 따른 표피의 과습 및 그로 인한 부피 증가에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 감귤의 표피 색은 사용된 포장재의 종류와 관계없이 저장 중

거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 감귤의 표면색 지표 값은 전체 저장기간 동안 L\*와 b\*가 65.3-67.9와 62.1-66.3 범위에서 각각 약간 감소하는 추세를 나타내었으나 a\*는 24.3-25.9 수준에서 전혀 변화 없이 일정하였다. 개별 처리구별로도 유의차가 인정되지 않았으며 이는 외관상 육안으로 변화를 구분하기가 매우 어려웠다(Fig. 62).

조생 온주감귤의 부패과 발생빈도는 저장 2주후에 꼭지 썩음과 표피 흑변 증세를 시작으로 하여 저장 3주째에 무처리 대조구의 꼭지 썩음 66%, 곰팡이 썩음 16%, 표피 흑변 32%로 증가하였으며 온도전환(5℃→18℃)을 거쳐 저장 4주후에는 꼭지 썩음 93.4%, 곰팡이 썩음 84%, 표피 흑변 84%의 매우 높은 수준을 나타내었다. 이는 수확 후 약제처리나 예조처리를 하지 않은 감귤을 시료로 사용했기 때문에 대략 저장 2주 만에 꼭지 썩음을 보이기 시작한 선행 온주감귤의 결과와 비슷한 속도로 부패과 발생이 진행되었다고 볼 수 있다. 전반적으로 열수처리는 온주감귤의 부패 발생률을 대조구의 절반에 가까운 수준으로 현저하게 억제하는 효과가 있었으나, 개별 포장재의 적용효과는 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등의 부패증세에 따라 각기 다르게 나타났다(Fig. 63). 꼭지 썩음의 경우 통기성 Perforated 포장재를 사용했을 때만 열수처리의 부패억제 효과를 볼 수 있었을 뿐 다른 포장구에서는 대조구와 비슷한 수준을 나타내었고, 곰팡이 썩음과 표피 흑변에서는 PE100 밀봉 포장구가 열수처리에 부가적인 억제효과를 나타내었다. 이러한 밀봉포장의 부패억제 효과는 앞서 언급하였듯이 포장내부 저농도 O<sub>2</sub>와 고농도 CO<sub>2</sub>의 MA 조성에 의한 것이며, 아울러 열수처리 효과는 직접적인 균체 사멸보다 주로 감귤의 표면 세척 혹은 일부 포자 발아억제 등에 의한 것으로 추정된다. 일반적으로 적정 기체조성이 형성된 MAP 시스템에서는 신선 과일, 채소류의 미생물 증식이 지연될 수 있으며 5% 이상의 CO<sub>2</sub>는 다수의 식품 부패균, 특히 저온성 균주의 생육을 억제하는 효과가 있다(Hendricks and Hotchkiss, 1997). 이러한 고농도 CO<sub>2</sub>는 미생물의 생육 유도기를 연장하거나 또는 대수 증식기에서 세대시간을 증가시키는 역할을 하는데, 부가적으로 O<sub>2</sub> 농도가 낮을 때 더 현저한 기능을 발휘한다(Dixon and Kell, 1989; Hong and Pyun, 1997).

다양한 포장재를 적용한 열수처리 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 확인하고자 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 화학적 이취, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액 정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 12). 관능검사 결과에서 저장기간별로 처리구간에 평가점수의 유의적인 차이를 발견할 수 없었으나, 열수처리 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 다소 우수하게 평가되었고

밀봉 포장처리는 전반적으로 감귤의 품질유지에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬에서는 PE50과 PE100 밀봉 포장처리에 서 다소 억제되었고, 광택과 종합적인 외관품질도 밀봉 포장구에서 약간 높게 평가되었다. 그러나 감귤의 경도와 박피성에서는 밀봉 포장구가 불리하게 평가되었는데, 이는 앞서 과 실의 이화학적 경도 측정 결과와도 일치하는 것이다. 한편 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등 의 체감품질 항목에서는 포장재에 따른 차이를 확인할 수 없었으나, 결정적으로 PE50과 PE100 밀봉 포장구에서는 포장 개봉시 심각한 수준의 이취가 발생하여 전체적인 감귤의 관 능품질을 현저하게 저하시켰다. 또한 온주감귤의 경우 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되기 쉬운데, 특히 밀봉 포장구에서는 포장 내 과습 형성으로 인해 저장 중 박피성 증가를 다소 유발하는 것으로 평가되었다. 결과적으 로 중온 열수로 처리한 조생 온주감귤을 포장하는데 있어 밀봉 포장재는 이취 발생이라는 심각한 관능적 품질저하를 유발하므로 적절치 않았으나, 통기성 포장재는 저장 중 부패과 발생을 상당히 억제함은 물론 외관 및 관능품을 유지하는데도 효과적임을 확인할 수 있 었다.

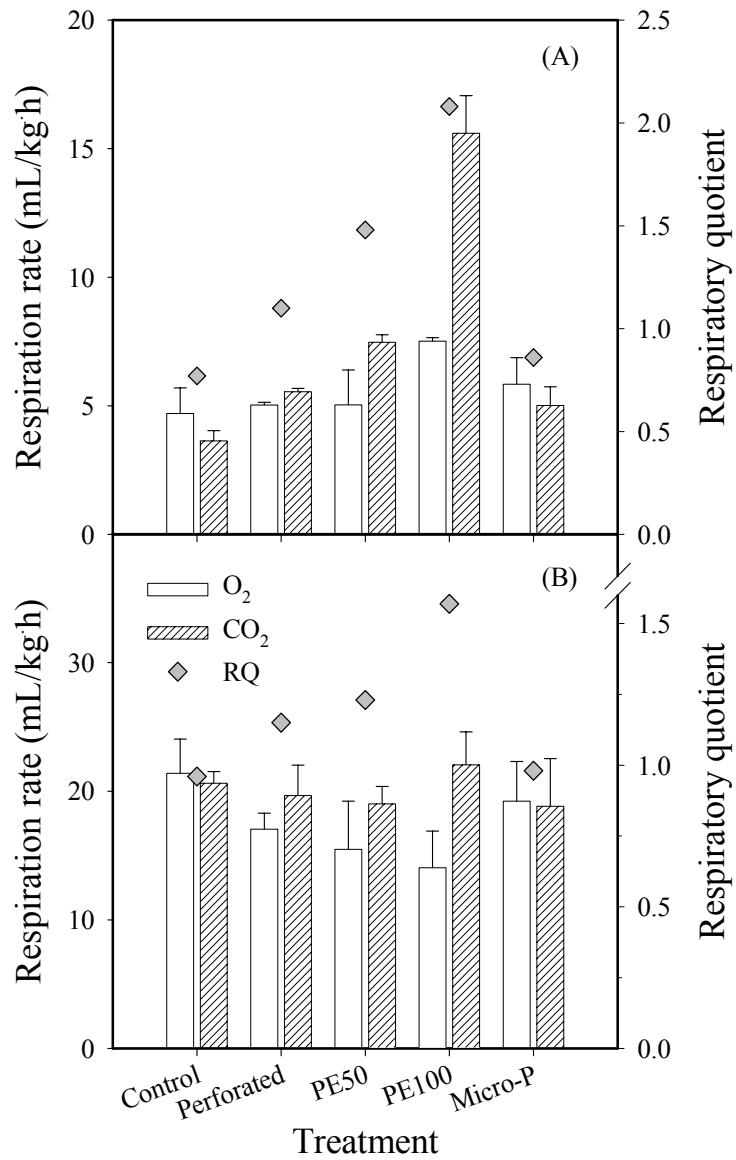


Fig. 57. Changes in respiration rate of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days. (A): measured after storage of 21 days at 5°C, (B): measured after storage of 21 days at 5°C and additional 7 days at 18°C.

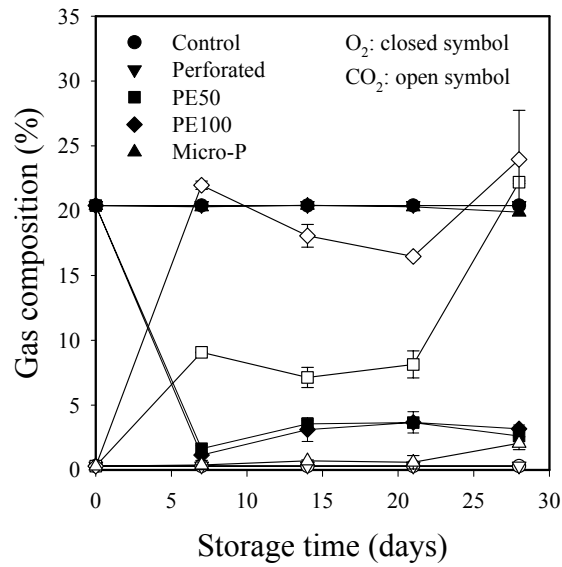


Fig. 58. Changes in package gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

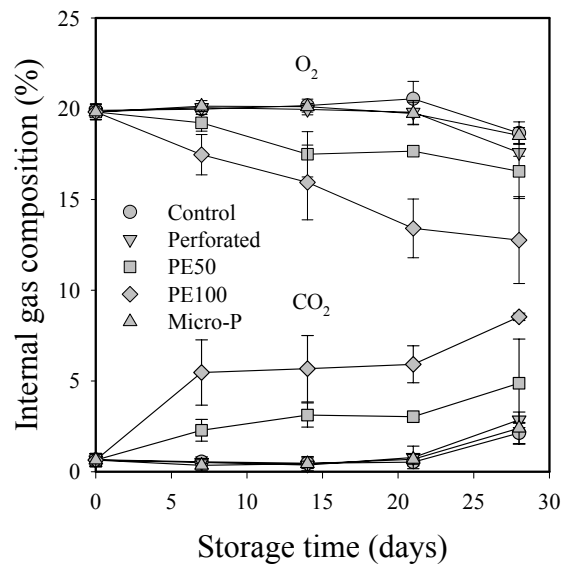


Fig. 59. Changes in internal gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

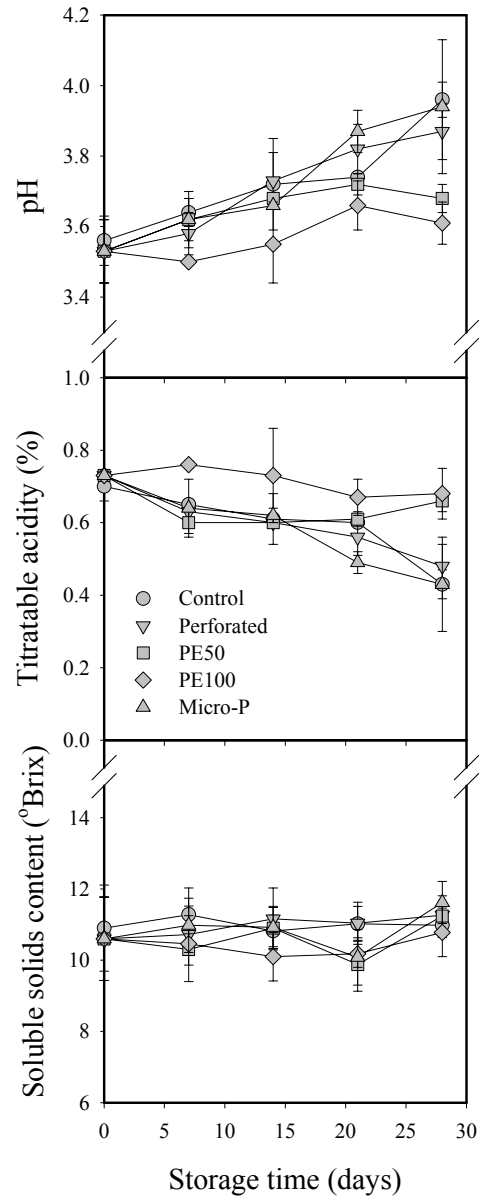


Fig. 60. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

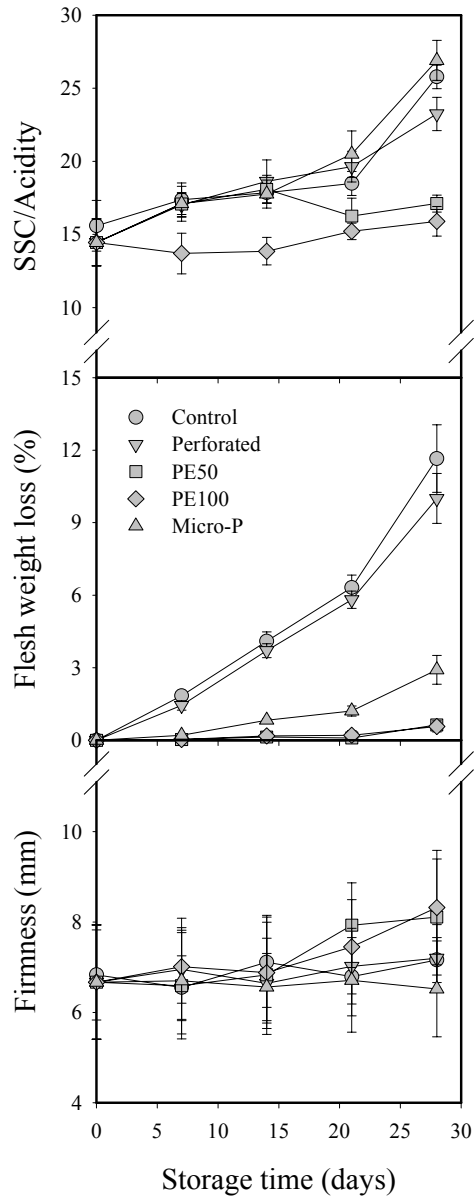


Fig. 61. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

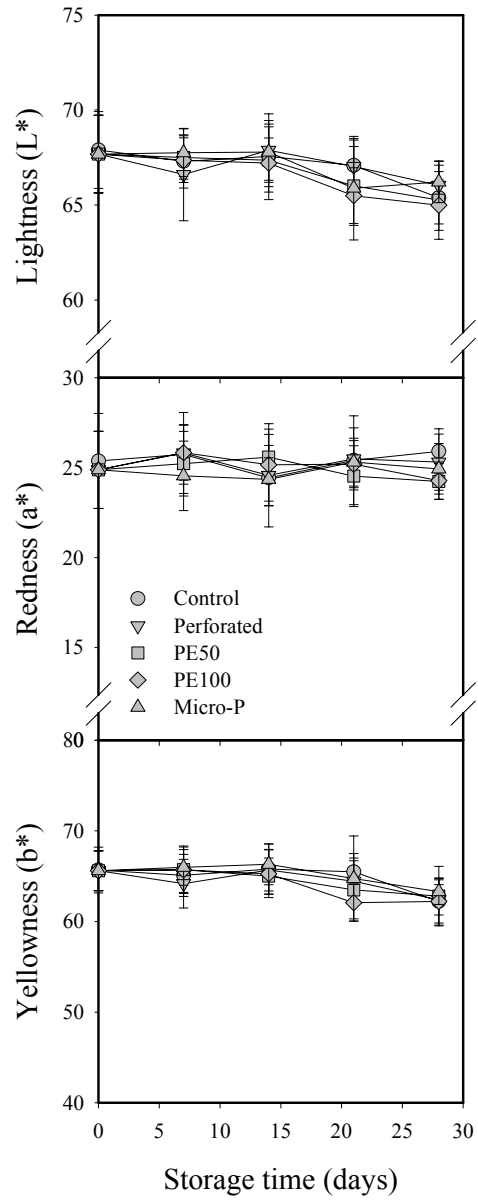


Fig. 62. Changes in peel color of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



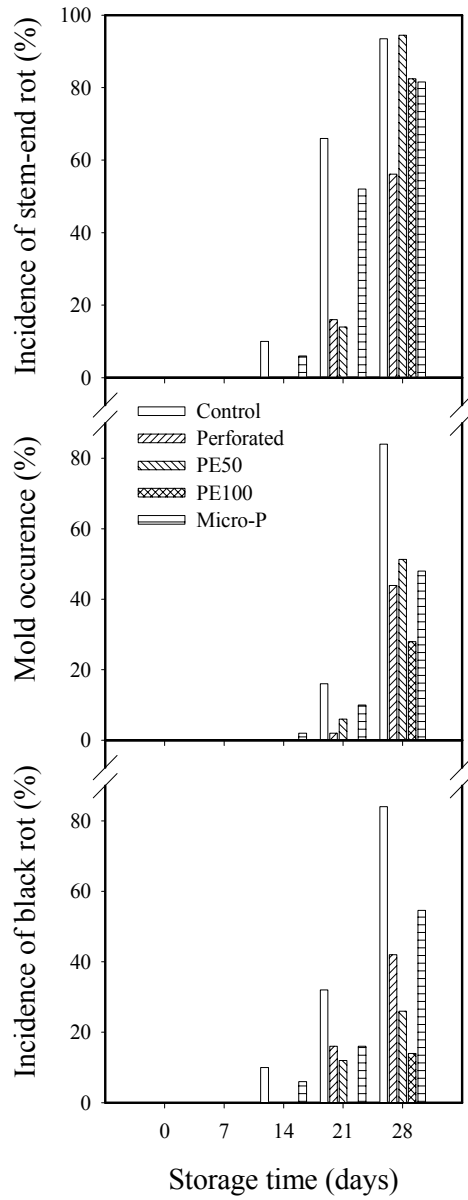


Fig. 63. Changes in decay ratio of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 12. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging films in combination during storage at 5 °C for 21 days and at 18 °C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
	Perforated	2.7 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
	PE50	2.7 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
	PE100	2.7 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
	Micro-P	2.7 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
7	Control	4.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
	Perforated	3.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
	PE50	3.4 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	PE100	3.4 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	Micro-P	3.2 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
14	Control	4.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	5.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>
	Perforated	3.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>
	PE50	3.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>
	PE100	3.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>
	Micro-P	4.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>
21	Control	6.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.1 <sup>b</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>					
	Perforated	5.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>ab</sup>					
	PE50	6.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.0 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PE100	5.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>b</sup>	5.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>					
	Micro-P	6.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>b</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>					
28	Control	5.6 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>							
	Perforated	5.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>							
	PE50	6.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	PE100	6.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>							
	Micro-P	5.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>							

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

포장방법에 따른 열처리 감귤의 저장 중 품질변화를 살펴보고자 52℃로 유지되는 열수에 2분간 조생 온주감귤을 침지하여 열처리를 실시한 후, 5℃의 저온실에서 3시간 정도 충분히 냉각하여 품온을 떨어뜨리고 면포로 표면물기를 제거한 다음, 포장방법을 달리하여 처리구를 구분하였다. 포장방법별로 구분하기 위해 감귤 시료를 통기성 천공(Φ 5 mm) LDPE에 포장한 것(Perforated), 일반 LDPE(T 50 μm) 필름봉투(30 × 50 cm)에 단순히 밀봉 포장하거나 (PE50), 에틸렌 흡수제, CO<sub>2</sub> 흡수제, 에탄올 발산제 sachet를 각각 첨가하여 밀봉 포장한 것 (AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), AP(-CO<sub>2</sub>), AP(+EtOH))으로 나눈 다음, 5℃에서 3주간 이후 18℃에서 1주간 저장하면서 주기적으로 생리특성 및 품질특성 변화를 측정하였다.

열수처리 직후 조생 온주감귤의 초기 호흡률은 4.59 O<sub>2</sub>/kg·h, 5.23 CO<sub>2</sub>/kg·h로 무처리 대조구의 4.53 O<sub>2</sub>/kg·h, 4.83 CO<sub>2</sub>/kg·h와 크게 차이나지 않았으나, 저장 3주후 포장방법에 따라 Perforated와 AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) 포장구는 3.81-4.15 O<sub>2</sub>/kg·h, 3.71-3.87 CO<sub>2</sub>/kg·h, PE50 포장구는 5.29 O<sub>2</sub>/kg·h, 7.10 CO<sub>2</sub>/kg·h, AP(-CO<sub>2</sub>) 포장구는 3.63 O<sub>2</sub>/kg·h, 5.59 CO<sub>2</sub>/kg·h, AP(+EtOH) 포장구는 5.37 O<sub>2</sub>/kg·h, 5.90 CO<sub>2</sub>/kg·h로 매우 상이하게 나타났다. 전반적으로 AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)를 제외한 밀봉 포장구에서 호흡률이 높게 측정되었으며, 특히 CO<sub>2</sub> 생성율이 급격히 증가하여 PE50과 AP(-CO<sub>2</sub>)의 호흡지수(RQ)가 각각 1.34와 1.54를 나타냄으로서 감귤의 호흡이 정상적인 호기 상태가 아님을 알 수 있었다(Fig. 64). 이러한 경향은 저장온도(5℃→18℃)를 달리하여 1주간 더 보관한 후에도 그대로 유지되어 호흡률 자체의 정도 차이는 있으나 PE50, AP(-CO<sub>2</sub>), AP(+EtOH) 포장구에서 호흡지수가 1.20 이상을 나타내어 저온에서와 거의 유사한 양상을 보였다. 이는 기본적으로 밀봉 포장내부에 조성된 기체조성이 감귤의 호흡에 적합한 호기 조건이 아니라 매우 왜곡된 상태이어서 이의 잔류효과에 의해 호흡대사에 영향을 미쳤기 때문이라고 생각된다. 특히 AP(-CO<sub>2</sub>) 포장구의 경우 CO<sub>2</sub> 흡수제의 영향으로 포장내부에서 호흡산물인 CO<sub>2</sub>가 저장 중 지속적으로 제거됨에 따라 CO<sub>2</sub>에 의한 호흡억제가 전혀 이루어지지 않았으나 상대적으로 O<sub>2</sub> 소모가 저하되어 호흡지수 상승을 유발한 것으로 이해된다. 일반적으로 감귤은 CA/MA 적용효과가 다른 과실에 비해 떨어지는 것으로 알려져 있어서 포장내부 기체조성의 조절에 의해 호흡률이 억제되는 것을 기대하기 어려운 측면이 있다. 실제로 포장내부의 기체조성을 측정한 결과, 5℃에서 유지된 3주 동안 밀봉 포장구인 PE50과 AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), AP(+EtOH)가 2.1-4.3% O<sub>2</sub>와 5.9-8.8% CO<sub>2</sub>를 나타내어 평형 상태의 기체조성이 유지되는데 반해, AP(-CO<sub>2</sub>) 포장구는 2.4-8.0% O<sub>2</sub> 범위에서 증가 후 다시 감소하는 양상을 나타내었고 통기성 포장구인 Perforated와 대조구는 대기와 동일한 포장내부 기체조성을 나

타내어 정상적인 호흡대사가 유지되었음을 알 수 있었다(Fig. 65). 저장 3주 이후 밀봉 포장구에서의 급격한 CO<sub>2</sub> 농도 증가는 저장온도의 전환(5°C→18°C)에 따른 호흡대사 촉진의 영향과 곰팡이 증식에 의한 부패과 발생에 기인한 것으로 판단된다. 또한 과정부를 통해 측정된 과실내부 기체조성은 포장내부 기체조성에서와 마찬가지로 저장 중 밀봉 포장구에서 다소 낮은 O<sub>2</sub>와 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 나타내었으나, 통기성 포장구 및 대조구와 비교할 때 유의적인 차이를 구분할 수 없었다(Fig. 66).

열수 처리한 조생 온주감귤을 포장방법을 달리하여 저장하면서 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정한 결과, 감귤의 pH는 처리구간의 유의적 차이 없이 pH 3.6-3.9 범위에서 서서히 증가하였고, 이와 반대로 적정 산도는 저장초기 약 0.60-0.65%에서 저장말기 약 0.48-0.57% 수준으로 서서히 감소하였으나 포장방법에 따른 차이는 나타나지 않았다(Fig. 67). 조생 온주감귤의 가용성 고형분 함량은 앞서의 비교 실험에서와 마찬가지로 4주간 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약 9.7-11.5 °Brix 범위 내에서 유지되었다. 한편 과실의 대표적인 품질인자로서 당/산 비율은 저장기간 동안 2주째까지 약 16.3-18.2 °Brix 수준에서 유지되다가 저장 4주후에 약 17.7-23.2 °Brix 수준으로 점차 증가하는 양상을 나타내었으나, 밀봉 포장구 가운데 AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), AP(-CO<sub>2</sub>), AP(+EtOH)에서는 비교적 초기값과 유사한 수준을 유지하여 다른 처리구와 당/산 비율 변화 양상이 구분되었다(Fig. 68). 이러한 밀봉 포장구 감귤의 초기 품질 유지경향은 아마도 포장내부에 조성된 저 산소 효과에 기인한 것으로 추정된다.

포장방법을 달리한 감귤의 저장 중 생체중량 변화를 측정한 결과, 대조구와 Perforated 통기성 포장구에서는 저장 3주째에 6.0-7.0% 수준에 이르기까지 지속적인 중량 감소를 나타내다가 이후 급격한 중량감소 경향을 보였으며 저장기간이 길수록 Perforated 포장구보다 대조구의 감소 정도가 더 컸다(Fig. 68). 이에 반해 밀봉포장구인 PE50과 AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), AP(-CO<sub>2</sub>), AP(+EtOH)에서는 저장 3주까지 0.5% 미만의 매우 미미한 생체중량 변화가 측정되었다. 포장방법에 관계없이 저장 3주 이후 다소 급격한 수준의 중량감소를 나타낸 것은 저장 온도전환(5°C→18°C)에 따른 영향으로 이해되었다. 알려진 바와 같이 polyethylene, polypropylene과 같은 polyolefin계 고분자 필름은 우수한 수분차단성을 가지므로(Hernandez *et al.*, 2000), 이들 소재를 포장재로 사용하여 신선 산물을 포장하면 수분 손실억제 및 고수분 유지로 인해 생체중량 감소를 효과적으로 방지할 수 있으며, 이러한 생체중량의 보존은 유통 및 판매과정에서 신선 산물의 시름, 외조 현상을 방지하여 외관품질을 우수하게 유지하는데 필수적

인 사항으로 요구된다. 한편 감귤 과실 경도는 다른 비교실험에서와 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 유의적인 차이 없이 거의 일정하게 유지되어 어떠한 변화 경향을 나타내지 않았다(Fig. 68). 또한 감귤의 표피 색은 적용된 포장방법에 관계없이 저장 중 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 표면색 지표 값은 전체 저장기간 동안 L\* 값이 65.8-67.5, a\* 값이 23.2-25.9, b\* 값이 62.3-65.9 범위에서 다소 감소하는 듯한 경향을 나타내었으나 수치상 거의 변화 없이 일정하였고 포장방법별로도 처리구간의 유의차가 인정되지 않아 외관상 육안으로 변화를 구분하기가 매우 어려웠다(Fig. 69 & 70).

조생 온주감귤의 부패과 발생빈도는 저장 2주후 꼭지 썩음과 표피 흑변 증세를 시작으로 하여 저장 3주째에 무처리 대조구의 꼭지 썩음 36%, 곰팡이 썩음 6%, 표피 흑변 30%로 증가하였으며 온도전환(5°C→18°C)을 거쳐 저장 4주후 꼭지 썩음 79.3%, 곰팡이 썩음 67.2%, 표피 흑변 55.2%의 매우 높은 수준을 나타내었다(Fig. 71). 이는 수확 후 약제처리나 예조처리를 하지 않은 감귤을 시료로 사용했기 때문에 대략 저장 2주 만에 꼭지 썩음을 보이기 시작한 선행 조생 온주감귤 저장실험의 결과와 비슷한 것으로 볼 수 있다. 전반적으로 열수처리는 온주감귤의 부패과 발생률을 상당히 억제하는 효과가 있었으나, 개별 포장방법별로는 분명한 적용효과를 발견할 수 없었다. 다만 곰팡이 썩음과 표피 흑변 증세에 대해 에탄올 발산제를 함유한 AP(+EtOH) 처리구에서는 유일하게 어느 정도의 억제효과가 인정되었으나, 꼭지 썩음 증세에 대해서는 여전히 구별되지 않았다. AP(+EtOH) 처리구의 부패억제 효과는 예상한 바와 같이 밀봉 포장내부의 에탄올 증기에 의한 것이며, 아울러 열수처리 효과는 직접적인 균체 사멸보다 주로 감귤의 표면 세척 혹은 일부 포자 발아억제 등에 의한 것으로 추정된다. 일반적으로 적정 기체조성이 형성된 MAP 시스템에서는 신선 과일, 채소류의 미생물 증식이 지연될 수 있으며 5% 이상의 CO<sub>2</sub>는 다수의 식품 부패균, 특히 저온성 균주의 생육을 억제하는 효과가 있으나(Hendricks and Hotchkiss, 1997), 감귤의 경우 CA/MA 적용효과가 다른 과실에 비해 떨어지는 것으로 알려져 있다.

포장방법을 달리하여 적용한 열수처리 온주감귤의 저장 중 관능특성 변화를 확인하고자 변색, 시늬, 표면 광택 등의 외관품질 항목과 경도, 박피성, 화학적 이취, 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다(Table 13). 관능검사 결과에서 저장기간별로 처리구간에 평가점수의 유의적인 차이를 발견할 수 없었으나, 열수처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 다소 우수하게 평가되었고 밀봉 포장구 가운데 PE50과 에틸렌 흡수제를 함유한 AP(-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)는 전반적으로 감귤의

품질유지에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 감귤 시료의 외관품질 항목 가운데 변색과 시늬는 PE50과 AP 등의 밀봉 포장구에서 다소 억제되었고, 광택과 종합적인 외관품질도 AP(+EtOH)를 제외한 밀봉 포장구에서 약간 높게 평가되었다. 그러나 체감품질 항목 가운데 감귤의 경도와 박피성에서는 전반적으로 밀봉 포장구가 불리하게 평가되었다. 이는 온주감귤의 경우 열수처리에 의해 과피가 과육에서 일부 분리되어 더 잘 벗겨지는 부피현상이 발견되기 쉬운데, 특히 밀봉 포장구에서는 포장내 과습 형성으로 인해 저장 중 박피성 증가를 다소 유발하기 때문으로 이해되었다. 한편 신맛, 단맛, 조직감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에서는 포장방법에 따른 차이를 구분할 수 없었으나, AP(+EtOH)와 같은 밀봉 포장구에서는 포장 개봉시 심각한 수준의 이취가 발생하여 전체적인 감귤의 관능품을 현저하게 저하시켰다. 결과적으로 중온 열수로 처리한 조생 온주감귤을 포장하는데 있어 에틸렌 흡수, CO<sub>2</sub> 흡수, 에탄올 발산 등의 기능성을 부여하더라도 밀봉 포장방법은 기본적으로 이취 발생이라는 심각한 관능적 품질저하를 유발하므로 적절치 않다고 판단되었으나, 통기성 포장재는 저장 중 부패과 발생을 상당히 억제함은 물론 외관 및 관능품을 유지하는데도 효과적이었음을 확인할 수 있었다.

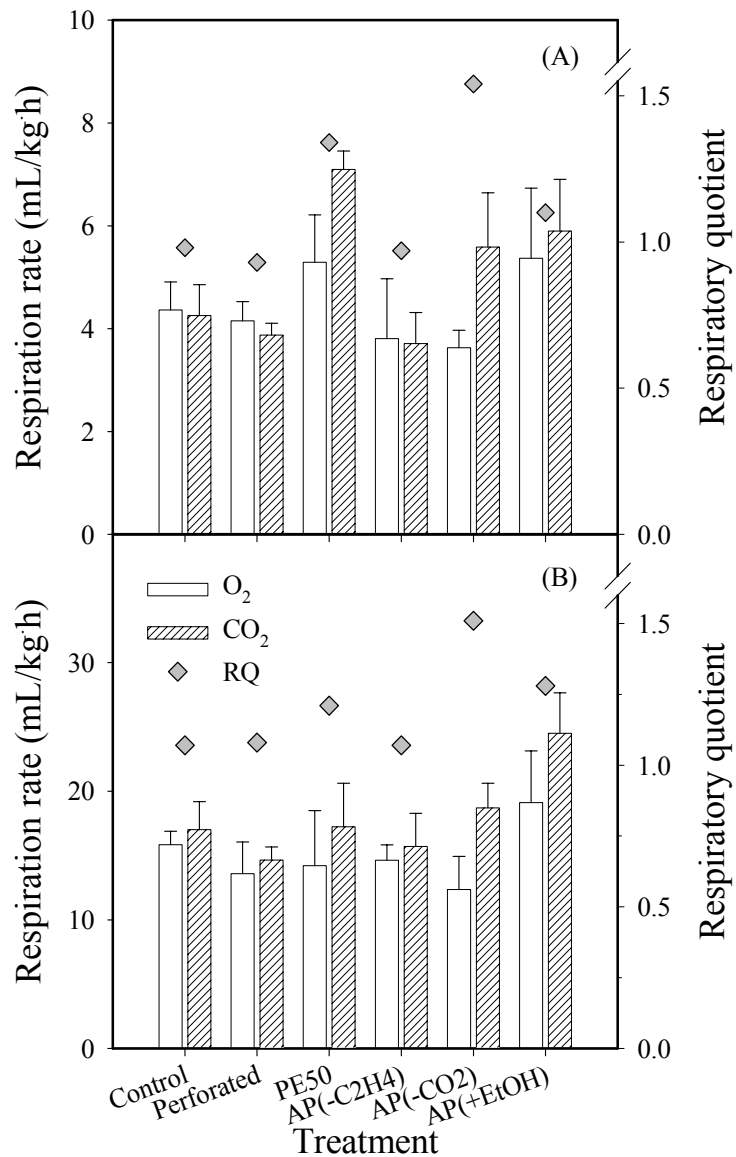


Fig. 64. Changes in respiration rate of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days. (A): measured after storage of 21 days at 5°C, (B): measured after storage of 21 days at 5°C and additional 7 days at 18°C.

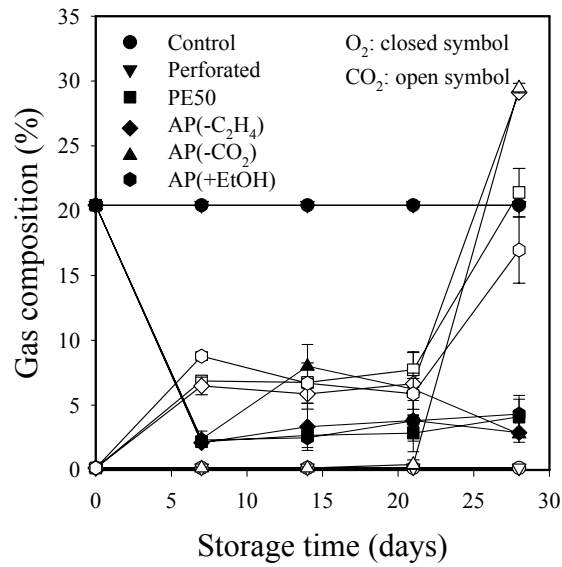


Fig. 65. Changes in package gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

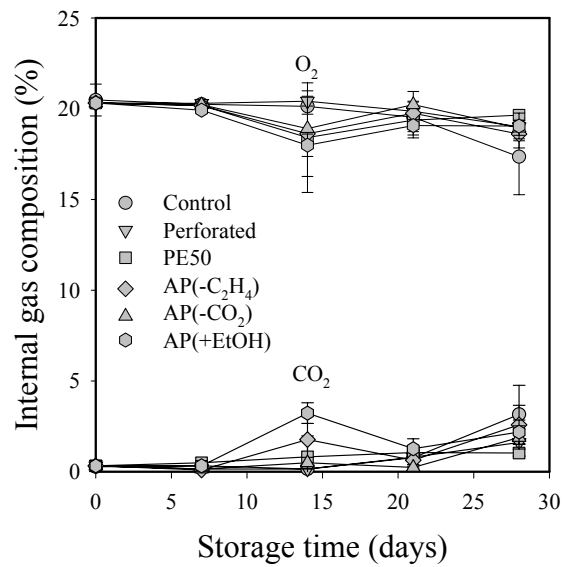


Fig. 66. Changes in internal gas composition of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



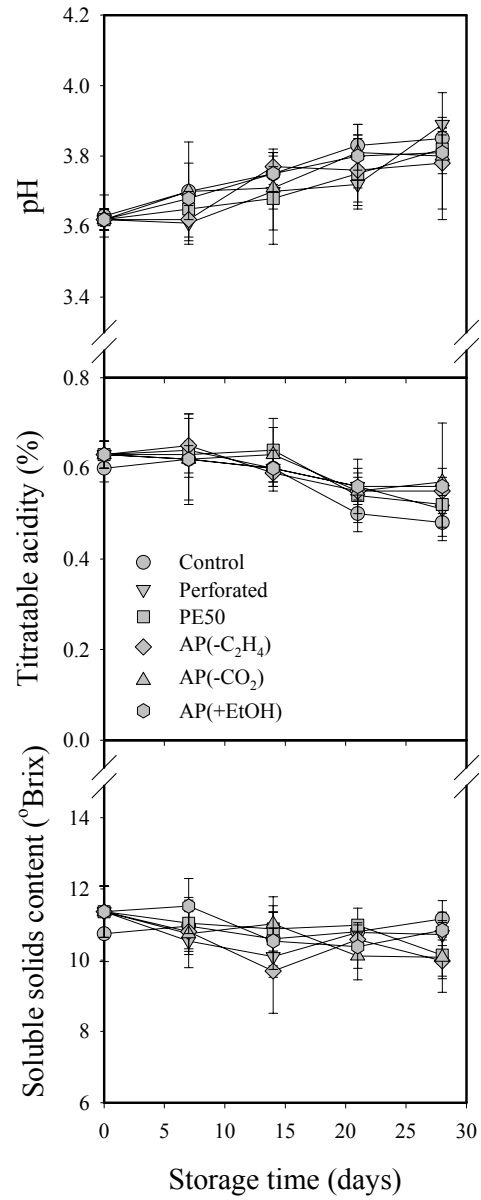


Fig. 67. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

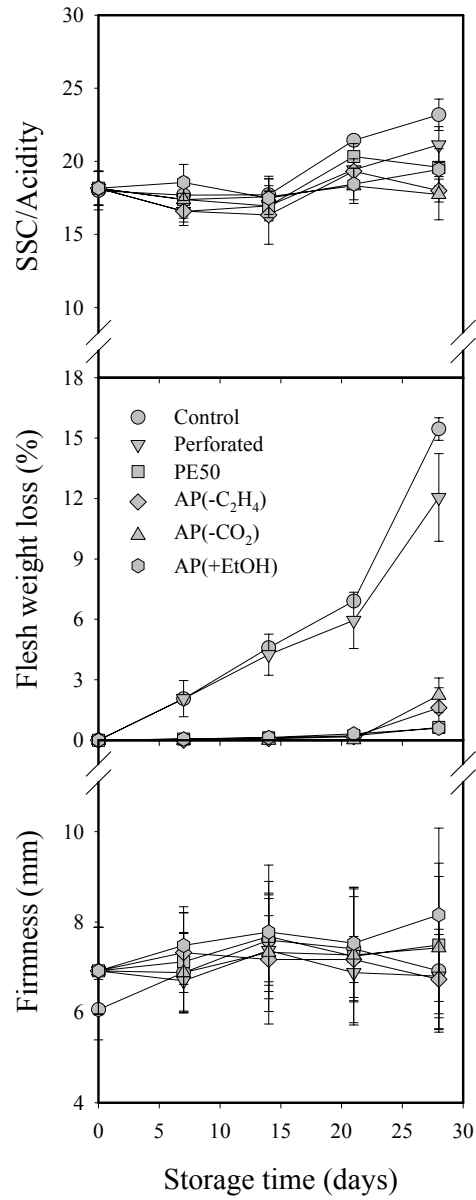


Fig. 68. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

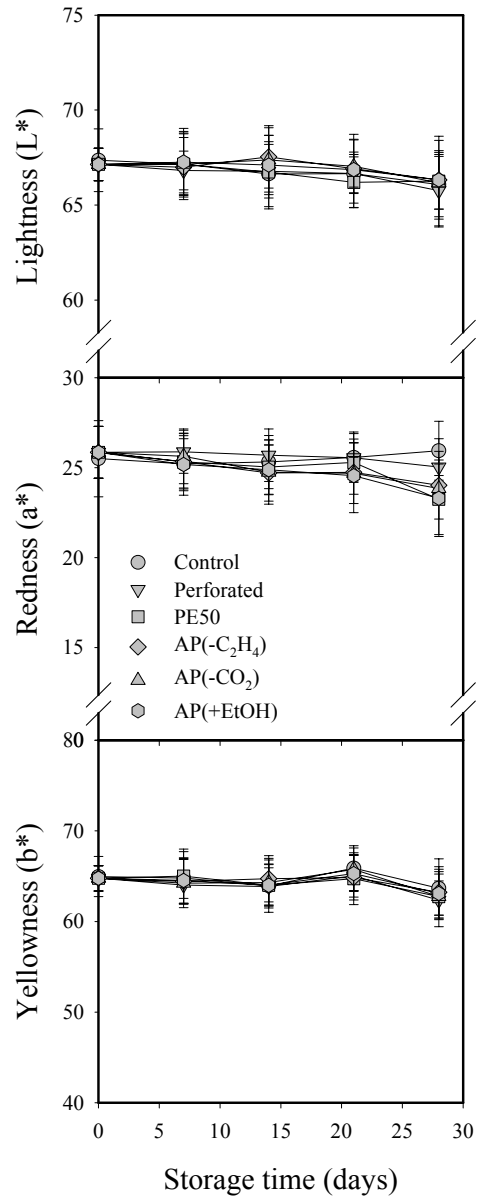


Fig. 69. Changes in peel color of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



Fig. 70. Appearance of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination after storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

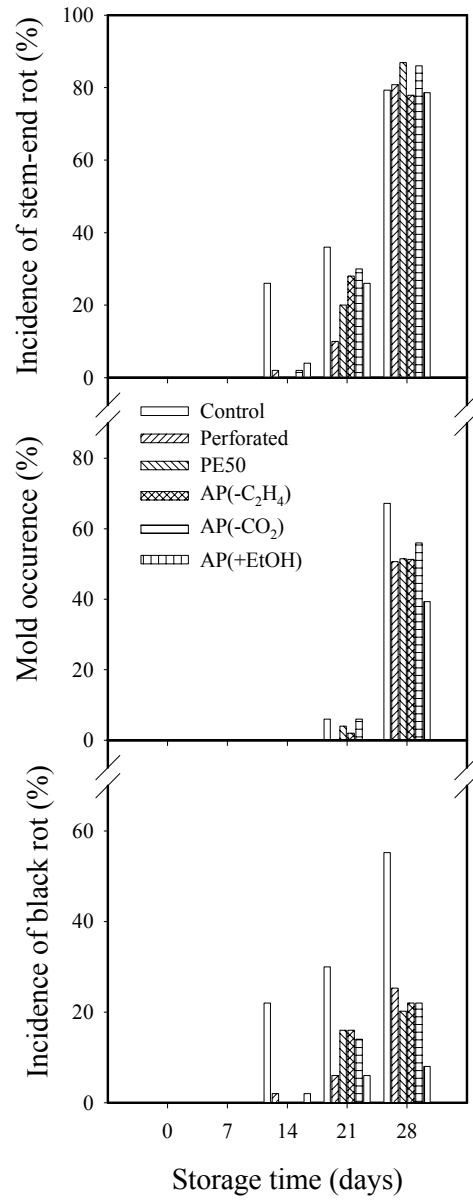


Fig. 71. Changes in decay ratio of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

Table 13. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of early harvested Satsuma mandarin treated with hot water and different packaging methods in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	4.3 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
	Perforated	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	PE50	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	AP(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	AP(-CO <sub>2</sub> )	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	AP(+EtOH)	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
7	Control	5.1 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.3 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>
	Perforated	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
	PE50	3.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
	AP(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
	AP(-CO <sub>2</sub> )	4.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	AP(+EtOH)	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>
14	Control	5.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	5.9 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>
	Perforated	4.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
	PE50	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	AP(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	4.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	AP(-CO <sub>2</sub> )	4.5 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	6.9 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>
	AP(+EtOH)	4.8 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	7.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>
21	Control	7.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	2.3 <sup>b</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>b</sup>					
	Perforated	5.6 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.5 <sup>ab</sup>					
	PE50	5.8 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>b</sup>	8.0 <sup>a</sup>					
	AP(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	6.6 <sup>ab</sup>	6.2 <sup>a</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	7.5 <sup>ab</sup>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	AP(-CO <sub>2</sub> )	5.2 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	7.8 <sup>a</sup>					
	AP(+EtOH)	5.3 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	7.7 <sup>a</sup>					
28	Control	6.6 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>a</sup>							
	Perforated	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>a</sup>							
	PE50	6.0 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>a</sup>							
	AP(-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	AP(-CO <sub>2</sub> )	6.3 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>a</sup>							
	AP(+EtOH)	5.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	2.8 <sup>a</sup>							

<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

#### 8. 감귤의 신선도 유지용 표준 열처리 방법의 현장 적용 가능성 검토

이상에서 살펴 본 열처리 방법 및 조건에 따른 저장 중 감귤의 생리, 이화학, 관능적 품질 특성 연구결과에 기초하여 생산 현장에서 직접 활용 가능한 상품 감귤의 유통중 신선도 유지용 표준 열처리방법으로서 효과가 입증된 열수처리를 선정하였고, 이의 실제 적용 가능성 검토를 위해 본 연구과제의 참여기업인 21세기영농조합법인 소유 선과장의 선과시설에 열수처리 장치를 장착하여 현장실험(Fig. 72)을 실시한 후 처리된 감귤시료를 실험실로 운송하여 품질특성 변화를 관찰하였다.

제주도 서귀포 지역의 무가온 온실에서 재배하여 2004년 9월초에 수확한 온주감귤을 대상으로  $\approx 65^{\circ}\text{C}$ 에서 5-10초 동안 열수 처리하였을 때 감귤의 초기 호흡률을 측정된 결과, 무처리 대조구가  $1.47 \text{ mL O}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ ,  $1.34 \text{ mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ 인데 비해 열수처리구는  $1.56 \text{ mL O}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ ,  $1.36 \text{ mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ 로 열수처리에 관계없이 호흡률이 일정하였다(Fig. 73). 또한  $5^{\circ}\text{C}$ 에서 21일간 저장한 다음 측정된 온주감귤의 호흡률도 선행 연구결과에서와 마찬가지로 시험구간의 일정한 차이를 구분할 수 없었다.

열처리를 실시한 감귤의 pH, 적정 산도, 가용성 고형분 함량을 측정된 결과, 온실재배 온주감귤의 pH는 선행 연구결과와 마찬가지로 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 열처리에 따른 차이는 전혀 나타나지 않았다(Fig. 74). 온실재배 온주감귤의 가용성 고형분 함량은 4주간의 저장기간 동안 유의적인 증감의 경향을 나타내지 않고 약  $10.2\text{-}11.3^{\circ}\text{Brix}$  범위 내에서 유지되었다. 한편 당/산 비율은 저장기간 동안 초기에 약 19.5 내외에서 저장 4주후에 약 25.0 수준으로 점차 증가하는 양상을 나타내었으나, 열처리에 따른 당/산 비율의 증감은 발견되지 않았다(Fig. 75).

저장 중 감귤의 생체중량 변화를 측정된 결과, 무처리 대조구와 열수처리구 시료는 저장 3주까지 3.0% 수준의 중량감소를 나타내다가 이후 저장 온도전환( $5^{\circ}\text{C} \rightarrow 18^{\circ}\text{C}$ )에 따라 급격히 증가하는 양상을 나타내어 저장 4주후에는 약 7.0%까지 생체중량이 감소되었다(Fig. 75). 선행연구에서 이미 확인된 바와 같이 생체중량 감소에 대한 열수처리의 영향은 무시할 만 하였다. 또한 과실 경도 역시 마찬가지로 저장기간 중 처리구간의 구분 없이 거의 일정하게 유지되었다(Fig. 75). 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 때

문에 일정한 감소 또는 증가의 경향을 나타내지 않는 경우가 많다. 한편 온실재배 온주감귤의 표피 색은 열처리 여부와 관계없이 저장 중 거의 일정하게 유지되었는데, 색차계로 측정된 감귤의 표면색 지표 값은 전체 저장기간 동안 L\*와 a\*는 변화 없이 일정하였고 b\*는 저장 초기 3-4 단위 가량 증가한 후 다시 서서히 감소하였으나 오차범위 내에서의 증감이었을 뿐 육안으로 외관상 변화를 구분하기는 지극히 어려운 수준이었다(Fig. 76 & 77). 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 부패과 발생빈도는 매우 낮은 편으로 저장 3주째에 무처리 대조구에서만 부패 증세가 나타나기 시작하였으며 온도전환(5℃→18℃)을 거쳐 저장 4주후에도 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 모두 10% 미만의 수준을 나타내었다. 이는 부지화나 청견과 마찬가지로 온실시설 내에서 재배하였기 때문에 초가을 수확기 감귤의 미생물 오염정도가 낮는데 기인한 결과로 이해된다. 예상한 바와 같이 열수처리는 온실재배 온주감귤의 부패 발생률을 현저하게 억제하는 효과가 있어 저장말기까지 열수처리구에서는 꼭지 썩음, 곰팡이 썩음, 표피 흑변 등의 부패증세가 전혀 발견되지 않았다(Fig. 78). 이러한 열수처리의 부패 억제효과는 앞서 언급하였듯이 직접적인 균체 사멸효과보다는 주로 표면 세척효과 혹은 일부 포자 발아억제 등에 의한 것으로 추정된다. 일반적으로 알려진 열수처리의 주요 효과는 과일 표피층에 있는 wax를 녹여 과실의 성장 중에 생긴 틈이나 거친 표면을 균일하게 만드는 것으로, 이는 병원균이 침투할 수 있는 틈이나 기공을 막아줌으로서 일종의 방어막을 형성하는 효과이다. 이러한 표피의 변형은 병원균 감염경로에 영향을 주어 germ tube 형성에 지장을 초래하고 결국에는 병원균 증식에도 영향을 미치게 된다. 그러나 온주감귤은 보고된 다른 감귤류와 달리 표피가 얇고 유사한 처리조건에서도 wax 층이 용융되지 않아 열수처리로 인한 wax 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,즙액정도 등의 체감품질 항목에 대해 차이식별 검사를 실시하였다. 관능검사 결과, 저장기간별로 처리구간에 현저한 평가점수 차이를 발견할 수 없었으나 열수처리는 외관품질 및 체감품질 항목 대부분에서 무처리 대조구에 비해 더 우수하게 평가되었다(Table 14). 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, 조식감, 즙액정도 등의 체감품질 항목에서도 열수처리의 품질보존 효과를 확인할 수 있었으며, 종합 품질에 대한 평가도 저장기간에 따른 유의적 차이가 아니지만 열수처리구에서 일관되게 높게 나타났다. 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. 결과적으로 현장실험에서 적용한  $\approx 65^{\circ}\text{C}$ , 5-10초의 열수처리는 저장 중 온주감귤의 부패과 발생을 현저히 억제시키는 동시에 외관품질 및 체감품질 유지에 매우 유리하였으며, 이로부터 상품 감귤의 유통중 신선도 유지용 전처리방법으로서 적정 열수처리가 매우 효과적임을 확인할 수 있었다.



<Water temperature checking>



<Hot water treatment>



<Water nozzle and brush>



<Dewatering and air-blowing>



<Hot air drying>



<Sizing and sorting>

Fig. 72. Field test of hot water washing and brushing treatment for green-house grown Satsuma mandarin on site at the packing house in Jeju island.

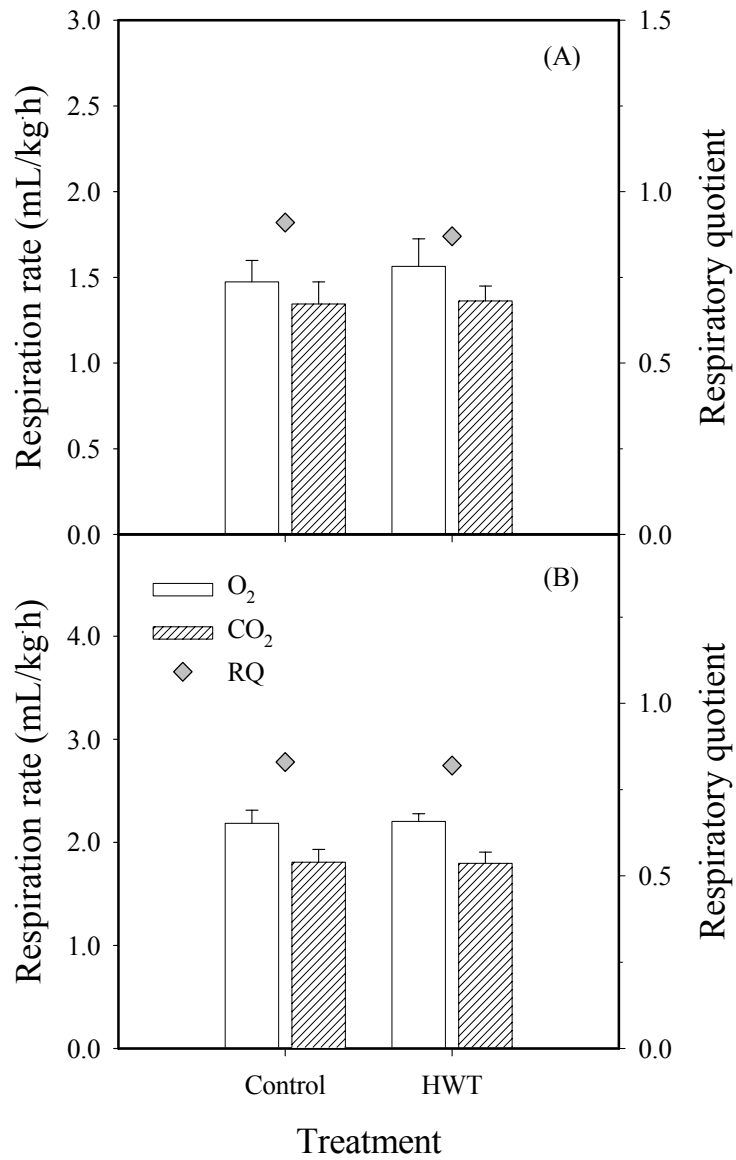


Fig. 73. Changes in respiration rate of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination during storage at 5°C for 21 days. (A): measured after heat treatment, (B): measured after storage of 21 days at 5°C.

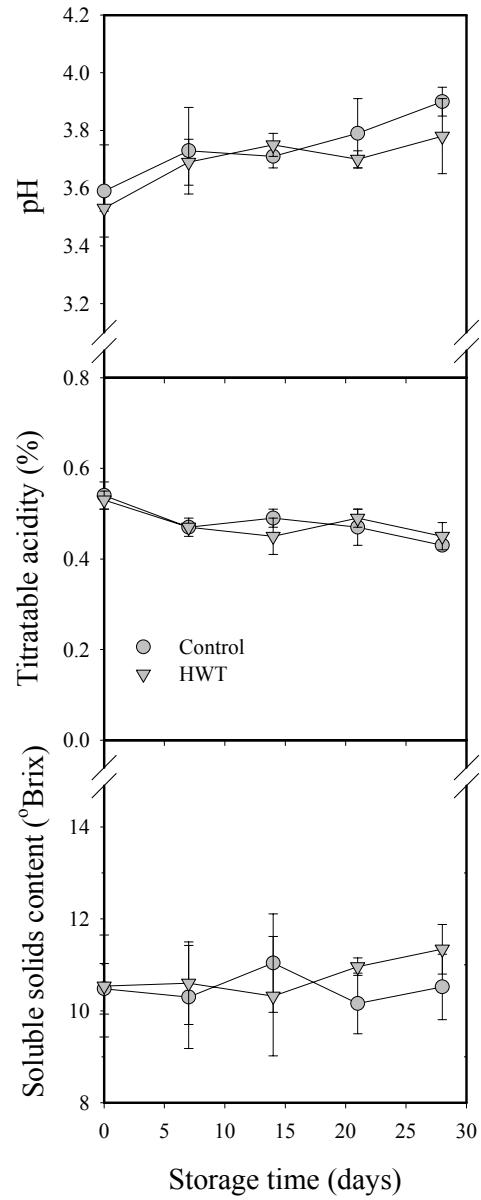


Fig. 74. Changes in pH, titratable acidity, and soluble solids content of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

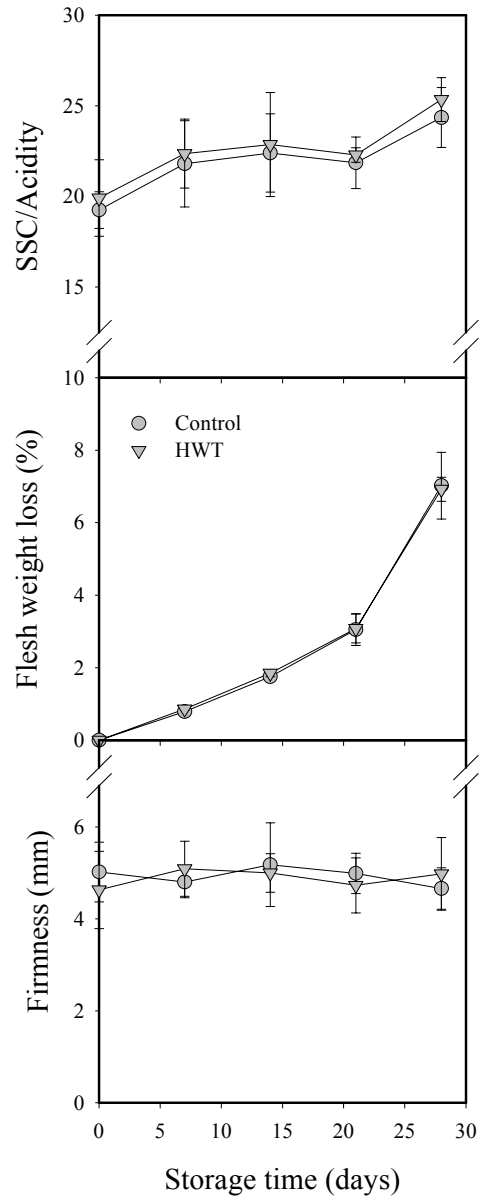


Fig. 75. Changes in SSC/acidity, flesh weight loss, and firmness of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

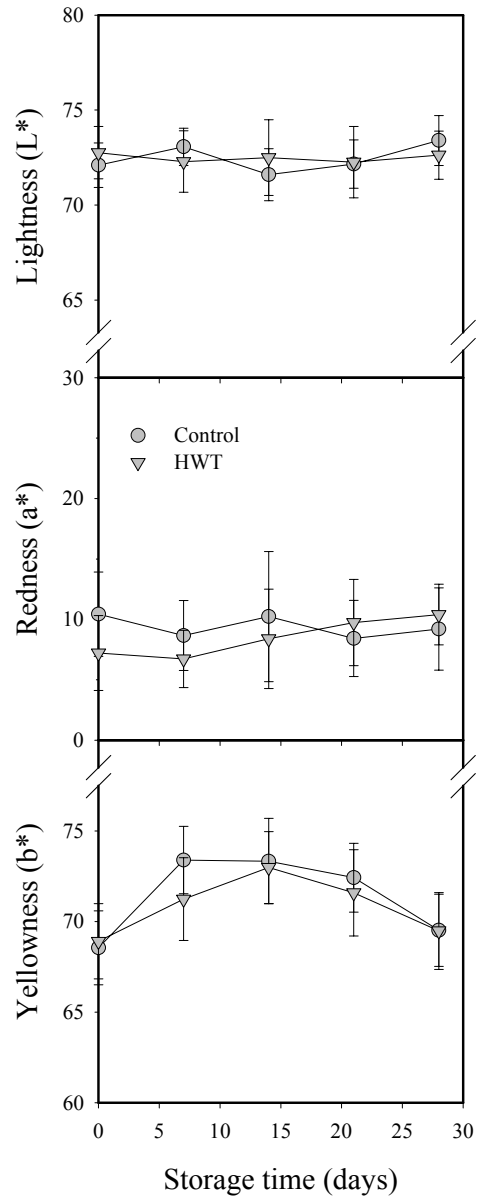


Fig. 76. Changes in peel color of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



Fig. 77. Changes in appearance of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.

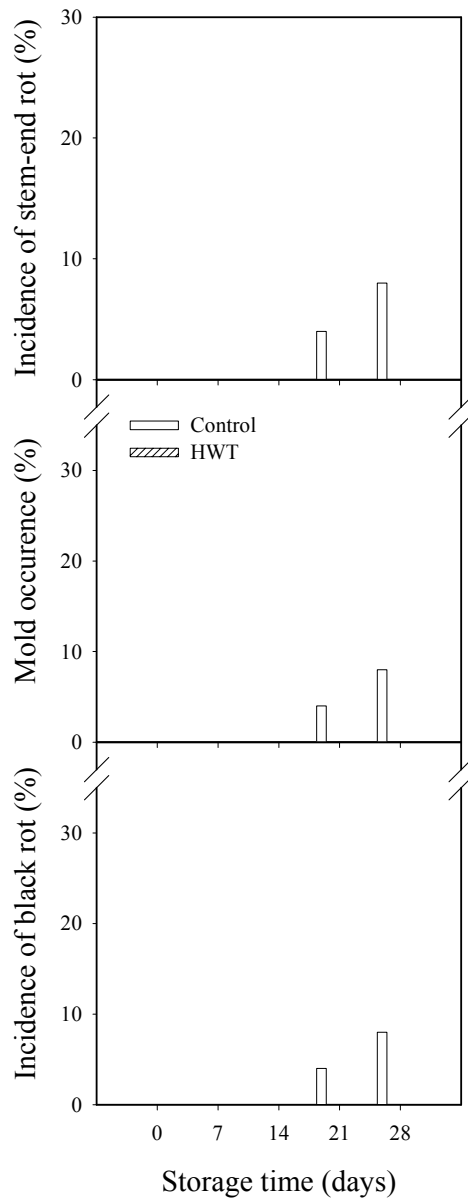


Fig. 78. Changes in decay ratio of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days.



Table 14. Changes in sensory scores<sup>1)</sup> of green-house grown Satsuma mandarin treated with hot water and brushing in combination (field test) during storage at 5°C for 21 days and at 18°C for additional 7 days

Storage time (days)	Treatment	Visual attribute				Organoleptic attribute						
		Discoloration	Wilting	Gloss	Overall quality	Firmness	Peelability	Sourness	Sweetness	Texture	Juiciness	Overall quality
0	Control	1.4 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	4.6 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>
	HWT	1.1 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>
7	Control	1.9 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
	HWT	2.4 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
14	Control	2.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
	HWT	1.6 <sup>b</sup>	2.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>
21	Control	2.3 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
	HWT	3.1 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
28	Control	3.7 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>
	HWT	3.1 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>

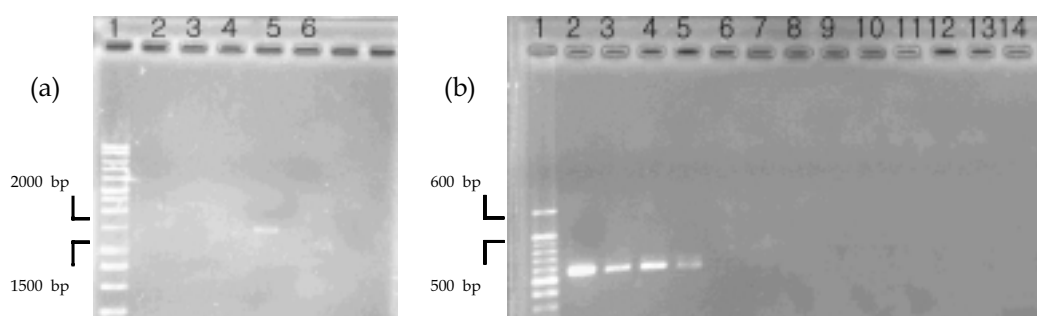
<sup>1)</sup> The values are means of ten replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ( $p < 0.05$ , Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases.

## 9. 감귤의 미생물 검지용 PCR-DGGE 기법 정립

감귤류 표면에 서식하는 부패 미생물을 신속, 정확하게 검지하기 위해 분자생물학적 유전자 finger-printing 기법인 PCR-DGGE 방법을 정립하였다. 구체적인 PCR-DGGE 기법의 실험적 수행절차는 우선 해당 미생물의 DNA를 추출하고, 18S-rRNA coding 유전자를 PCR을 이용하여 증폭한 다음, DGGE와 같은 유전자 finger-printing을 통해 PCR 산물을 분석하여 미생물을 동정하는 순서로 진행하였다.

감귤의 표면에 존재하는 미생물로부터 DNA를 추출한 후 DNA 순도를 알아보기 위해 UV-spectrophotometer를 이용하여 260 nm와 280 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도 비율을 구한 결과, 단백질이나 폐놀에 오염되지 않은 순수한 DNA의 경우 그 비율이 1.80 수준인데 본 실험에서는 세균 DNA의 흡광도는 1.90 내외, 곰팡이 DNA의 흡광도는 1.82 정도가 나와 비교적 순수한 DNA만을 추출 정제한 것으로 판단되었다. 또한 DNA 추출 및 PCR 과정이 정상적으로 진행되었는지를 확인하고자, *Geotrichum candidum*과 *Trichoderma viride* 곰팡이를 control로 사용하여 DNA 추출과 PCR 과정을 재차 실시하였다. Primer set B(EF4f-F5r)를 이용하여 *G. candidum*과 *T. viride* 곰팡이에 대해 PCR을 실행하였을 때 530 bp의 DNA 조각이 생성된다는 선행 결과보고에 근거하여, 본 연구에서는 *G. candidum*, *T. viride*, 혼합 균주 (*G. candidum* + *T. viride*) 및 감귤 표면 곰팡이에서 DNA를 추출하고 4종류의 다른 primer set를 이용하여 PCR을 실행한 후 agarose gel에서 전기영동을 실시하였다(Fig. 79).

전기영동 결과에서 *G. candidum*, *T. viride* 및 혼합 균주의 경우 primer set B에 의해서만 530 bp의 DNA 조각이 검출됨으로서, 본 실험에 적용된 DNA 추출이나 PCR 수행 조건에 문제가 없었음이 확인되었다. 한편 감귤 표면 곰팡이의 경우 primer set A와 B에서 DNA 조각이 검출되었으나 primer set C와 D에서는 DNA 조각이 전혀 검출되지 않았고, primer set A의 경우에도 예측했던 1,540 bp 조각 외에 약 1,800 bp의 DNA 조각이 예상 밖에 검출되어 specific primer로서 문제가 발견되었다. 그러나 primer set B는 예측했던 530 bp의 DNA 조각만이 검출되어 결과적으로 감귤 곰팡이 검출용 primer로서 EF4f-F5r(EF4f: GGA AGG GAT GTA TTT ATT AG - F5r: GTA AAA GTC CTG GTT CCC)을 선택하게 되었다.



(a) 1.0% agarose gel		(b) 1.5% agarose gel	
EF4f-EF3r(set A, 1540bp)	EF4f-F5r (set B, 530bp)	EF4f-NS2r (set C, 340bp)	NS2f-F5r (set D, 230bp)
2: <i>Geotrichum candidum</i> ,	2: Citrus Fungi Sampke	6: Citrus Fungi Sample	10: Citrus Fungi Sample
3: <i>Trichoderma viride</i>	3: <i>Geotrichum candidum</i>	7: <i>Geotrichum candidum</i>	11: <i>Geotrichum candidum</i>
4: <i>G. candidum</i> + <i>T. viride</i>	4: <i>Trichoderma viride</i>	8: <i>Trichoderma viride</i>	12: <i>Trichoderma viride</i>
5: Citrus Fungi Sample	5: <i>G. candidum</i> + <i>T. viride</i>	9: <i>G. candidum</i> + <i>T. viride</i>	13: <i>G. candidum</i> + <i>T. viride</i>
6: (-) negative	14: (-) negative		

Fig. 79. Verification of PCR results by running electrophoresis on agarose gel with 4 types of primer sets.

(a) primer set A (on 1% agarose gel), (b) primer set B, C, and D (on 1.5% agarose gel).

## 10. 감귤의 표면 미생물 검지

동일한 크기의 PCR 산물인 DNA 조각이 DGGE에 의해 분리될 수 있는지 또한 본 실험에서 DGGE 조건이 올바르게 설정되었는지를 확인하기 위해, PCR 검증에서 사용한 *G. candidum*, *T. viride*, 혼합 균주(*G. candidum* + *T. viride*)의 PCR 조각을 감귤 곰팡이 DNA 조각과 함께 DGGE로 전기영동을 걸어 분석한 결과, 1번(*G. candidum*)과 2번(*T. viride*) 선에서 각각 1개의 DNA 조각이 검출되었고, 3번(*G. candidum* + *T. viride*) 선에서는 1, 2번 선의 DNA가 동시에 검출되었다(Fig. 80). 이로부터 DGGE 전기영동은 기존의 전기영동과 달리 DNA 크기에 따라 분리되는 것이 아니라 같은 크기의 DNA 조각이라 하더라도 염기배열에 따라 분리되므로 각각의 미생물을 분리 동정할 수 있는 효율적인 방법임이 확인되었고, 아울러 본 연구에서 DGGE 실험 조건이 합당하게 설정되었음을 확인할 수 있었다. 한편 감귤 표면 곰팡이(4번 선)의 경우 서로 다른 종류의 DNA 조각이 3개 검출되었으므로 3가지 다른 종류의 곰팡이가 존재함을 알 수 있었으며, 이들의 정확한 곰팡이 동정은 DGGE로부터 분리된 DNA 조각의 염기서열을 sequencing한 후 미국 Michigan 주립대학교의 미생물 생태학 연구 센터에서 관리하는 Ribosomal Database Project (RDP) database에 matching 시킴으로서 균주를 동정할 수 있다.

곰팡이와는 별도로 감귤 표면에 존재하는 세균을 신속하게 검지하기 위하여 검출이 예상되는 10종의 bacteria에 대한 PCR-DGGE 용도의 marker를 제작하였다(Fig. 81). 이들 3가지 primer set은 각기 341fGC/534r(Kazuya *et al.*, 2001), 27F/PRUN518R(Kim *et al.*, 2003), DG74/RW01(Greisen *et al.*, 1994)이었으며 이들을 이용하여 PCR 과정을 수행하였다. 그 결과 341fGC/534r을 제외한 나머지 2개의 primer set은 흐리게 뭉겨지는 smearing 현상과 함께 분리능력이 저하됨을 알 수 있었는데, 결국 GC clamp가 달려 있는 primer를 사용하여야 선택적 분리능력을 증가시킬 수 있음이 확인되었다. 일반적으로 식품에 존재하는 10종의 세균에 대해 bacterial DNA를 추출하고 GC clamp가 달려 있는 341f/534r primer를 사용하여 PCR을 진행한 다음 agarose gel에 전기영동을 실행한 결과, 전기영동 사진(Fig. 81)에서 알 수 있듯이 240 bp 크기의 DNA 조각이 검출되었다. 이는 선행 연구결과(Kazuya *et al.*, 2001)와도 일치하는 것으로서 본 연구에서 수행한 bacterial DNA 추출과정이나 PCR 실행 조건이 별다른 문제가 없음을 입증하는 자료라고 판단된다.

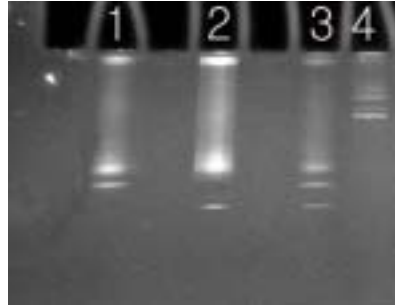


Fig. 80. DGGE separation of fungi DNA fragments generated with EF4f-F5r primers. (Lane 1: *Geotrichum candidum*, L 2: *Trichoderma viride*, L 3: *G. candidum* + *T. viride*, L 4: citrus fungi sample)

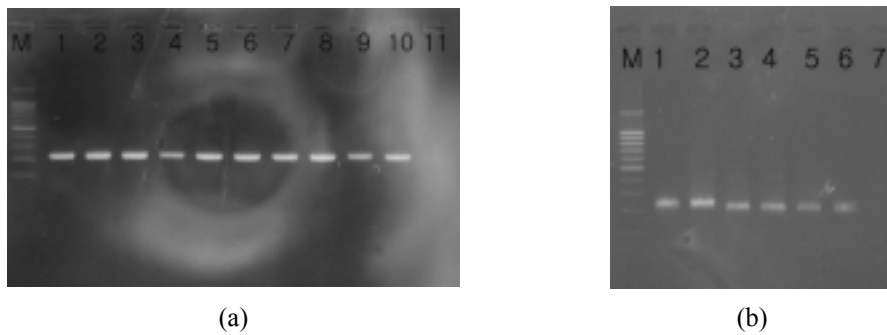


Fig. 81. Specificity and sensitivity by 341fGC-534r on 1.5% agarose gel to (a) amplified PCR products from 10 species for identification ladders (b) amplified PCR products from citrus fruits.

(a) M: 100 bp marker, L 1-10: 10 species (see the text), L 11: negative control

(b) M: 100 bp marker, L 1: 3N, L 2: 3H, L 3: 3N, L 4: 3H, L 5: 3N, L 6: 3H, L 7: negative control, where N and H stand for the untreated and heat-treated fruits.

#### 11. 감귤의 검지 미생물군 data-base화 및 열처리 감귤의 저장중 미생물 거동변화 확인

열처리 감귤의 품종별로 저장 중 표면에서 발견되는 세균의 거동 변화를 알아보기 위해 온주 감귤과 부지화 감귤을 선택하여 52°C에서 2분간 열수 처리한 후 7일간 상온에서 저장하면서 세균의 거동 변화를 제조된 2개의 marker를 이용하여 확인하였다(Fig. 82). 그림에서 보듯이 좌측 M1 marker에 5종의 세균(M1: *E. coli* 0157-H7, *Listeria monocytogenes* KCTC 3710, *Staphylococcus aureus* ATCC 65389, *Bacillus subtilis* ATCC 51189, *Salmonella typhimurium* KCTC 2878)과 우측 M2 marker에 다른 5종의 세균(M2: *E. coli* ATCC 8739, *Shigella sonnei* ATCC 29930, *Bacillus cereus* ATCC 11778, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802, *Pseudomonas aureuginosa* ATCC 9027), 모두 10종의 일반 세균균주에 대해 전기영동을 실시한 결과, 각각의 lane에서 선명한 밴드로 분리되는 것을 확인하였다. 그러나 감귤의 품종별로 열처리 후 상온에 저장하면서 3, 7일째에 시료에서 채취한 표면 세균의 전기영동 결과는 6개의 시료 모두가 특정한 위치에서 선명한 밴드를 생성하였다. 이는 본 연구에 사용된 marker로 확인할 수 있는 10개의 일반 세균과는 확연한 차이를 보이므로 전혀 다른 종류의 세균이라고 판단된다. 참고로 marker로 선정된 10개의 균주가 실제 감귤 표면에 존재하는지를 확인하기 위하여 식품공전에 명시된 균주 검출법에 따라 선택배지를 사용하여 그 존재 유무를 확인하였다. 실험 결과 PCR-DGGE에서와 마찬가지로 *E. coli* 0157, 대장균, 대장균군, *Salmonella*, *Listeria*, 황색 포도상구균, *Bacillus cereus* 등 7종의 세균은 존재하지 않음을 알 수 있었다. 따라서 감귤 시료에서 확인된 DNA를 정확하게 동정하기 위하여 염기서열 분석을 의뢰하였고, 염기서열 분석 결과는 Table 15와 같았다. 분석된 염기서열 순서를 ribosomal database와 matching시켜 보았더니, 6개의 밴드 모두 100%의 유사성 수준에서 식물체 엽록소(*Panax ginseng* chloroplast)인 것으로 판명되었다. 이는 감귤의 표면에서 세균을 채취할 때 껍질과 함께 분쇄하였기 때문에 식물체 엽록소의 DNA가 primer에 의해 복제된 것으로 이해된다. 또한 감귤 표면에서 발견될 수 있는 세균의 절대량 자체가 매우 낮은 농도(총균수 기준  $10^2$  CFU/g 이하)이므로 PCR-DGGE 방법을 이용하여 감귤 표면 세균을 검출하기 위해서는 DNA 추출 전에 세균을 별도로 배양하여 증폭시킬 필요가 있다. 본 실험에서 사용한 primer에 의해 증폭되는 DNA 조각이 240 bp의 상대적으로 작은 조각이므로 확률적으로도 실험 오차일 가능성이 다분히 높다. 따라서 크기가 더 큰 DNA 조각을 만들 수 있는 다른 primer를 선택할 필요가 있으나, 너무 크기가 큰 DNA 조각을 만드는 primer는 신뢰성이 높지만 증폭될 확률이 작아지므로 DNA 조각의 크기를 최적화할 필요가 있다. 결론적으

로 감귤 표면 미생물을 신속 정확하게 검지할 수 있는 방법으로서 PCR-DGGE라는 분자생물학적 방법의 사용 가능성을 확인해 본 바, 감귤 표면의 세균은  $10^2$  CFU/g 이하로 매우 적게 존재하므로 직접적인 PCR-DGGE 수행으로는 신뢰성 있게 DNA 조각을 증폭하지 못하기 때문에 DNA 추출 이전에 배양을 통해 세균 자체를 증폭시킬 필요가 있고, 또한 PCR을 수행할 때 감귤 껍질에 존재하는 식물성 DNA도 증폭되므로 시료 분쇄단계에서 최대한 껍질을 배제할 필요가 있다.

감귤 표면에서 자라는 부패 곰팡이를 검지하고자, 상온에 저장하여 감귤을 부패시킨 후 표면에 존재하는 4종의 곰팡이를 순수 분리하였다. 이렇게 분리된 곰팡이를 순수 분리 배양하여 DNA를 추출하였으며, 이들 DNA에 대해서 곰팡이 검지용 primer로 선택된 EF4f/F5r primer를 이용하여 PCR을 수행한 다음 agarose gel 전기영동과 DGGE를 실행하였다(Fig. 83). 전기영동 사진에서 보듯이 4종의 곰팡이에서 모두 예측했던 530 bp의 DNA 조각이 검출되어 DNA 추출과정이나 PCR 수행 조건이 아무문제 없이 진행되었음을 알 수 있었다. 이들 증폭된 곰팡이 DNA 조각을 대상으로 DGGE 전기영동을 실행한 결과, 4종의 곰팡이에 대해 각각의 lane에서 선명한 밴드를 확인할 수 있었다(Fig. 84a). 정확한 곰팡이 동정을 위하여 염기서열 분석을 수행한 후 ribosomal database에서 유사성 검색을 실시하였는데, 95-99%의 유사성으로 각각 *Penicillium italicum*(푸른 곰팡이), *Botrytis cinerea*(회색 곰팡이), *Glomerella cingulata*(갈색 곰팡이), *Penicillium digitatum*(녹색 곰팡이)으로 판정되었다. 이러한 결과는 상온에서 발견되는 온주감귤 부패과로부터 곰팡이를 순수 분리하여 균주의 형태 및 생리학적 특성에 따라 분류 동정한 선행 연구결과(Ko and Kim, 1996)와도 일치하였다. 한편 열처리 감귤의 표면 곰팡이를 검출하고자 온주감귤을 52°C 열수에서 2분간 침지하여 열처리한 다음, 무처리 대조구와 열처리구로 나누어 PCR-DGGE 방법을 이용하여 표면 곰팡이를 검출하였다(Fig. 84b). 그림에서 보듯이 4종의 곰팡이 marker가 agarose gel 상단부의 서로 다른 위치에 선명한 밴드를 나타내었다. 그러나 열처리에 따른 감귤 시료의 전기영동 결과는 제작된 marker의 위치나 이동정도가 일치하지 않았는데, 따라서 보다 정확한 동정을 위하여 염기서열 분석을 수행한 후 ribosomal database와 비교 검토해 보았다. Table 16에 나타낸 바와 같이 무처리 대조구나 열처리구 시료 모두 토양곰팡이인 *Penicillium verruculosum*으로 확인되었으며, 결과적으로 본 연구에서 적용한 52°C, 2분의 열수처리로는 감귤 표면 곰팡이의 거동 변화가 유발되지 않는다는 사실을 확인할 수 있었다.

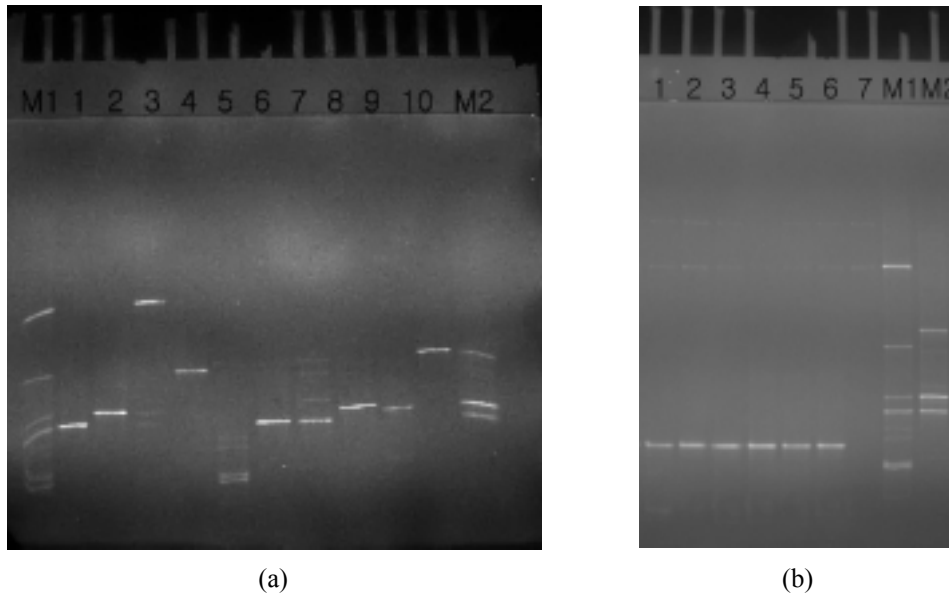


Fig. 82. DGGE analysis of the 16S rDNA amplicons generated by PCR (a) from 10 species (see below the legends) used for the construction of the DGGE identification ladders M1 and M2 (b) from citrus fruits which were untreated and heat-treated.

(a) Lane 1: M1(mixed 2-6 lane samples), L 2: *E. coli*, L 3: *Listeria monocytogenes*, L 4: *Staphylococcus aureus*, L 5: *Bacillus subtilis*, L 6: *Salmonella typhimurium*, L 7: *E. coli*, L 8: *Shigella sonnei*, L 9: *Bacillus cereus*, L 10: *Vibrio parahaemolyticus*, L 11: *Pseudomonas aureuginosa*, L 13: M2(mixed 7-11 lane samples), L 14: negative control

(b) Lane 1: ON, L 2: O3H, L 3: O7H, L 4: BN, L 5: B3H, L 6: B7H, L 7: negative control, L 8: M1(5 strains, artifactual marker 1), L 9: M2(5 strains, artifactual marker 2), where O(Satsuma mandarin): lane 1-3, B(Shiranuhi citrus fruit): lane 4-6, N: untreated fruits, H: heat-treated fruits.



Table 15. Results of BLAST analysis on sequences obtained from the selected bands excised from DGGE

Lane number on DGGE gel	Sequence length (bp)	BLAST homology %	Microorganism
1	228	95	<i>Panax ginseng</i> chloroplast
2	220	92	<i>Panax ginseng</i> chloroplast
3	223	93	<i>Panax ginseng</i> chloroplast
4	223	93	<i>Panax ginseng</i> chloroplast
5	223	93	<i>Panax ginseng</i> chloroplast
6	230	96	<i>Panax ginseng</i> chloroplast

\* Lane numbers refer to figures, except band 8 which was obtained from denaturing gel of fungi isolated from citrus fruits (see details in Fig. 82b).

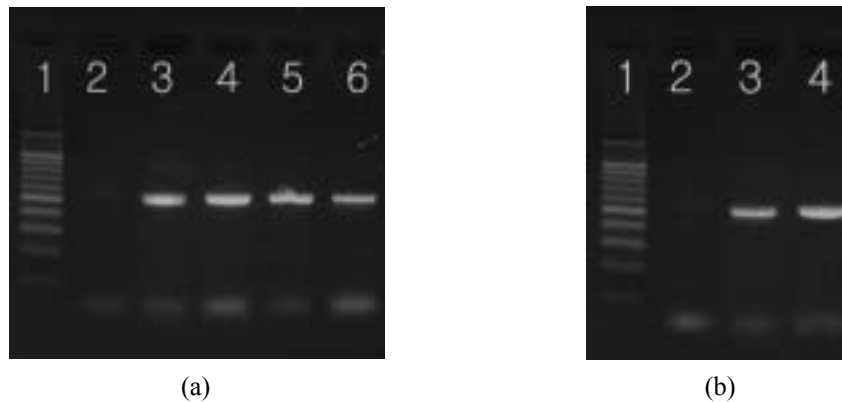


Fig. 83. EF4f/F5r primer specificities of (a) 4 fungi expected and 2 fungi from the untreated and heat-treated citrus fruits on 1.5% agarose gel.

(a) Lane 1: 100 bp marker, L 2: negative control, L 3: *Glomerella cingulata*, L 4: *Penicillium italicum*, L 5: *Penicillium digitatum*, L 6: *Botrytis cinerea*

(b) Lane 1: 100 bp marker, L 2: negative control, L 3: untreated fruits, L 4: heat-treated fruits

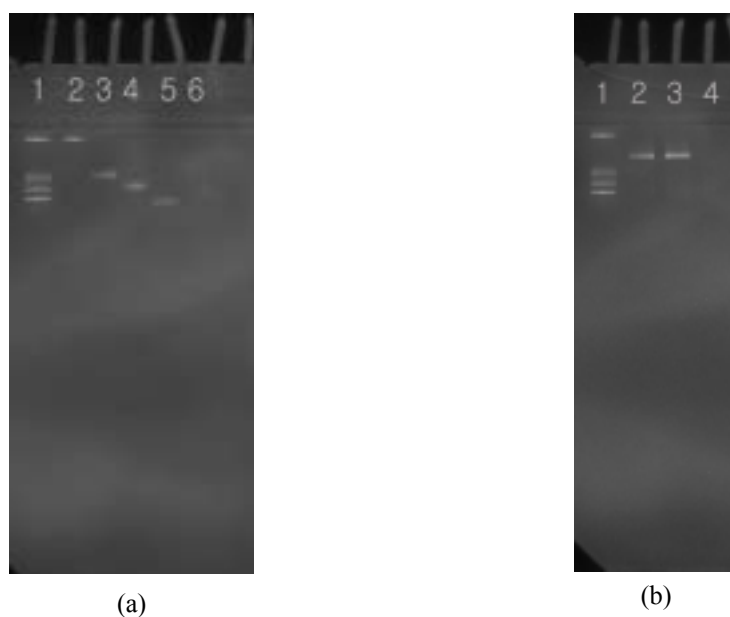


Fig. 84. Separation of amplicons generated with the EF4f-F5r primers and genomic DNA of selected fungi via DGGE. The gel contained 8% polyacrylamide and 40-50% denaturants. Gel was run for up to 15 min at 200 V and 14 h at 70 V (60°C).

(a) Lane 1: artifactual marker (mixed), L 2: *Glomerella cingulata*, L 3: *Penicillium italicum*, L 4: *Penicillium digitatum*, L 5: *Botrytis cinerea*, L 6: negative control

(b) Lane 1: artifactual marker, L 2: from the untreated fruits after 7 days storage, L 3: from the heat-treated fruits, L 4: negative control

Table 16. Results of BLAST analysis on sequences obtained from the selected bands excised from DGGE

Lane number on DGGE gel	Sequence length (bp)	BLAST homology (%)	Microorganism
2	495	93	<i>Penicillium verruculosum</i>
3	477	90	<i>Penicillium verruculosum</i>

\* Lane numbers refer to figures, except band 8 which was obtained from denaturing gel of fungi isolated from citrus fruits (see details in Fig. 84b).

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	연구목표 및 평가의 착안점	연구개발목표의 달성도(%)	관련분야 기술발전에의 기여도
1차년도 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 감귤의 열처리시스템 구축 및 조건확립 여부</li> <li>○ 열처리 감귤의 생리/품질특성 변화조사 여부</li> <li>○ 감귤의 수확시기 및 주요 품종별 열처리효과 비교</li> </ul>	100 100 100	매우 큼
2차년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 첨가제비용 열처리 감귤의 저장성 확인시험 여부</li> <li>○ 포장기법비용 열처리 감귤의 저장성 확인시험 여부</li> <li>○ 감귤의 열처리 표준방법 현장 적용성 검토 여부</li> </ul>	100 100 100	매우 큼
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열처리 감귤의 생리/품질특성 변화 측정의 합리성</li> <li>○ 수확시기 및 주요 품종별 감귤 열처리효과 비교의 타당성</li> <li>○ 열처리 감귤의 저장 중 품질유지 효과의 우수성</li> </ul>	100 100 100	매우 큼

본 연구개발과제의 연차별 연구개발 목표인 감귤의 품질유지에 적합한 열처리기법 구축과 감귤의 신선도 유지용 열처리기술 확립을 위하여, 실험실 수준의 열풍 및 열수 처리장치를 구성하여 연구에 활용하였고, 감귤의 호흡률, 변색, 과실 조직강도 등 생리특성과 pH, 산도, 당 함량, 중량 손실, 미생물 오염, 관능적 품질 등의 품질특성을 선정하여 개별 특성항목의 측정방법을 확립한 다음, 대표적 감귤 품종인 제주산 온주감귤을 대상 시료로 하여 다양한 열처리 조건에 따른 생리특성 및 품질특성 변화를 조사하였다. 그 결과 제한적 열풍처리는 온주감귤의 저장 중 부패과 발생률을 감소시킴으로서 품질유지에 효과적이었으며, 열수 처리의 경우 부패과 발생을 억제하고 동시에 외관품질 유지에도 효과적임을 확인할 수 있었다. 또한 감귤 시료의 수확시기(온주 조생, 만생, 온실재배)와 주요 품종(온주, 부지화, 청

건)별로 구분하여 적정 열처리 조건에 따른 품질특성 변화를 측정하였다. 열처리와 화학약제 병용에 따른 감귤의 저장 안정성을 검토하고자 sodium acetate, sodium citrate, hydrogen peroxide, EDTA 등을 사용한 결과, 열수와 약제 병용처리는 조생 온주감귤의 이화학적, 관능적 품질변화에 부정적인 영향을 미치지 않았으며 저장 중 부패과 발생을 현저하게 억제함으로서 외관품질을 유지하는데 효과적이었다. 또한 열처리와 포장기법 병용에 따른 감귤의 저장성을 검토하고자 여러 가지 통기성 또는 밀봉 포장재와 다양한 기능성 포장방법을 적용한 결과, 감귤을 포장하는데 있어 밀봉 포장재는 이취 발생이라는 심각한 관능적 품질저하를 유발하므로 적절치 않으나 통기성 포장재는 부패과 발생을 억제함은 물론 외관 및 관능품을 유지하는데도 효과적임을 확인할 수 있었다. 개발 열처리기술의 현장적용 가능성 검토를 위해 현지 선과장에서 열수처리를 실시한 후 감귤을 저장하면서 품질특성을 측정된 결과, 열처리는 부패과 발생을 현저히 억제시키는 동시에 외관품질 및 체감품질 유지에 매우 유리하였으며 이로부터 상품 감귤의 유통중 신선도 유지용 전처리방법으로서 적정 열수처리가 매우 효과적임을 확인할 수 있었다. 한편 감귤류 표면에 서식하는 부패 미생물을 신속, 정확하게 검지하기 위하여 유전자 finger-printing 기법인 PCR-DGGE 방법을 정립하였다. 표준 균주인 *Geotrichum candidum*과 *Trichoderma viride*, 이들의 혼합 균주 및 감귤 곰팡이로부터 DNA를 추출하고 4종류의 primer set를 이용하여 PCR을 실시한 후 전기영동을 실행하였으며 감귤 표면 곰팡이의 경우 검출용 primer로서 EF4f-F5r을 선택하였다. 표준 균주의 PCR 조각을 감귤 곰팡이 DNA 조각과 함께 DGGE로 전기영동 분석함으로서 각각의 미생물을 분리 동정할 수 있었고, 적용된 DGGE 실험 조건이 합당하게 설정되었음을 확인하였다. 그러나 감귤 표면에서 세균은  $10^2$  CFU/g 이하의 낮은 수준으로 존재하므로 직접적인 PCR-DGGE 방법으로 신뢰성 있게 DNA 조각이 증폭되지 않으므로 DNA 추출 전 배양을 통해 미생물 자체를 증폭할 필요가 있었다. PCR-DGGE 기법을 통해 부패 감귤에서 검출한 곰팡이는 *Penicillium italicum*(푸른 곰팡이), *Botrytis cinerea*(회색 곰팡이), *Glomerella cingulata*(갈색 곰팡이), *Penicillium digitatum*(녹색 곰팡이) 등의 4가지로 구분되었으며, 중온 열수처리로는 표면 곰팡이의 거동 변화가 없음을 확인하였다. 이상의 연구결과에 기초하여 결과적으로 최종적인 연구개발 목표를 충분히 달성하였다고 판단되며, 본 연구개발 결과는 관련분야의 기술발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### ○ 추가연구의 필요성

후속 연구지원이 이루어질 경우 저장 유통중 감귤류의 품질유지를 통해 비가격 경쟁력을 향상시킬 수 있도록 제한적 열처리 표준공정을 확립하여 향후 차별화된 고품질 감귤 상품의 대량유통을 위한 전처리 설비 및 공정을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

### ○ 타연구에의 응용

본 연구개발을 통해 실험실 규모의 제한적 열처리 시스템을 구축하고 신선 농산물의 생리 특성, 미생물, 식물조직, 품질평가 측정 기구 등을 확립하였으므로 감귤류 이외의 신선 농산물에 대해 저장 유통중 고품질을 유지할 수 있는 환경친화형 전처리 방법으로서 열처리기술의 새로운 적용 연구에 응용 가능할 것으로 판단된다.

### ○ 기업화 추진방안

수확후 제한적 열처리에 의한 감귤의 저장 안정성 향상 연구결과를 국내외 학술회의 및 저명 학술지에 지속적으로 보고하여 관련 연구의 기초 자료로 공개하고, 핵심기술은 대중매체 홍보 등을 통해 공개하여 개발된 주요 처리기술을 체계적으로 보급하고자 노력한다.

후속 연구지원을 통해 저장 중 감귤류의 품질유지를 위한 제한적 열처리 표준공정을 확립하고 차별화된 고품질 감귤 상품의 대량유통을 위한 전처리 설비 및 공정 개발을 추진하여 완성도 높은 현장기술을 생산자 단체 및 조합에 제공함으로써 개발기술의 활용도를 증진시키고자 노력한다.

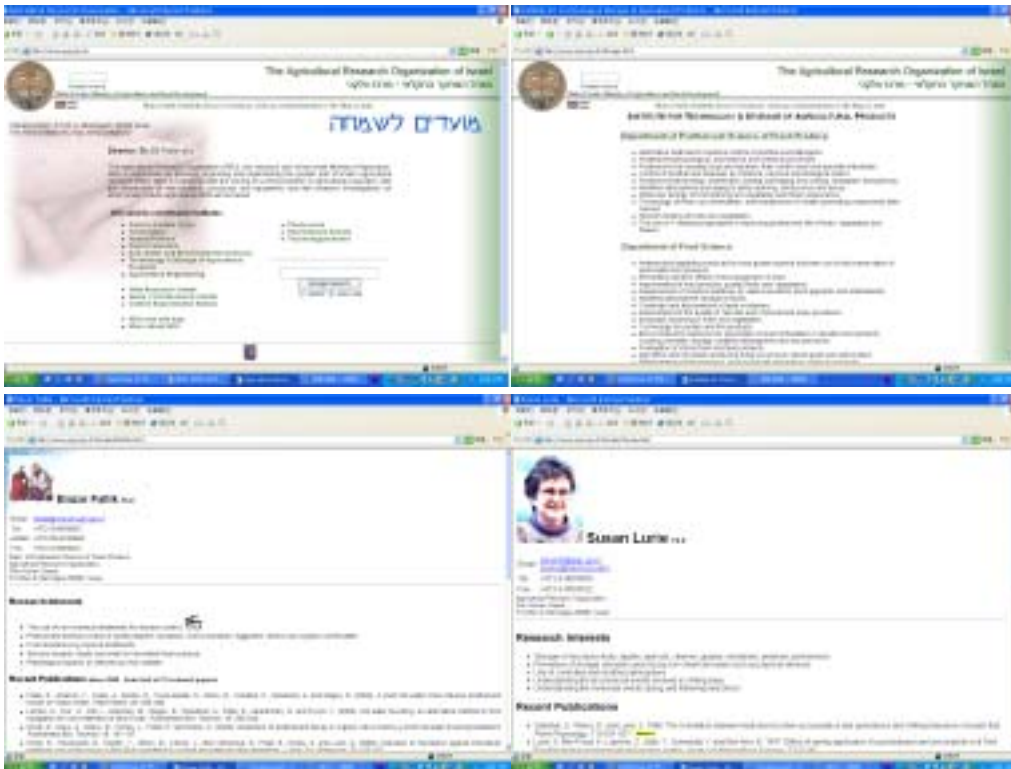
국내산 감귤 상품의 수확후 품질유지 기술의 일환으로 개발된 환경친화형 제한적 열처리 기술 know-how를 연구과제 참여기업인 21세기영농조합법인은 물론 국내 희망 생산자 단체 및 조합에게 단계적으로 기술 전수하여 연구개발 결과의 현장 활용을 통한 기술 실용화를 적극 추구한다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### - Postharvest Heat Treatments Related Current Projects in Volcani Center

- Development of method for cleaning and disinfecting agricultural fresh produce using a **short hot water rinsing and brushing technique**
- Development of sensory analysis for evaluation the taste and smell in fresh harvested produce
- **Postharvest physical treatments** for prevention of pathogen infection and its mode of action
- **Postharvest heat treatments** for disinfestation and quality maintenance of citrus fruits
- The involvement of **heat shock proteins** in protecting fruit against low temperature injury
- Genetic alteration of plants increase tolerance to **temperature extremes**
- Controlled and modified atmosphere storage of stone fruits
- Ripeness parameters of grapes. **Non-chemical methods** to prevent decay in grapes

- Dept of Postharvest Science of Fresh Produce, Institute for Technology & Storage of Agricultural Products, Agricultural Research Organization, Ministry of Agriculture and Rural Development, State of Israel



## Temperature Preconditioning

Susan Lurie<sup>1</sup> and Joshua D. Klein<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Postharvest Science and <sup>2</sup>Department of Field Crops  
Volcani Center, Bet-Dagan, Israel

**Introduction:** Temperature preconditioning of fruits and vegetables has been practiced for more than 70 yr, since Baker (1939; 1952) described heat treatments for disinfestation of fruit flies in citrus. There is renewed interest in high temperature as a postharvest treatment for control of both insect pests and fungal pathogens in fresh produce. In part, this is because of the deregistration of a number of compounds that have until recently been used for effective control of postharvest disorders. In addition, there is increased consumer demand for produce that has had minimal, or ideally no, chemical treatment.

Heat has fungicidal as well as insecticidal action, but heat regimes that are optimal for insect control may not be optimal for disease control; in some cases they may even be detrimental. A thermal treatment that is developed for fungus or insect control should not damage the commodity being treated.

In fact, in many cases high temperature manipulation before storage may have beneficial effects on the commodity treated. These benefits include slowing the ripening of climacteric fruit and vegetables, enhancing sweetness of produce by increasing the amount of sugars or decreasing acidity, and prevention of storage disorders such as superficial scald on apples and chilling injury on subtropical fruits and vegetables (Lurie, 1998).

Temperature conditioning before storage may also mean an incubation period spent at either ambient temperature of 16 to 25 °C (about 61 to 77 °F) or at a temperature below ambient, but above that which might produce chilling injury, i.e., 5 to 12 °C (about 41 to 54 °F), depending on commodity. This type of temperature manipulation is often referred to as a 'curing' period, and it is used with crops such as potatoes, onions and carrots. Its purpose is generally to enhance resistance of the commodity to pathogen invasion, although it may also enhance resistance to low temperature injury in citrus.

In this chapter we discuss temperature preconditioning treatments according to their purpose, i.e., pathogen, insect or chilling injury control. Most of the methods listed here, however, are still experimental, and have yet to be accepted for routine commercial practice.

**Commercial Treatments:** The greatest number of temperature manipulations used commercially are based on high temperature treatments (vapor heat or hot forced-air) for insect disinfestation. Temperature regimes are developed specifically for each commodity and insect pest. The accepted procedures for produce entering the U.S. are described in the USDA-APHIS Plant Protection and Quarantine Treatment Manual, which is routinely updated (Animal and Plant Protection Service, 1998). The latest edition of the manual should be consulted for approved treatments for particular commodities or pests.

An example of commercial temperature conditioning for pest control is Mexican-grown mangos, which may be infested with a variety of fruit fly larvae or eggs. Officially authorized treatments are high-temperature, forced-air (HAT) or a hot water dip treatment (HWT) before storage and shipment. In HAT, fruit are heated until their center reaches 48 °C (118 °F). HWT conditions depend on fruit size and vary from 45 to 90 min in water, where the fruit interior reaches 46.1 °C (115 °F).

Vapor heat (VHT) differs from high-temperature, forced-air in that moisture accumulates on the surface of the fruit. The water droplets transfer heat more efficiently than air, allowing the fruit to heat quickly; but there may also be increased physical injury to the fruit. Papayas grown in Hawaii are vapor heat-treated before export to Japan.

Citrus can be disinfested by HAT at 44 °C (111 °F) for 100 min, with an additional 90 min spent raising the temperature to 44°C. The usual disinfestation method, however, is to hold the fruit at low temperature of 0 to 2.2 °C (32 to 36 °F) for 10 to 16 days, before raising the temperature to the normal storage temperature of 6 to 11°C (43 to 52 °F), depending on cultivar. Since citrus is sensitive to chilling,

fruit are generally held at 20 °C (68 °F) or 16 °C (61 °F) for 3 to 5 days before placing at low temperature. This curing treatment decreases fruit susceptibility to chilling injury resulting from the subsequent disinfestation treatment.

**Insect Disinfestation:** The development and implementation of heat treatments for insect disinfestation have been reviewed thoroughly (Couey, 1989; Paull, 1993). The list below includes treatment regimes that have been reported in the past 10 years (Table 1). More than half the treatments are designed to kill fruit fly eggs or larvae, since their presence requires strict quarantine in most fruit-importing countries. The most recently developed methods include heat treatments in combination with low O<sub>2</sub> or high CO<sub>2</sub> atmospheres.

**Antifungal Treatments:** Curing is used commercially to increase resistance to pathogen invasion. Potatoes are cured at 12 °C (54 °F) for 10 to 12 days before storage at 4 to 9 °C (39 to 48 °F), depending on cultivar and whether they are designated for industry or home consumption. Sweet potatoes are also cured at 30 °C (86 °F) for 5 days, before storage at 12 °C (54 °F). In both cases the curing period allows for wound healing and deposition of cell wall material to create a physical barrier to pathogens. Kiwifruit also benefit from a curing period. If held at 10 °C (50 °F) before storage at low temperature, they develop fewer rots after storage. Onions can be stored longer if held at 28 °C (82 °F) for 3 days before storage.

The two commercial applications of high temperature antifungal treatments are HWT for papayas (Akamine and Arisumi, 1953), which has been used for almost 50 yr, and a hot water brush treatment that was introduced fairly recently (Fallik, 1996a, 1999; Prusky et al., 1997). The brush system is in use on packing lines for export of corn, mangos, peppers and some citrus from Israel. The machine sprays hot water at 50 to 65 °C (122 to 149 °F) on produce as it moves along on brush rollers. The major benefit appears to be removal of spores and dirt, although hot water combined with brushing also causes surface cracks to be filled in by the natural wax of the commodity, as well as eliciting resistance to pathogens in some cases.

The state of temperature conditioning treatments against fungal pathogens was reviewed by Barkai-Golan and Phillips (1991) and Coates and Johnson (1993). The majority of the regimes listed in Table 2 were developed in the past 5 years. Dips in hot fungicide solution have been used since the 1950s for pathogen control. As various fungicides lose their registration or as pathogens develop resistance, there is increased interest in heat-treating produce in combination with compounds that are generally recognized as safe (GRAS), such as CaCl<sub>2</sub> or sodium carbonate (Table 2).

**Physiological Benefits of Conditioning Treatments:** Most thermal treatments have been developed as lethal regimes for insects or fungi. Some of these regimes, however, also have prophylactic effects against physiological disorders such as chilling injury (CI). Prevention of CI allows the commodity to be stored longer at lower temperatures, which in turn permits export in ships rather than more costly air-freight. In addition, a pre-shipping heat treatment can allow for low temperature disinfestations of commodities such as citrus, by improving the resistance of fruit to CI generally incurred during this treatment.

Other heat treatments have been developed specifically to maintain postharvest quality, such as increased firmness of apples or decreased yellowing of broccoli, or to protect against other abiotic stresses, such as irradiation disinfestation treatments (Table 3). The physiological mechanisms of these treatments was previously reviewed by Lurie (1998).

#### Literature Cited:

- Afek, U., J. Orenstein and E. Nuriel. 1999. Steam treatment to prevent carrot decay during storage. *Crop Protection*. 18:639-642.
- Akamine, E.K. and T. Arisumi. 1953. Control of postharvest storage decay of fruits of papaya (*Carica papaya* L.) with special reference to the effect of hot water. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 61:270-274.
- Animal and Plant Health Inspection Service. 1998. Plant protection and quarantine manual. USDA, APHIS, Hyattsville, MD.



- Armstrong, J., B. Hu and S. Brown. 1995. Single-temperature forced hot-air quarantine treatment to control fruit flies (Diptera: Tephritidae) in papaya. *J. Econ. Entomol.* 88:678-682.
- Baker, A.G. 1939. The basis for treatment of products where fruit flies are involved as a condition for entry into the United States. USDA Circular 551, Washington, DC.
- Baker, A.G. 1952. The vapor-heat process. USDA Yearbook, U.S. Gov. Print. Off., Wash. DC.
- Barkai-Golan, R. and D.J. Phillips. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Dis.* 75:1085-1089.
- Barkai-Golan, R., R. Padova, I. Ross, M. Lapidot, H. Davidson and A. Copel. 1993. Combined hot water and radiation treatments to control decay of tomato fruits. *Sci. Hort.* 56:101-105.
- Ben-Yeboshua, S., B. Shapiro and R. Moran. 1987. Individual seal-packaging enables the use of curing at high temperatures to reduce decay and heat injury of citrus fruits. *HortScience* 22:777-783.
- Chan, H.T. and E. Linse. 1989. Conditioning cucumbers for quarantine heat treatments. *HortScience* 24:985-989.
- Chervin, C., S. Kulkarni, S. Kreidl, F. Birrell and D. Glenn. 1997. A high temperature/low oxygen pulse improves cold storage disinfestation. *Postharv. Biol. Technol.* 10:239-245.
- Coates, L.M. and G.I. Johnson. 1993. Effective disease control in heat-disinfested fruit. *Postharv. News Info.* 4:35N-40N.
- Coates, L.M., G. I. Johnson and A. Cooke. 1993. Postharvest disease control in mangoes using high humidity hot air and fungicide treatments. *Ann. Appl. Biol.* 123:441-448.
- Couey, H.M. 1989. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *HortScience.* 24:198-201.
- Dentener, P.R., S. M. Alexander, P.J. Lester, R.J. Petry, J.H. Maindonald and R.M. McDonald. 1996. Hot air treatment for disinfestation of lightbrown apple moth and longtailed mealy bug on persimmons. *Postharv. Biol. Technol.* 8:143-152.
- Dentener, P.R., K.V. Bennett, L.E. Hoy, S. E. Lewthwaite, P.J. Lester, J.H. Maindonald and P.G. Connolly. 1997. Postharvest disinfestation of lightbrown apple moth and longtailed mealybug on persimmons using heat and cold. *Postharv. Biol. Technol.* 12:255-264.
- Dentener, P. R., S.E. Lewthwaite, J.H. Maindonald and P.G. Connolly. 1998. Mortality of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) after exposure to ethanol at elevated temperatures. *J. Econ. Entomol.* 91:767-772.
- Dentener, P.R., S.E. Lewthwaite, K.V. Bennett, J.H. Maindonald and P.G. Connolly. 2000. Effect of temperature and treatment conditions on the mortality of *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) exposed to ethanol. *J. Econ. Entomol.* 93:519-525.
- Fallik, E., J. D. Klein, S. Grinberg, E. Lomaniec, S. Lurie and A. Lalazar. 1993. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 77:985-988.
- Fallik, E., Y. Aharoni, O. Yekutieli, A. Wiseblum, R. Regev, H. Beres and E. Bar Lev. 1996a. A method for simultaneously cleaning and disinfecting agricultural produce. Israel Patent Application No. 116965
- Fallik, E., S. Grinberg, S. Alkalai and S. Lurie. 1996b. The effectiveness of postharvest hot water dipping on the control of gray and black molds in sweet red pepper (*Capiscum annuum*). *Plant Pathol.* 45:644-649.
- Fallik, E., S. Grinberg, M. Gambourg, J.D. Klein and S. Lurie. 1996c. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit. *Plant Pathol.* 45:92-97.
- Fallik, E., S. Grinberg, S. Alkalai, O. Yekutieli, A. Weissblum, R. Regev, H. Beres and E. Bar-Lev. 1999. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. *Postharv. Biol. Technol.* 15:25-32.
- Florissen, P., J.S. Ekman, C. Blumenthal, W.B. McGlasson, J. Conroy and P. Holford. 1996. The effects of short heat treatments on the induction of chilling injury in avocado fruit (*Persea americana* Mill). *Postharv. Biol. Technol.* 8:129-141.
- Follet, P.A. and Z. Gabbard. 1999. Efficacy of the papaya vapor heat quarantine treatment against white peach scale in Hawaii. *HortTechnology* 9:506.

- Forney, C.F. 1995. Hot water dips extend shelf-life of fresh broccoli. *HortScience* 30:1054-1057.
- Garcia, J.M., C. Aguilera and A.M. Jimenez. 1996. Grey mold in and quality of strawberry fruit following postharvest heat treatment. *HortScience* 31:255-257.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., L. Zacarias and M.T. Lafuente. 1998. Ripening affects high-temperature-induced polyamines and their changes during cold storage of hybrid Fortune mandarins. *J. Agric. Fd Chem.* 46:3503-3508.
- Hallman, G.J., J.J. Gaffney and J.L. Sharp. 1990. Vapor heat treatment for grapefruit infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 83:1475-1478.
- Heather, N.W., R.J. Corcoran and R.A. Kopittke. 1997. Hot air disinfestation of Australian 'Kensington' mangoes against two fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Postharv. Biol. Technol.* 10:99-105.
- Hong, G., G. Peiser and M.I. Cantwell. 2000. Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. *Postharv. Biol. Technol.* 20:53-61.
- Hoy, L.E. and D. C. Whiting. 1998. Mortality responses of three leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) species on kiwifruit to a high-temperature controlled atmosphere treatment. *N.Z. J. Crop Hort. Sci.* 26:11-15.
- Jacobi, K.K., Wong, L.S. and J.E. Giles. 1993. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit quality following vapour heat treatment and cool storage. *Postharv. Biol. Technol.* 3:111-119.
- Jacobi, K.K., J. Giles, E. MacRae and T. Wegrzyn. 1995a. Conditioning 'Kensington' mango with hot air alleviates hot water disinfestation injuries. *HortScience* 30:562-565.
- Jacobi, K.K., L.S. Wong and J.E. Giles. 1996. Postharvest quality of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) following high humidity hot air disinfestation treatments and cool storage. *Postharv. Biol. Technol.* 7:309-316.
- Jacobi, K.K. and J.E. Giles. 1997. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapor heat disinfestation and hot water disease control. *Postharv. Biol. Technol.* 12:285-292.
- Jang, E.B. 1996. Systems approach to quarantine security: postharvest application of sequential mortality in the Hawaiian grown 'Sharwil' avocado system. *J. Econ. Entomol.* 89:950-956.
- Jessup, A.J. 1994. Quarantine disinfestation of 'Hass' avocados against *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae) with a hot fungicide dip followed by cold storage. *J. Econ. Entomol.* 87:127-130.
- Kim, J.J., S. Ben-Yehoshua, B. Shapiro, Y. Hemis and S. Carmeli. 1991. Accumulation of scoparone in heat-treated lemon fruit inoculated with *Penicillium digitatum* Sacc. *Plant Physiol.* 97:880-885.
- Klein, J.D. and S. Lurie. 1992. Prestorage heating of apple fruit for enhanced postharvest quality: interaction of time and temperature. *HortScience* 27:326-328.
- Klein, J., W. Conway, B. Whitaker and C. Sams. 1997. *Botrytis cinerea* decay in apples is inhibited by postharvest heat and calcium treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:91-94.
- Lay-Yee, M. and D.C. Whiting. 1996. Response of 'Hayward' kiwifruit to high-temperature controlled atmosphere treatments for control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Postharv. Biol. Technol.* 7:73-81.
- Lay-Yee, M., S. Ball, S.K. Forbes and A.B. Woolf. 1997a. Hot water treatment for insect disinfestation and reduction of chilling sensitivity of 'Fuyu' persimmon. *Postharv. Biol. Technol.* 10:81-89.
- Lay-Yee, M., D.C. Whiting and K.J. Rose. 1997b. Response of 'Royal Gala' and 'Granny Smith' apples to high-temperature controlled atmosphere treatments for control of *Epiphyas postvittana* and *Nyctius huttoni*. *Postharv. Biol. Technol.* 12:127-136.
- Lester, P.L., P.R. Dentener, R.J. Petry and S.M. Alexander. 1995. Hot-water immersion for disinfestation of lightbrown apple moth (*Epiphyas postvittana*) and longtailed mealy bug (*Pseudococcus longispinus*) on persimmons. *Postharv. Biol. Technol.* 6:349-356.
- Lester, P.J., P.R. Dentener, K.V. Bennett and P.G. Connolly. 1997. Postharvest disinfestations of diapausing and non-diapausing twospotted spider mite (*Tetranychus urticae*) on persimmons: hot water immersion and coolstorage. *Entom. Exper. Appl.* 83:189-193.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 14:257-269.

- Lurie, S. and J.D. Klein. 1991. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:1007-1012.
- Lurie, S., J.D. Klein and R. Ben-Arie. 1990. Postharvest heat treatment as a possible means of reducing superficial scald of apples. *J. Hort. Sci.* 65:503-509.
- Lurie, S. M. Laamim, Z. Lapsker and E. Fallik. 1997. Heat treatments to decrease chilling injury in tomato fruit. Effects on lipids, pericarp lesions and fungal growth. *Physiol. Plant.* 100:297-302.
- McCollum, T.G., S. D'Aquino and R.E. McDonald. 1993. Heat treatment inhibits mango chilling injury. *HortScience* 28:197-198.
- McCollum, G., H. Doostdar, R. Mayer and R. McDonald. 1995. Immersion of cucumber in heated water alters chilling-induced physiological changes. *Postharv. Biol. Technol.* 6:55-64.
- McDonald, R.E., T.G. McCollum and E.A. Baldwin. 1998. Heat treatment of mature-green tomatoes: differential effects of ethylene and partial ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:457-462.
- McDonald, R.E., T.G. McCollum and E.A. Baldwin. 1999. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. *Postharv. Biol. Technol.* 16:147-155.
- McGuire, R.G. 1991. Concomitant decay reductions when mangoes are treated with heat to control infestations of Caribbean fruit fly. *Plant Dis.* 75:946-949.
- McGuire, R.G. 1997. Market quality of guavas after hot-water quarantine treatment and application of carnauba wax coating. *HortScience* 32:271-274.
- McLaren, G.F., R.M. McDonald, J.A. Fraser, R.R. Marshall, K.J. Rose and A.J. Ford. 1997. Disinfestation of New Zealand flower thrips from stonefruit using hot water. *Acta Hort.* 464:524.
- Mencarelli, F., B. Ceccantoni, A. Bolini and G. Anelli. 1993. Influence of heat treatment on the physiological response of sweet pepper kept at chilling temperature. *Acta Hort.* 343:238-243.
- Miller, W.R., R.E. McDonald and J.L. Sharp. 1991. Quality changes during storage and ripening of 'Tommy Atkins' mangos treated with heated forced air. *HortScience* 26:395-397.
- Neven, L. and E. Mitcham. 1996. CATTs: controlled atmosphere/temperature treatment system. A novel tool for the development of quarantine treatments. *Amer. Entomol.* 42:56-59.
- Neven, L.G. and S.R. Drake. 2000. Comparison of alternative postharvest quarantine treatments for sweet cherries. *Postharv. Biol. Technol.* 20:107-114.
- Neven, L.G., L.M. Rehfield and K. C. Shellie. 1996. Moist and vapor forced air treatments of apples and pears: effects on the mortality of fifth instar codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Econ. Entomol.* 89:700-704.
- Nishijima, K.A., K. Miura, J.W. Armstrong, S.A. Brown, B.K.S. Hu. 1992. Effect of forced, hot-air treatment of papaya fruit on fruit quality and incidence of postharvest diseases. *Plant Dis.* 76:723-727.
- Nishijima, K., H. Chan, S. Sanxter and E. Linse. 1995. Reduced heat shock period of 'Sharwil' avocado for cold tolerance in quarantine cold treatment. *HortScience* 30:1052-1053.
- Paull, R.E. 1994. Response of tropical horticultural commodities to insect disinfestation treatments. *HortScience* 29:988-996.
- Paull, R.E. and N.J. Chen. 1999. Heat treatment prevents postharvest geotropic curvature of asparagus spears (*Asparagus officinalis* L.). *Postharv. Biol. Technol.* 16:37-41.
- Porat, R., A. Daus, B. Weiss, L. Cohen, E. Fallik, and S. Droby. 2000. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. *Postharv. Biol. Technol.* 18:151-157.
- Porat, R., D. Pavoncello, J. Peretz, S. Ben-Yehoshua and S. Lurie. 1999. Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of 'Star Ruby' grapefruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:184-188.
- Prusky, D., Y. Fuchs, I. Kobiler, I. Roth, A. Weksler, Y. Shalom, E. Fallik, G. Zauberman, E. Pesis, M. Akerman, O. Ykutiely, A. Weisblum, R. Regev and L. Artes. 1999. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. *Postharv. Biol. Technol.* 15:165-174.
- Ranagann, B., G.S.V. Raghavan and A.C. Kushalappa. 1998. Hot water dipping to enhance storability of potatoes. *Postharv. Biol. Technol.* 13:215-223.

- Sams, C.E., W.S. Conway, J.A. Abbott, R.J. Lewis and N. Ben-Shalom. 1993. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118:623-627.
- Schirra, M. and G. D'Hallewin. 1997. Storage performance of Fortune mandarins following hot water dips. *Postharv. Biol. Technol.* 10:229-238.
- Schirra, M., G. Barbera, S. D'Aquino, T. La Mantia, and R.E. McDonald. 1996. Hot dips and high-temperature conditioning to improve shelf quality of late-crop cactus pear fruit. *Trop. Sci.* 36:159-165.
- Schirra, M., M. Agabbio, S. d'Aquino and T.G. McCollum. 1997. Postharvest heat conditioning effects on early ripening 'Giulla' cactus pear fruit. *HortScience* 32:702-704.
- Schirra, M., P. Cabras, A. Angioni, G. D'hallewin, R. Ruggiu and E.V. Minelli. 1997. Effect of heated solutions on decay control and residues of imazalil in lemons. *J. Agric. Fd Chem.* 45:4127-4130.
- Sharp, J.L. and W.P. Gould. 1994. Control of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in grapefruit by forced hot air and hydrocooling. *J. Econ. Entomol.* 87:131-133.
- Sharp, J.L. and R.G. McGuire. 1996. Control of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in navel orange by forced hot air. *J. Econ. Entomol.* 89:1181-1185.
- Shellie, K.C., R.L. Mangan and S.J. Ingle. 1997. Tolerance of grapefruit and Mexican fruit fly larvae to heated controlled atmospheres. *Postharv. Biol. Technol.* 10:179-186.
- Shellie, K.C. 1998. Reduction of green mold on grapefruit after hot forced-air quarantine treatment. *Plant Dis.* 82:380-382.
- Smilanick, J.L., D.A. Margosan and D.J. Henson. 1995. Evaluation of heated solutions of sulfur dioxide, ethanol, and hydrogen peroxide to control postharvest green mold of lemons. *Plant Dis.* 79:742-747.
- Smilanick, J.L., B.E. Mackey, R. Reese, J. Usall and D.A. Margosan. 1997. Influence of concentration of soda ash, temperature, and immersion period on the control of postharvest green mold of oranges. *Plant Dis.* 80:230-234.
- Sonderstrom, E.L., D.G. Brandl and B.E. Mackay. 1993. High temperature for control of *Asynonychus godmani* (Coleoptera: Curculionidae) eggs on lemon fruit. *J. Econ. Entomol.* 86:1773-1780.
- Tian, M.S., A.B. Woolf, J.H. Bowen and I.B. Ferguson. 1996. Changes in color and chlorophyll fluorescence of broccoli florets following hot water treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:310-313.
- Tian, M.S., T. Islam, D.G. Stevenson and D.E. Irving. 1997. Color, ethylene production, respiration, and compositional changes in broccoli dipped in hot water. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:112-116.
- Wang, C.Y. 1994. Combined treatment of heat shock and low temperature conditioning reduces chilling injury in zucchini squash. *Postharv. Biol. Technol.* 4:65-73.
- Wang, C.Y. 1998. Heat treatment affects postharvest quality of kale and collard, but not of Brussels sprouts. *HortScience* 33:881-883.
- Whiting, D.C. and L.E. Hoy. 1997. High temperature controlled atmosphere and air treatments to control obscure mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) on apples. *J. Econ. Entomol.* 90:546-550.
- Whiting, D.C., L.E. Jamieson, K.J. Spooner and M. Lay-Yee. 1999. Combination of high-temperature controlled atmosphere and cold storage as a quarantine treatment against *Cremopsisoblastis obliquana* and *Epiphyas postvittana* on 'Royal Gala' apples. *Postharv. Biol. Technol.* 16:119-126.
- Woolf, A.B., C.B. Watkins, J.H. Bowen, M. Lay-Yee, J.H. Maindonald and I.B. Ferguson. 1995. Reducing external chilling injury in stored 'Hass' avocados with dry heat treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:1050-1056.
- Woolf, A.B. and M. Lay-Yee. 1997. Pretreatments at 38 °C of 'Hass' avocado confer thermotolerance to 50 °C hot water treatments. *HortScience* 32:705-708.
- Woolf, A.B., S. Ball, K. Spooner, M. Lay-Yee, I.B. Ferguson, C.B. Watkins, A. Gunson and S. Forbes. 1997. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 11:155-164.

<b>Table 1.</b> <b>Insect</b> <b>Fruit flies</b>	<b>Latin name</b>	<b>Fruit</b>	<b>Regime</b>	<b>Temperature/Time</b>	<b>Reference</b>
Caribbean fruit fly	<i>Anastrepha suspensa</i>	grapefruit	HAT*	51.5 °/125 min	Sharp & Gould '94 Miller et al. '91 Sharp & McGuire '96
		mango	HAT		
		orange	HAT		
Mediterranean fruit fly	<i>Ceratitis capitata</i>	avocado	HAT	40 °/24 h	Jiang '96
		mango	VHT	47 °/15 min	Heather et al. '97
		papaya	HAT	47.2 ° at pulp for 3.5 h	Armstrong et al. '95
Melon fruit fly	<i>Dacus cucurbitae</i> <i>Bactrocera cucurbitae</i>	avocado	HAT	40 °/24 h	Jiang '96
		cucumber	HAT then HWT	32.5 °/24 h then 45-46 °/50-60 min	Chan & Linse '89
		papaya machiati	HAT VHT	47.2 ° at pulp for 3.5 h	Armstrong et al. '95 Jacobi et al. '96
Mexican fruit fly	<i>Anastrepha halictis</i> <i>Bactrocera cucumis</i>	grapefruit	HAT & CA	44 °/2 h in 1% O <sub>2</sub>	Stellke et al. '97
		machiati	VHT	45 °/30 min	Jacobi et al. '96
Oriental fruit fly	<i>Dacus dorsalis</i> <i>Bactrocera dorsalis</i>	cucumber	HAT then HWT	32.5 °/24 h then 45-46 °/50-60 min	Chan & Linse '89
		papaya	HAT	47.2 ° at pulp for 3.5 h	Armstrong et al. '95
Papaya fruit fly	<i>Bactrocera papayae</i>	mango	VHT	47 °/15 min	Heather et al. '97
Queensland fruit fly	<i>Bactrocera tyroni</i>	avocado	HWT & benzoyl	46 °C/3 min then 1 °/7 days	Jessup '94
		litchi	VHT	45 °/30 min	Jacobi et al. '93
		mango	VHT	46.5 °/10 min	Heather et al. '97 Jacobi et al. '95
			HWT then VHT	53 °C/15 min then 47°C/15 min	Jacobi & Giles '97
<b>Other Insects</b>					
Codling moth	<i>Cydia pomonella</i>	apple	HAT or VHT	44 °/120 min then 0 °/4 weeks	Neven et al. '96
		cherry	HAT & CA	47 °/44 min in 1% O <sub>2</sub> , 15% CO <sub>2</sub>	Neven & Mincham '96 Neven & Drake '00
		pear	HAT or VHT HAT & CA	44 °/120 min then 0 °/4 weeks 30 °/30 h in 0.3% O <sub>2</sub>	Neven et al. '96 Chervin et al. '97
Fuller's rose beetle	<i>Azygonyx godmani</i>	lemon	HWT	52 °/8 min	Soderstrom et al. '93
Leafroller	<i>Cnephasia rectana</i> <i>Cnephasia obliquana</i>	apple	HAT & CA	40 °/10 h in 0.4% O <sub>2</sub> 45 °/5 h in 0.4% O <sub>2</sub>	Whiting et al. '99
		kiwifruit	HAT & CA	40 °/5.7 h in 0.4% O <sub>2</sub> 40 °/6 h in 2% O <sub>2</sub> 5% CO <sub>2</sub>	Whiting et al. '97 Hoy & Whiting '98
Light brown apple moth	<i>Epiphyas postvittana</i>	apple	HAT & CA	40 °/17-20 h in 1.2% O <sub>2</sub> , 1% CO <sub>2</sub>	Lay-Yee et al. '97 Deutscher et al. '00
			HWT & ethanol HAT & CA	45 °/13 min in 50% ethanol	Hoy & Whiting '98
		kiwifruit			
		pear	HAT & CA	30 °/30 h in 0.3% O <sub>2</sub>	Chervin et al. '97
Longtailed wasp	<i>Panalococcus longipinus</i>	peritzman	HWT HAT	48 °/26 min or 50 °/22 min	Lester et al. '95 Deutscher et al. '96, '97
New Zealand flower thrips	<i>Thrips obsoletus</i>	apricot nectarine peach	HWT	48 °/3 min then 56 °/2 min	McLaren et al. '97
Obscure wasp	<i>Panalococcus affinis</i>	apple	HAT & CA	40 °/10 h in 0.4% O <sub>2</sub> 45 °/5 h in 0.4% O <sub>2</sub>	Whiting & Hoy '97
Oriental fruit moth	<i>Grapholita molesta</i>	pear	HAT & CA	30 °/30 h in 0.3% O <sub>2</sub>	Chervin et al. '97
Two spotted spider mite	<i>Tetranychus urticae</i>	apples	HWT & ethanol	45 °/13 min in 50% ethanol	Deutscher et al. '98
		kiwifruit	HAT & CA	44 °/211 min	Lay-Yee & Whiting '96
		peritzman	HWT	47 °/67 min	Lester et al. '97
White peach scale	<i>Pentaloleucos persicae</i>	papaya	VHT	47.2 °/4 h	Follet & Gebhard '99

Table 2. Thermal treatment of horticultural commodities for eradication of and protection from fungal pathogens.

Fungus	Common name	Crop	Regime	Temperature/Time	Reference
<i>Alternaria alternata</i>	Black spot	carrot	HWB	100 °/3 sec	Afek et al. '99
		mango	HWB	60-70 °/15-20 sec	Prusky et al. '99
	Black mold	pepper	HWT	50 °/3 min	Fallik et al. '96b
<i>Botrytis cinerea</i>	Grey mold	Apple	HAT & CaCl <sub>2</sub>	38 °/4 days and CaCl <sub>2</sub> dip	Klein et al. '97
		pepper	HWT	50 °/3 min	Fallik et al. '96b
		strawberry	HWT	45 °/15 min	Garcia et al. '96
		tomato	HWT HAT	50 °/2 min 38 °/2 days	Barkai-Golan et al. '93 Fallik et al. '93
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	Stem and surface rots	papaya	HAT	49 °/20 min 32 °/30 min then 49 °/20 min	Nishijima et al. '92
<i>Chalara paradoxa</i>	Crown rot	banana	HWT	45 °/20 min or 50 °/10 min	Reyes et al. '98
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Anthraxnose	mango	VHT HWT HAT	46-48 °/24 sec - 8 min 51.5 °/125 min	Coates et al. '93 McGuire '91 Miller et al. '91
<i>Diplodia natalensis</i>	Stem end rot	mango	HAT HWT	51.5 °/125 min	Miller et al. '91 McGuire '91
<i>Mycopharella spp.</i>	Stem and surface rots	papaya	HAT	49 °/20 min 42 °/30 min then 49 °/20 min	Nishijima et al. '92
<i>Penicillium digitatum</i>	Green mold	grapefruit	HAT HWB	46 °/6 h 59-62 °/15 sec	Shelke '98 Ponat et al. '00
		lemon	HAT HWT & Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	36 °/3 days 45 °/150 sec + 2% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Kim et al. '91 Smilanick et al. '97
		orange	HWT HWT & Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	53 °/3 min 41-43 °/1-2 min + 6% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Schirra et al. '97 Smilanick et al. '97
<i>Penicillium expansum</i>	Blue mold	Apple	HAT & CaCl <sub>2</sub> HAT	38 °/4 days + 4% CaCl <sub>2</sub> 38 °/4 days	Sano et al. '93 Fallik et al. '96c
<i>Penicillium italicum</i>	Blue mold	cactus pear	HAT or HWT	38 °/24 h or 55 °/5 min	Schirra et al. '96
<i>Penicillium spp.</i>		lemon	HWT & imazalil	50 °/3 min + imazalil	Schirra et al. '97
<i>Rhizopus stolonifer</i>		tomato	HWT	50 °/2 min	Barkai-Golan et al. '93

Table 3. Physiological benefits of thermal treatments for horticultural crops.

1. Chilling injury				
Crop	Phenomenon/Appearance	Regime	Temperature/Time	Reference
Apple	scald	HAT*	38 °/4 days or 42 °/2 days	Lurie et al. '90
Avocado	skin browning internal browning, pitting	HAT then	38 °/3-10 h then	Woolf et al. '95
		HWT	40 °/30 min	Florissen et al. '96
		HWT	38 °/60 min	Woolf et al. '97
Cactus pear	rind pitting, brown staining	HAT or HWT	38 °/24 h or 55 °/5 min	Schirra et al. '96
Citrus	rind pitting	HAT	34-36 °/48-72 h	Ben -Yehoshua et al. '87 Gonzalez-Aguilare et al. '98
		HWT	50-54 °/3 min 53 °/2-3 min	Schirra & D'hallewin '97 Rodov et al. '95
		HWB	59-62 °/15-30 sec	Porat et al. '99
Mango	pitting	HAT	38 °/2 days 54 °/20 min	McCullum et al. '93 Jacobi et al. '95
Persimmon	gel formation	HWT	47 °/90-120 min; 50 °/30-45 min; 52 °/20-30 min	Lay-Yee et al. '97
		HAT		Woolf et al. '97
Green pepper	pitting	HAT	40 °/20 h	Mencarelli et al. '93
Cucumber	pitting	HWT	42 °/30 min	McCullum et al. '95
Tomato	pitting	HAT	38 °/2-3 days	Lurie & Klein '91
		HWT	48 °/2 min	Lurie et al. '97
		HWT	42 °/60 min	McDonald et al. '98, '99
Zucchini	pitting	HWT	42 °/30 min	Wang '94
2. Improved postharvest quality				
Commodity	Parameter/attribute	Regime	Temperature/Time	Reference
Apple	increased firmness	HAT	38 °/4 days; 42 °/2 days	Klein & Lurie '92
Asparagus	inhibited curvature	HWT	47.5 °/2-5 min	Paul & Chen '99
Broccoli	decreased yellowing	HWT	50 °/2 min	Forney '95
			45 °/10 min; 47 °/7.5 min	Tian et al. '96, '97
Collard	decreased yellowing	HAT	45 °/30 min	Wang '98
Green onions	inhibited elongation	HWT	55 °/2 min	Hong et al. '00
Guava	decreased softening and yellowing	HWT	46 °/35 min	McGuire '97
Kale	decreased yellowing	HAT	40 °/60 min	Wang '98
Potato	inhibited sprouting	HWT		Rangsun et al. '98

## 제 7 장 참고문헌

- 농림부. 농업주요통계/작물생산량. In: [http://www.maf.go.kr/asp/05\\_data/data01\\_01.asp](http://www.maf.go.kr/asp/05_data/data01_01.asp) (2004)
- 농촌진흥청 난지농업연구소. 감귤 병해충 진단과 방제. In: <http://www.ncaes.go.kr/감귤병해충진단CD/index.html> (2004)
- 윤창훈. 제주산 온주밀감의 CA저장에 관한 연구. 한국농화학회지 54: 14-21 (1991)
- 좌승희 제주감귤산업의 발전방향. 감귤원예지, 132: 11-21 (2002)
- 홍석인, 이현희, 손석민, 김동만. 열수처리가 신선 편의가공 양파의 저장품질에 미치는 효과. 한국식품과학회지 36(2): 239-245 (2004)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA (2000)
- Balkwill, D.L. Numbers, diversity, and morphological characteristics of aerobic, chemoheterotrophic bacteria in deep subsurface sediments from a site in South Carolina. Geomicrobiol. J. 7: 33-52 (1989)
- Barkei-Golan, R. and Phillips, D.J. Postharvest heat treatment of fresh fruit and vegetables for decay control. Plant dis. 75: 1085-1089 (1991)
- Belitz, H.D. and Grosch, W. Food Chemistry. 2nd Ed., Springer-Verlag, New York, p. 774 (1986)
- Brockman, F.J., Ringelberg, D.B., White, D.C. Fredrickson, J.K., Balkwill, D.L., Kieft, T.L. Phelps, T.J. and Ghiorse, W.C. Estimates of intact but nonviable and viable but nonculturable microorganism in subsurface sediments from six boreholes located in wet and dry climatic regions of the United States. International Symposium on Subsurface Microbiology B-32 (1993)
- Brul, S. and Coote, P. Review. Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. Inter. J. Food Microbiol. 50: 1-17 (1999)
- Cabras, P., Schirra, M., Pirisi, F.M., Garau, V.L. and Angioni, A. Factors affecting imazalil and thiabendazole uptake and persistence in citrus fruits following dip treatments. J. Agric. Food Chem. 47: 3352-3354 (1993)
- Cocolin, L., Heisey, A. and Mills, D.A. Direct identification of the indigenous yeasts in commercial wine fermentations. Am. J. Enol. Vitic. 52: 49-53 (2001)
- Corral, L.G., Post, L.S. and Montville, T.J. Antimicrobial activity of sodium bicarbonate. A



- research note. *J. Food Sci.* 53: 981-982 (1988)
- Dixon, N.M. and Kell, D.B. The inhibition by CO<sub>2</sub> of the growth and metabolism of microorganisms. *J. Appl. Bacteriol.* 67: 109-136 (1989)
- Dziezak, J.D. Preservatives: antimicrobial agents. *Food Technol.* 40: 104-111 (1986)
- Elsas, J.D., Duarte, G.F., Keijzer-wolters A. and Smith, E. Analysis of the dynamics of fungal communities in soil via fungal-specific PCR of soil DNA followed by denaturing gradient gel electrophoresis. *J. Microbiol. Meth.* 43: 133-151 (2000)
- Fallik, E., Grinberg, S., Alkalai, S., Yekutieli, O., Wiseblum, A., Regev, R., Beres, H. and Bar-Lev, E. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet of pepper. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 25-32 (1999)
- Fallik, E., Klein, J., Grinberg, S., Lomaniec, E., Lurie, S. and Lalazar, A. Effect of postharvest heat treatment of tomatoes on fruit ripening and decay caused by *Botrytis cinerea*. *Plant Dis.* 77: 985-988 (1993)
- Felske, A. and Akkermans, A.D.L. Spatial homogeneity of abundant bacterial 16S rRNA molecules in grassland soils. *Microb. Ecol.* 36: 31-36 (1998)
- Ferguson, I.B. and Ben-Yehoshua, S. Postharvest heat treatments: introduction and workshop summary. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 1-6 (2000)
- Floros, J.D., Ekanayake, A., Abide, G.P. and Nelson, P.E. Optimization of diced tomato calcification process. *J. Food Sci.* 5: 1144-1148 (1992)
- Fredrickson, J.K., Balkwill, D.L., Drake, G.R., Romine, M.F., Ringeberg, D.B. and White, D.C. Aromatic degrading *Sphingomonas* isolates from the deep subsurface. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 1917-1922 (1995)
- Garcia, J.M., Herrera, S. and Morilla, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *J. Agric. Food Chem.* 44: 30-33 (1996)
- Gerald, M., Sapers, F. and Simmons, G. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol.* 52(2): 48-52 (1998)
- Greisen, K., Loefelholz, M., Purohit, A. and Leong, D. PCR primers and probes for the 16S rRNA gene of most species of pathogenic bacteria, including bacteria found in cerebrospinal fluid. *J. Clinical Microbiol.* 32: 335-351 (1994)

- Hendricks, M.T. and Hotchkiss, J.H. Effect of carbon dioxide on the growth of *Pseudomonas fluorescens* and *Listeria monocytogenes* in aerobic atmospheres. *J. Food Protec.* 60: 1548-1552 (1997)
- Hernandez, R.J., Selke, S.E.M. and Culter, J.D. *Plastic Packaging: Properties, Processing, Applications, and Regulations.* pp. 21-134. Hanser Gardners Publications Inc., Cincinnati, OH, USA (2000)
- Hoff, J.E. and Bartolome, L.G. Firming of potatoes: biochemical effect of preheating. *J. Agric. Food Chem.* 20: 266-270 (1972)
- Homma, Y., Arimoto, Y., and Misato, T. Effect of emulsifiers and surfactants on the protective values of sodium bicarbonate. *J. Pesti. Sci.* 6: 145-153 (1981)
- Hong, S.I. and Kim, D.M. Influence of oxygen concentration and temperature on respiratory characteristics of fresh-cut green onion. *Intern. J. Food Sci. Technol.* 36: 283-290 (2001)
- Hong, S.I. and Pyun, Y.R. Antimicrobial effect of carbon dioxide on microorganisms. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 1258-1267 (1997)
- Hwang, L. and Klotz, L.J. The toxic effect of certain chemical solutions on spores of *Penicillium italicum* and *P. digitatum*. *Hilgardia* 12: 1-38 (1988)
- Jacobi, K.K. and Giles, J.E. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) fruit following combined vapor heat disinfestations and hot water disease control treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 12: 285-292 (1997)
- Jacobi, K.K., MarcRae, E.A. and Hetherington, S.E. Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. *Sci. Hortic.* 89: 171-193 (2001)
- Kader, A.A., Lipton, W.J. and Morris, L.L. Systems for scoring quality of harvested lettuce. *HortScience* 8: 408-409 (1973)
- Kazuya, W., Yumiko, K. and Shigeaki, H.S. Design and evaluation of PCR primers to amplify bacterial 16S ribosomal DNA fragments used for community fingerprinting. *J. Microbiol. Meth.* 44: 253-262 (2001)
- Kim, M.S., Shin, K.C., Lee, H.G., Han, M.S., Min, B.R. and Choi, Y.K. Using reverse dot hybridization method and 16S rRNA gene (16S rDNA) for identifying the food poisoning microorganism in foods. *Korean J. Food Sci. Tech.* 35: 470-474 (2003)

- Kim, S.H. and Koh, J.S. Storage life of Satsuma mandarin as affected by storage temperatures and seal packaging films. *Food Engin. Prog.* 2: 42-48 (1998)
- Kim, S.H., Koh, J.S., Kim, B.C., Yang, Y.T., Han, W.T. and Kim, K.H. Effect of chitosan and calcium treatments on the quality of Satsuma mandarin during storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8: 279-285 (2001)
- Ko, Y.H. and Kim S.J. Collection and identification of molds from citrus oranges during postharvest storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1142-1145 (1996)
- Koh, J.S., Kim, W.T., Lee, S.Y., Kim, J.Y. and Kang, C.H. Effects on the storage life of Satsuma mandarin by the pretreatment at various temperatures. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41: 228-233 (1998)
- Koh, J.S., Yang, Y.T., Song, S.C., Kim, S.H. and Kim, J.Y. Cold storage characteristics of early variety of *Citrus unshiu* produced in Cheju with various treatments. *Agric. Chem. Biotechnol.* 40: 117-122 (1997)
- Lee, H.H., Hong, S.I., Kim, D.M., Han, Y.S. Effect of hot water treatment on biochemical changes in minimally processed onion. *Food Sci. Biotechnol.* 12(4): 445-450 (2003)
- Lin, C.M., Moon, S.S., Dolye, M.P. and Mcwatters, K.H. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on lettuce by hydrogen peroxide and lactic acid and by hydrogen peroxide with mild heat. *J. Food Prot.* 65: 1215-1220 (2002)
- Luna-Guzman, I. and Barrett, D.M. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biol. Technol.* 19: 61-72 (2000)
- Luna-Guzman, I., Cantwell, M. and Barrett, D.M. Fresh-cut cantaloupe: effect of CaCl<sub>2</sub> dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biol. Technol.* 17: 201-213 (1999)
- Lurie, S. and Klein, J.D. Calcium and heat treatments to improve storability of 'Anna' apples. *HortScience* 27: 36-39 (1992)
- Lurie, S. and Klein, J.D. Heat treatment of ripening apples: Differential effects on physiology and biochemistry. *Physiol. Plant.* 78: 181-186 (1990)
- Lurie, S. Postharvest heat treatment - Review. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 257-269 (1998)

- Lydakakis, D. and Aked, J. Vapor heat treatment of Sultanina table grapes. II : Effect on postharvest quality. *Postharvest Biol. Technol.* 27: 117-126 (2003)
- Mcdonald, R.E., Miller, W.R., McCollum, T.G., and Brown, G.E. Thiabendazole and Imazalil applied at 53°C reduce chilling injury and decay of grapefruits. *HortScience.* 26: 397-399 (1991)
- Micham, E.J. and McDonald, R.E. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 3: 77-86 (1993)
- Mohammed, M., Wilson, L.A. and Gomes, P.I. Effect of postharvest dips on the storage quality of fruit from two hot pepper (*Capsicum frutescens*) cultivars. *Trop. Agric. (Trinidad)* 68: 81-87 (1991)
- Moon, B.Y., Lee, T.H. and Park, T.J. Analysis of microbial community in enrichment culture of anaerobic PCE dechlorination by using PCR-DGGE method. *Korean Environ. Engin.* 523-526 (2004)
- Muyzer, G., de Waal, E.C. and Uitterlinden, A. Profiling of complex microbial populations using denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction amplified gene coding for 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 695-700 (1993)
- NCBI. Sequence Aligner. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi> >> Nucleotide >> BLAST. Accessed Oct. 10, 2004.
- Nunes, C., Usall, J. Teixido, N., Ochoa de eribe, X. and Vinas, I. Control of post-harvest decay of apples by pre-harvest and post-harvest application of ammonium molybdate. *Pest Manag. Sci.* 57: 1093-1099 (2001)
- Palou, L. Usall, J., Smilanick, J.L., Aguilar, M.J. and Vinas, I. Evaluation of food additives and low-toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Pest Manag. Sci.* 58: 459-466 (2002)
- Palou, L., Joseph, L., Usall, J. and Vinas, I., Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. *Plant Disease* 85: 371-386 (2001)
- Palou, L., Usall, J., Munoz, J.A., Smilanick, J.L. and Vinas, I. Hot water, sodium carbonate, and bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of clementine mandarins.

- Postharvest Biol. Technol. 24: 93-96 (2002)
- Paull, R.E. and Chen, N.J. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 21-37 (2000)
- Pedersen, K.J., Ekendahl, A.S. and Hallbeck, L. 16S rRNA gene diversity of attached and unattached bacteria in boreholes along the access tunnel to the Aspö hard rock laboratory. *FEMS Microbiol. Ecol.* 19: 249-262 (1996)
- Plaza, P., Usall, J., Torres, R., Lamarca, N., Asensio, A. and Vinas, I. Control of green and blue mould by curing on oranges during ambient and cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 195-198 (2003)
- Porat, R., Daus, A., Weiss, B., Cohen, L., Fallik, E. and Droby, S. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 151-157 (2000)
- Porate, R., Daus, A., Weiss, B., Cohen, L. and Droby, S. Effect of combining hot water, sodium bicarbonate and biocontrol on postharvest decay of citrus fruit. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 77: 441-445 (2002)
- Randazzo, C.L., Torriani, S., Akkermans, A.D.L., de Vos, W.M. and Vaughan, E.E. Diversity, dynamics and activity of bacterial communities during production of an artisanal Sicilian cheese as evaluated by 16S rRNA analysis. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 1882-1892 (2002)
- RDP. Ribosomal Database Project-II. Available from: <http://rdp.cme.msu.edu/index.jsp>. Accessed Oct. 10, 2004.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Albagli, R. and Fang, D.Q. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. *Postharvest Biol. Technol.* 5: 119-127 (1995)
- Rosen, J.C. and Kader, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *J. Food Sci.* 54: 656-659 (1989)
- Saltveit, M.E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 61-69 (2000)
- Schirra, M. and Ben-Yehoshua, S. Heat treatments: a possible new technology in citrus handling-challenges and prospects. In: *Advances in Postharvest Diseases and Control of Citrus Fruit*. Schirra, M. (Ed), Research Signpost Publisher, India. p. 133-147 (1999)

- Schirra, M. and D'hallewin, G. Storage performance of Fortune mandarins following hot water dips. *Postharvest Biol. Technol.* 10: 229-238 (1997)
- Schirra, M., Angioni, A., Ruggiu, R., Minelli, E.V. and Cabras, P. Thiabendazole uptake and persistence in lemons following postharvest dips at 50°C. *Italian J. Food Sci.* 10: 165-170 (1998)
- Schirra, M., Cabras, P., Angioni, A. and Melis, M. Residue level of imazalil fungicide in lemons following prestorage dip treatment at 20 and 50°C. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2865-2869 (1996)
- Schirra, M., D'hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. and Fallik, E. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 71-85 (2000)
- Schirra, M., D'hallewin, G., Inglese, P. and La Mautia, T. Epicuticular changes and storage potential of cactus pear [*Opuntia ficus-induca* Miller (L.)] fruit following gibberellic acid preharvest sprays and postharvest heat treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 17: 79-88 (1999)
- Sharp, J.L. and Mcguire, R.G. Control of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Navel Orange by forced hot air. *J. Econ. Entomol.* 89: 1181-1185 (1996)
- Shellie, K.C. and Mangan, R.L. Navel orange tolerance to heat treatments for disinfecting Mexican fruit fly. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 123: 288-293 (1998)
- Smilanick, J.L., Mackey, B.E., Reese, R., Usall, J. and Margosan, D.A. Influence of concentration of soda ash, temperature, and immersion period on the control of postharvest green mold of oranges. *Plant Disease* 81: 379-382 (1997)
- Smilanick, J.L., Margosan, D.A. and Henson, D.J. Evaluation of heated solutions of sulfur dioxide, ethanol, and hydrogen peroxide to control postharvest green mold of lemons. *Plant Disease* 79: 742-747 (1995)
- Smilanick, J.L., Margosan, D.A., Mlikota, F., Usall, J. and Michael, I.F. Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. *Plant Disease* 83: 139-145 (1999)
- Stanley, D.W., Bourne, M.C., Storn, A.P. and Wismer, W.V. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. *J. Food Sci.* 60: 327-333 (1995)
- Stratford, M. and Anslow, P.A. Evidence that sorbic acid does not inhibit yeast as a classic 'weak

- acid preservative'. *Lett. Appl. Microbiol.* 27: 203-206 (1998)
- Vincente, A.R., Martinez, G.A., Civello, P.M. and Chaves, A.R. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biol. Technol.* 25: 59-71 (2002)
- Wells, J.M. and Harvey, J.M. Combination heat and 2,6-dichloro-4-nitroaniline treatments for control of rhizopus and brown rot of peaches, plums, and nectarins. *Phytopathol.* 60: 116-120 (1970)
- Wild, B.L. and Hood, C.W. Hot dip treatment reduce chilling injury in long-term storage of 'Valencia' oranges. *HortScience* 24: 109-112 (1989)
- Wills R., McGlasson B., Graham D. and Joyce D. *Postharvest: An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetable & ornamentals.* 4th ed., University of New South Wales Press, p. 47-50 (1998)
- Wilson, C.L., Ghaouth, A.E.I., Chalutz, E., Droby, S., Stevens, C., Lu, J.Y., Khan, V. and Arul, J. Potential of induced resistance to control postharvest disease of fruits and vegetables. *Plant Dis.* 78: 837-844 (1994)
- Woolf, A.B. and Ferguson, I.B. Postharvest responses to high fruit temperatures in the field. *Postharvest Biol. Technol.* 21: 7-20 (2000)
- Zhou, T., Xu, S., Sun, D.W., Wang, Z. Effects of heat treatment on postharvest quality of peaches. *J. Food Engin.* 54: 17-22 (2002)

**한국농정** 2004년 3월 8일 월요일 제140호

## “감귤 상품상 향상 획기적 계기” 제한적 열처리기술 개발

**한식연 특화연구본부 유통연구단**

한국식품개발연구원 특화연구본부 유통연구단 홍석인 박사팀은 제주에서 생산되는 국내산 감귤류의 저장·유통방법을 개선, 농산물의 고품질을 유지하며 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 감귤류 신선농산물의 환경친화형 제한적 열처리 기술을 개발했다고 최근 밝혔다.

이번에 개발된 환경친화형 제한적 열처리 기술은 열풍(熱風) 처리와 열수(熱水) 처리를 실시하는 기법이다.

한식연은 열풍(45 , 4-8시간) 처리의 경우 감귤의 산미(酸味)를 줄이고 저장중 부패 발생률을 감소시켜 품질유지에 효과적이며, 열수(50-60 , 20초-2분) 처리로는 변색, 광택, 시름 등의 외관품질에서 유통

중 감귤의 상품성 증진에 효과적인 특징을 나타낸다고 밝혔다.

이러한 제한적 열처리는 세부적인 실험에서 온주 감귤에 대해 열풍 처리를 적용했을 경우 만생종 보다 조생종에 대한 처리 효과가 더 우수했으며, 열수 처리는 수확시기나 대상 품종에 관계없이 전반적으로 저장 유통중 감귤류의 외관품질을 양호하게 유지하여 무처리구에 비해 약 20~30% 가량 상품성이 향상되는 것으로 나타났다.

농림부(ARFC)의 농림기술개발 연구비를 지원 받아 개발된 이 환경친화형 제한적 열처리 기술은 주요 노후무를 연구과제의 참여 기업인 감귤 생산자 단체조합(제주 21세기영농조합)에게 우선적으로 기술 전수, 연구개발 결과의 현장 활용을 통해 실용화를 추진할 예정이다.



## 환경친화형 제한적 열처리 기술 개발 한식연, 감귤 상품성 향상 기대

한국식품개발연구원 특화연구본부 유통연구단 홍석인 박사팀은 감귤류의 저장법으로 환경친화형 제한적 열처리 기술을 개발했다.

환경친화형 제한적 열처리 기술은 신선 농산물의 품질저하를 방지해 주는 전처리 기술로 식물조직이 손상되지 않는 범위 내에서 최소한의 열을 가하여 미생물 오염에 의한 부패를 방지하고 고유의 조직과 색택을 유지하는 방법이다.

이번에 개발된 환경친화형 제한적 열처리 기술은 열풍처리와 열수처리를 실시하는 기법이다.

열풍처리기술은 4~8시간동안 45℃를 유지, 감귤의 산미를 줄이고 저장중 부패 발생률을 감소시켜 품질유지에 효과

적인 것으로 나타났다.

또한 열수처리기술은 20초~2분동안 50~60℃로 처리해 변색, 광택, 시들 등의 외관품질을 억제하는 효과를 보였다.

특히 제한적 열처리 방법은 화학방부제의 대체 또는 사용량을 줄일 수 있으며 생리 특성에도 영향을 미치는 것으로 조사됐다.

농림부의 농림기술개발 연구비를 지원받아 개발된 환경친화형 제한적 열처리 기술은 연구과제의 참여 기업인 '제주 21세기영농조합'에 기술 전수하며 현장 적용을 통해 실용화를 추진할 예정이다.

• 박희진 jins@afnews.co.kr

## 열처리 감귤 상품성 높다

### 신맛 줄고 저장·유통중 부패·변색 등 감소

#### 방부제 대체 안전성 제고도

제주산 감귤의 저장과 유통과정에서 상품성을 제고하는 제한적 열처리 기술이 개발됐다.

한국식품개발연구원 특화연구본부 홍석인 박사가 개발한 제한적 열처리 기술은 열풍과 열수 방법 등 2가지다. 홍 박사는 이를 위해 서귀포

산 조생종 은주 감귤을 사용해 산도와 수소이온농도(pH), 당 함량, 중량 손실, 부패 발생률 등을 대조구와 비교하였다.

실험결과 열풍의 경우 감귤을 45℃에서 4~8시간 처리하면 신맛을 줄이고 저장 중 부패 발생을 감소시키는 효과가 있었다. 열수도 50~60℃에서 20초~2분 정도 처리하면 변

색이나 광택·시들 등의 외관품질 증진에 효과적인 특징을 보여주었다.

홍 박사는 "이번 실험으로 기존 화학방부제를 대체하거나 사용량을 줄일 수 있는 환경친화형 신선 농산물의 소독·구제용 물리적 전처리 뿐만 아니라 과실 숙성 또는 생리 특성에도 영향을 미쳐 유통 중 품질유지 측면에서 긍정적 효과를 기대할 수 있다"고 설명했다. 이번 연구결과는 참여 기업인 제주 21세기영농조합에 우선 이전돼 실용화될 예정이다.

문광운 기자 moonkw@agrinet.co.kr

# 감귤 제한적 열처리기술 개발

한국식품개발연구원(원예농업연구소) 특화 연구본부 유동연구단 홍석진 박사팀은 제주지역에서 생산되는 국내산 감귤류의 저장, 유통장해를 개선하여 농산품의 고품질을 유지하며 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 감귤류 신선농산물의 환경친화적 제한적 열처리 기술을 개발했다고 밝혔다.

이번에 개발된 환경친화적 제한적 열처리 기술은 기존 열처리 온도를 낮추고 열처리 시간을 단축하여 열처리 후 발생하는 열변색, 열변형, 열변질 등의 문제를 최소화하는 기술로, 열처리 온도 4~8시간, 처리는 감귤의 산(酸)도를 줄이고 저장중 부패 발생률을 감소시켜 품질유지율 80%까지 높여 준다(5~60℃, 20초~2분) 처리되는 냉동, 급해, 시들 등 저온 상태에서 유통을 감당할 수 있는 열처리 효과의 특성을 나타낸다고 밝혔다.

■한국식품개발연구원 홍석진 박사팀

## 20~30% 상품성 향상 효과 생산자단체에 기술전수 추진

이러한 제한적 열처리는 감귤류의 수확시기와 부패 정도에 따라 그 처리 효과가 다소 다르게 나타날 수 있으나, 시부적인 실험에서 온천 감귤에 대해 열처리 효과를 측정했을 경우 단병중 보다 포장 중에 대한 처리 효과가 더 우수했으며 열수 처리는 수확시기나 대상 품종에 큰

차이가 전반적으로 가장 유통중 감귤류의 외관품질을 향상시켜 유통에 부패의 우려 없이 약 20~30% 기간 상품성이 향상되는 것으로 나타났다.

새로 개발된 제한적 열처리 방법은 유통업체를 비롯해 소비자, 그 사용법을 알릴 수 있는 환경친화적 신선 농산물의 조

목구멍을 열리지 않게 하므로 뿐만 아니라 고질 혁신 또는 생리 특성에도 영향을 미쳐 유통중 품질유지 측면에서 매우 긍정적인 효과를 기대할 수 있다는 것이다. 따라서 이러한 환경친화적 열처리 기술이 실제 생산, 유통 현장에서 활용될 경우 국내산 감귤류의 수확후 저장 안정성 향상은 물론 상품성 개선을 통해 유통중 고품질 유지 및 소비자 편의를 보장할 수 있는 것으로 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

한편, 식품개발연구원은 이 환경친화적 열처리 열처리 기술연구과제의 성과가 담긴 감귤 생산자 단체(조합)에 해당 기술은 조합에게 우선적으로 기술 전수하여 연구개발 결과의 현장 활용을 통해 실용화를 추진할 예정이다.

# 감귤류 신선농산물 열처리 기술개발

식개발 연구단

한국식품개발연구원 '감귤류 신선농산물의 제한적 열처리 기술'을 개발했다.

식품개발연구원은 최근 특화연구본부 유동연구단 홍석진 박사팀이 국

내산 감귤류의 고품질을 유지하며 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 '감귤류 신선농산물의 환경친화적 제한적 열처리 기술'을 개발했다고 밝혔다.

농림부에서 농림기술개발 연구비를 지원받아 개발된 이번 기술은 기존 방법보다 한 단계 앞선 열처리와 열수

처리를 실시하는 기법으로 열변색이라는 감귤의 산(酸)을 줄이고 저장중 부패 발생률을 감소시켜 품질유지에 효과적이므로 열수처리는 냉동과 급해 등 외관 품질을 향상시키는 데 도움을 준다(5~60℃, 20초~2분) 처리되는 냉동, 급해, 시들 등 저온 상태에서 유통을 감당할 수 있는 열처리 효과의 특성을 나타낸다고 밝혔다.

이처럼 수확 시기나 대상 품종에 관계 없이 일반적으로 저온 유통중 감귤류의 외관품질을 향상시켜 유통 부패의 우려 없이 약 20~30% 기간 상

품성이 향상되는 것으로 나타났다.

한국식품개발연구원 측은 이번 기술을 감귤생산자 단체 조합에 우선적으로 전수, 실용화를 추진할 예정이다. 이 기술이 실제 생산자 유통 현장에서 이용될 경우, 국내산 감귤류의 안전성 향상은 물론, 고품질 유지 및 가격 경쟁력 확보에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

이해영 기자 young@



## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.