creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

碩士學位論文

열처리에 의한 온주밀감의 산함량 감소 효과

濟州大學校 大學院

食品工學科

李　知　炫

2011年 8月

JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952
JEJU 1952
제주대학교

열처리에 의한 온주밀감의 산함량 감소 효과

指導敎授 姜 永 周

李 知 炫

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2011年 8月

李知炫의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長	河 璡 桓 ㊞
委 員	崔 英 勳 ㊞
委 員	姜 永 周 ㊞

濟州大學校 大學院

2011年 8月

dCollection @ jeju

Study on Reducton of Acidity of Satsuma Mandarin by Heat Treatment

Ji-Hyun Lee
(Supervised by professor Yeung-Joo Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Engineering

2011. 8.

This thesis has been examined and approved

Department of Food Science and Engineering

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

Collection @ jeju

목 차

Summary ·· 1

Ⅰ. 서 론 ·· 3

Ⅱ. 재료 및 방법 ·· 6

1. 재료 ·· 6
2. 실험방법 ·· 7
   1) 열처리 시 습도조건이 과실품질에 미치는 영향 ························ 7
   2) 열처리 시 과실포장용 필름종류가 과실품질에 미치는 영향 ············ 7
   3) 열처리 시 온도와 시간 조합이 과실품질에 미치는 영향 ················ 8
   4) 호흡량 및 과실 내부 CO_2측정 ·· 8
   5) 필름 내 가스조성 측정 ·· 9
   6) 산, 가용성고형물 함량, 및 당산비 ·· 9
   7) 유리당 및 유기산 정량 ·· 10
   8) 경도, 감모율 및 부패과율 ·· 11
   9) 에탄올 및 아세트알데하이드 정량 ·· 11
   10) 이취(off-flavor)정도 관능평가 및 선호도 조사 ······················· 12
   11) 통계분석 ··· 12

Collection @ jeju

Ⅲ. 결과 및 고찰 13

1. 열처리가 감귤과실의 호흡에 미치는 영향 13
2. 열처리 시 습도조건이 과실품질에 미치는 영향 16
3. 열처리 시 과실포장용 필름종류가 과실품질에 미치는 영향 19
4. 열처리 중 용기 위치 및 밀봉처리 시점에 따른 과실 품온 변화 25
5. 열처리 시 온도와 시간 조합이 과실품질에 미치는 영향 27
1) 온도별 산 및 가용성고형물 함량 27
2) 온도별 유리당 및 유기산 함량 30
3) 감모율, 부패과율 및 경도 32
4) 에탄올 및 아세트알데하이드 함량 34
5) 관능평가 37
6) 온도처리 후 시간경과에 따른 품질변화 39

Ⅳ. 요 약 43

Ⅴ. 참고문헌 45

dCollection @ jeju

Summary

Heat treatment was conducted to reduce acidity of satusma mandarin grown in Jeju island, Korea. In an effort to maintaining fruit freshness and internal qualities, other conditions such as humidity, film, temperature and time were examined.

To set up the humidity(RH) condition during heat treatment, fruits were held at 35℃ at low(65±2%) or high(100±2%) RH for 72 hours. The rate of titratible acidity(TA) reduction was not affected by RH condition. However, weight loss was higher and firmness was significantly lower in fruit treated under low RH compared with that under high RH. In addition, fruits under low RH developed more ethanol and acetaldehyde content which induced more off-flavors. Therefore, high RH gave better effect on fruit appearance and internal qualities during heat treatment.

To select proper plastic film for maintaining humidity, fruits were sealed with 3 types of films and held at 30℃ for 55 hours. The concentration of O_2 and CO_2 within film was 20.4 and 0.3% with 18㎛ HDPE punched film, 16.8 and 4.2% with 30㎛ LDPE film, 13.7 and 7.9% with 100㎛ LDPE film respectively. The higher CO_2 concentration in film was, the more ethanol and acetaldehyde content increased. Hence fruits with 18㎛ HDPE punched film accumulated the lowest volatiles and were not much affected in developing off-flavors.

The effect of temperatures(25, 30, 35℃) and treatment time(48, 72hr for 25℃, 72, 96hr for 30℃, 96, 144hr for 35℃) on fruit qualities was examined. TA showed about 0.13 to 0.24% decrease whereas temperature control showed 0.09% for 6 days in low ambient temperature. Soluble solids content(SSC) remained without any significant differences before and after

Collection @ jeju

heat treatment. Consequently, SSC:TA ratio increased from 11.2 on harvest day to 12.1~13.6 after treatment while control was 11.6. Decay rate was considerably high in 25℃ which was not a proper temperature for treatment, while temperatures higher than 30℃ seemed to delay the decay. Firmness and off-flavors did not show much differences between control and all other treatment. Thus, the combination of temperature and time applied to this experiment did not affect fruit freshness besides the reduction of acidity.

In conclusion, heat treatment at 30℃ within 96 hours and 35℃ within 72hr, with high humidity and unchanged gas composition, can effectively reduce acidity of satsuma mandarins while maintaining soluble solid content and fruit freshness.

Collection @ jeju

I. 서 론

제주에서 재배되는 감귤 품종 중 약 90%는 온주밀감(*Citrus unsihi* Marc.)인데, 장마기간이 길고 강우량이 많은 기후 특성상 과실의 품질이 고르지 못하다. 또한 관행적으로 재배된 온주밀감은 당도가 낮아 소비자의 기호가 떨어지므로 고품질 과실을 생산하기 위해서 꾸준히 노력하고 있다. 과실의 당도를 높이기 위해 가장 용이하게 이용하는 기술은 감귤나무에 수분 스트레스를 주는 것인데, 이를 위해 감귤나무를 높은 이랑에서 재배하거나(1) 경사지를 이용하여 재배하였다. 최근에는 감귤 과원의 토양을 다공질 필름으로 피복하여 나무에 수분 스트레스를 유도하는 기술(2, 3)이 이용되고 있으며 빠르게 확산되고 있는 추세이다. 그러나 이렇게 나무에 수분 스트레스를 주면 당도가 증가하지만 산함량도 함께 증가하는 문제점이 있다.

현재 선호하는 고품질 감귤의 기준은 당도 12°Brix 이상, 산함량 1.0%이하인데, 당도 증가 기술을 적용하여 당도를 높인다 하더라도 산함량도 함께 높아져 고품질 기준에 미치지 못하게 된다. 산함량을 기준함량으로 낮추기 위해 재배 중 적절한 수분관리 기술이 연구되고 있으나 시설 및 복잡한 기술이 사용되어야 하기 때문에 적용이 어려운 실정이다. 또한, 산함량을 낮추기 위해 수확시기를 지연시키면 출하조절이 힘들고 과피의 경도가 약해지고 부피(skin puffiness)가 발생되기 쉽다. 특히 감귤의 수확시기가 늦어질 경우 겨울철로 진입되어 눈이 내릴 수 있는데 과실에 직접적으로 눈이 맞을 경우 동해로 인해 과피가 손상되어 급격한 부패가 발생될 수 있다. 따라서 수확기 조절에 의한 산함량 조절은 매우 어려운 실정에 있다. 이러한 문제점들을 극복하기 위해서는 건전한 과실을 수확한 후에 여러 기술을 적용하는 것이 유리할 것으로 생각된다.

원예작물의 수확후 관리에서 온도처리는 다양하게 이용되고 있는 기술이며 화학약제의 처리보다 친환경적이라고 볼 수 있다. 지금까지는 열처리를 적용하여 과채류나 과실의 저장성을 향상하기 위한 목적으로 연구가 많이 진행되었는데, 참외(4), 토마토(5), 사과(6), 배(7), 감(8) 등에서 열처리가 살균과 저온장해 완화

Collection @ jeju

의 효과가 있었다고 보고되었다. 또한 열처리는 원예작물의 대사작용 즉 호흡, 호르몬 생산, 효소의 활성 등에도 영향을 미치게 되는데, 일부 클라이맥터릭 과실의 경우에는 숙성을 지연시켜 저장성을 높일 수 있다는 결과도 보고되었다(6). 최근에는 절단가공이 포함된 신선편이 제품을 생산할 때, 상대적으로 품질 변성이 빠른 제품의 품질 유지를 위해 가공과정의 전과 후에 열처리를 실시하는 실험이 수행되기도 하였다. 멜론과 사과를 이용한 실험에서 열처리는 가공 후 신선편이 과실의 호흡량과 에틸렌 생성량을 감소시켜 경도가 유지되고 갈변이 감소하는 등 품질 유지의 효과가 있었다(9, 10).

감귤류에서도 열처리가 수행되었는데, 다른 작물과 마찬가지로 수확 후 저장성 향상과 더불어 전반적인 품질향상에 목적이 있었다. 저장성 향상과 관련하여서는 고온수에 감귤을 침지하거나 열풍으로 열처리를 하였을 때 저온저장 중 저온장해를 제어하고 부패율을 경감시키며(11, 12), 저장 중 부피(skin puffiness) 억제 효과가 있었다고 보고된 바 있다(13, 14). 이 외에도 열처리는 내부품질의 변화에도 관여하여 당도가 증가되거나(15, 16) 산함량이 감소되는 현상이 관찰되었으며(17, 18), 최근에는 이를 이용하여 처음으로 온주밀감의 산함량을 적극적으로 감소하기 위한 실험이 수행되기도 하였다(19).

국내에서는 온주밀감을 생과 출하 하거나 가공품으로 제조할 때 산함량이 높은 과실은 소비자의 선호가 떨어져 낮은 등급으로 유통되고 있는데, 이를 해결하기 위한 직접적인 산함량 조절 연구는 많지 않았다. 최근 적과하여 폐기되는 미숙과나 조기에 수확되어 산함량이 높은 과실을 가공용으로 활용하기 위해 열처리를 실시하여 산함량 감소에 효과가 있었다고 보고된 바 있으나(20) 이는 가공용 원재료의 처리를 목적으로 수행되었으며 생과 출하 시에 적용하기에는 좀 더 깊은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 이 외에도 감귤 주스를 제조할 때 전기투석을 이용하여 탈산하는 방법 등 가공제품의 상품성 향상을 위한 탈산 공정에 대한 연구(20, 21)가 보고되었다. 그러나 생과 이용을 위해 과실에 함유된 산함량을 신속하게 감소시키는 동시에 신선도를 유지하기 위한 연구는 보고된 것이 거의 없다.

산함량 감소는 과실 내에 함유된 유기산 함량을 저하시키는 의미로 볼 수 있는데, 이를 위해서는 과실 내 유기산 성분이 호흡할 때의 기질로 이용되거나 다

dCollection @ jeju

른 대사물질로 전환됨으로써 가능하다. 감귤은 호흡의 기질로 유기산인 citric acid를 주요 기질로 이용하고, 호흡은 온도상승에 비례하여 증가한다. 따라서 열처리를 이용하면 신속하게 산함량을 감소시킬 수 있다. 그러나 지금까지 감귤에 실시된 열처리는 저장성 향상과 장해경감의 목적으로 단시간 처리를 하였으며, 하루 이상의 장시간 열처리는 감귤의 호흡생리와 품질에 부정적인 영향을 미칠 수도 있다. 그러므로 감귤에 적용될 수 있는 적절한 온도와 처리시간을 구명하는 것이 중요하다.

본 연구는 당도는 높으나 산 함량도 같이 높아 상품성이 떨어지는 온주밀감을 대상으로 열처리를 통하여 산함량을 신속하게 낮추어 고품질 과실비율을 높이기 위한 목적으로 수행되었다. 또한 열처리로 수반될 수 있는 감귤의 생리변화와 온도 이외의 환경조건이 과실 품질에 미치는 영향을 관찰하여, 열처리를 통해 산함량을 감소시키는 동시에 감귤의 신선도, 감모율, 외관 등 다른 품질요인의 변화를 최소화하기 위한 조건을 구명하고자 본 연구를 추진하였다.

dCollection @ jeju

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험의 재료는 제주도에서 생산되는 온주밀감 중 90%이상을 차지하고 있는 궁천조생(*Citrus unshiu Marc.* Cv. Miyagawa)을 사용하였다. 특히 시험의 정밀성을 기하기 위해 각각의 처리조건 별로 시료를 달리 하였다. 처리조건은 열처리를 기본으로 하여 처리 시 습도, 포장필름, 온도 별로 검토하였다.

열처리 시 습도조건이 과실품질에 미치는 영향을 검토하기 위한 실험에서는 2009년 11월 초순, 서귀포시 남원읍 하례리에 소재한 25년생 감귤나무가 식재된 감귤과원에 다공질 필름(Tyvek DuPont, Japan) 멀칭재배를 하여 가용성고형물 함량이 11°Brix 이상, 산함량이 1.3% 이상인 과실을 선별하여 이용하였다. 수확방법은 균일한 샘플을 채취하기 위하여 수체의 상·중·하 부분으로 구분한 후 중간부분에서 품질이 비교적 일정한 수체 바깥쪽 과실을 위주로 수확하였다. 수확된 과실은 육안으로 상처과와 비상품과를 제거하여 건전과를 선별하였다.

열처리 시 과실포장용 필름종류가 과실품질에 미치는 영향을 검토하기 위한 실험에서는 서귀포시 남원읍 하례리에 위치한 감귤시험장 내 시험포장에서 재배되고 있는 20년생 나무에서 수확한 과실을 재료로 이용하였다. 2009년 11월 말에 수확하여 약 30일 동안 저장한 후 육안으로 과실의 상태를 검토하여 건전과를 선별한 뒤 시료로 사용하였다.

열처리에 적합한 온도조건을 설정하기 위한 실험재료로는 2009년 11월 말, 서귀포시 대정읍 무릉리에 위치한 25년생 나무가 식재된 농가 과수원에서 다공질 필름을 이용하여 재배된 과실을 수확하여 사용하였으며, 위의 습도조건에서 사용된 과실선별기준에 준하여 선별한 후 실험에 이용하였다.

dCollection @ jeju

2. 실험방법

1) 열처리 시 습도조건이 과실품질에 미치는 영향

본 실험은 내부용량이 24ℓ 되는 플라스틱 용기에 감귤시료를 8kg씩 담고, 이 용기를 온도 처리실에 넣은 뒤 온도 35℃에서 72시간동안 열처리를 실시하였다. 습도조건은 열처리 중인 과실 주변의 상대습도를 100%와 65%에 해당하는 두 개의 처리구를 두었고, 편의상 상대습도 100%를 고습도 처리구, 65%를 저습도 처리구로 명명하였다.

고습도 처리구의 환경조건 설정은 온도 처리실 바닥에 80℃정도의 뜨거운 물을 분무하여 기본 습도를 유지시킨 후 신속히 가습기를 작동시켜 저장고 내의 습도를 높인 다음 18㎛ HDPE필름에 표면적의 2% 천공 면적을 가지는 천공필름(S1, Taebang Patec CO. LTD., Korea)을 덮어 필름 내 고습조건을 유지하였다. 저습도 처리구의 환경조건은 필름을 이용하지 않고 감귤시료를 온도 처리실의 습도조건인 65%의 대기에 그대로 노출시켰다. 처리 직후 과실의 품질분석을 위해 가용성고형물, 산함량, 경도 등을 분석하였고, 후각과 미각에 미치는 영향을 판단하는 이취(off-flavor) 관능평가는 처리가 끝나고 3일이 경과된 시점에서 실시하였다.

2) 열처리시 과실포장용 필름종류가 과실품질에 미치는 영향

실험에 이용된 필름은 100㎛ LDPE(low density polyethylene) film, 30㎛ LDPE film, 18㎛ HDPE(high density polyethylene) 2% 천공필름(S1, Taebang Patec CO. LTD., Korea)이고 필름포장을 하지 않은 것을 무처리로 하여 대조구로 사용하였다. 처리량은 시험의 균일성을 위하여 위의 습도조건 실험과 동일한 조건으로 실시하였다. 온주밀감을 플라스틱 용기에 8kg씩 담은 후 각각의 필름으로 전체를 밀봉하였다. 열처리는 30℃에서 55시간동안 실시하였다.

Collection @ jeju

3) 열처리 시 온도와 시간 조합이 과실품질에 미치는 영향

위의 실험과 동일하게 시료는 8kg씩 플라스틱 용기에 담았고, 열처리를 위한 온도는 25, 30, 35℃의 세 조건으로 설정하여 열처리를 실시하였다. 열처리에 의한 산함량의 감소 목표는 온주밀감의 평균 고산도인 1.2~1.3%에서 고품질 기준 산도인 1.0%이하로 낮추기 위해 0.2~0.3% 감소로 설정하였고, 산함량 약 0.2~0.3%를 감소하기까지 온도와 적정시간의 조합을 찾고자 하였다. 예비 실험을 통하여 열처리 시간은 35℃의 경우 48, 72시간, 30℃는 72, 96시간, 25℃는 96, 144시간으로 정하였고 대조구는 실온(10±0.9℃)에서 144시간 후에 분석하였다. 모든 처리구의 과실은 18㎛ HDPE 2% 천공필름에 담아 처리하였고, 35℃처리구에서는 필름 무처리구를 추가하여 실험하였다. 열처리가 끝난 후 과실을 모두 15℃ 저장고로 옮겼으며, 품질 분석은 처리 직후, 수확후 15일, 30일 동안 저장하면서 실시하였다.

4) 호흡량 및 과실 내부 CO_2측정

호흡량은 과실에서 발생되는 CO_2 발생량을 측정하여 조사하였고 온도 25, 30, 35℃에서 각각 측정하였다. 시료를 수확한 즉시 항온기에 넣고 약 2시간 경과하여 각 온도별로 품온이 오른 것을 확인하였다. 그 다음 부피 1ℓ의 밀봉이 가능한 용기에 과실을 넣어 1시간 경과 후 용기 내부의 공기 1㎖를 채취하여 GC(HP 5890, Hewlett Packard, USA)에 주입하여 분석하였다. 표준가스로 1%농도의 CO_2(Supelco)를 이용하였으며, GC의 운영 조건은 Table 1과 같다.

Collection @ jeju

Table 1. GC conditions for analysis of CO_2

Parameters	Conditions
Column	SUS, ∅2.45mm, length 2.0m
Carrier gas	He
Detector	TCD
Injection volume	1㎖
Flow rate	30㎖/min
Oven temperature	110℃
Detector temperature	180℃

과실의 내부 이산화탄소 농도는 과실 배꼽부위 정중앙에 주사바늘을 꽂아 과실내부의 공기를 1㎖ 채취하여 GC로 분석하였고, 분석조건은 호흡량 측정을 위한 CO_2 분석과 동일하다.

5) 필름 내 가스조성 측정

적정 필름 선정 실험에서 열처리 중 필름 내 가스조성을 분석하였다. 필름 포장 내 O_2 및 CO_2 농도는 CO_2/O_2 analyzer(CheckMate 9900, PBI Dansensor, Denmark)를 이용하여 3시간 단위로 측정하였다.

6) 산, 가용성고형물 함량, 및 당산비

착즙한 과즙의 산함량은 McAllister(22)의 방법에 준하여 측정하였으며, 과즙 5㎖을 채취하여 페놀프탈레인을 2~3방울 떨어뜨리고, 0.1N NaOH(Aldrich)로 변색되는 시점까지 적정하여 소비량을 구한 후 다음의 식에 의해 citric acid로 환산하였다.

$$\text{Acidity(v/v, \%)} = \frac{\text{Titration volume(㎖)} \times 0.1 \times 0.0064 \times 10 \times 100}{\text{Sample volume(㎖)}}$$

dCollection @ jeju

과즙의 가용성고형물 함량은 굴절당도계(Refractometer, ATAGO, Japan)로 측정하였다. 당산비는 측정된 가용성고형물과 산함량의 비율로 나타내었다.

7) 유리당 및 유기산 정량

주입용 시료는 착즙한 과즙을 초순수 증류수를 사용하여 1,000배 희석하고 Millipore filter(0.45㎛)로 여과하여 준비하였다. 유리당 분석은 HPLC (ICS-3000, Dionex, USA)를 사용하였으며 운영조건은 Table 2와 같다. 유리당 정량을 위한 표준물질로서는 fructose, glucose, sucrose(Sigma Chemical Co., GR)를 사용하였고, 온주밀감 유리당 함량 범위를 완전히 포함하는 세 농도를 만들어 측정한 후 검량선을 작성하여 정량에 이용하였다.

Table 2. HPLC conditions for analysis of free sugars

Parameters	Conditions
Column	Carbopac PA1
Mobile phase	100mM NaOH
Detector	INT Amperometry
Injection volumn	10㎛
Flow rate	1㎖/min
Column temperature	30℃

유기산 분석도 HPLC(ICS-3000, Dionex, USA)를 사용하였으며, 운영조건은 Table 3과 같다. 표준품과 검량선의 작성은 유기산 정량을 위한 표준물질로 L-malic, citric, oxalic acid(Sigma Chemical Co., GR)를 사용하였다.

dCollection @ jeju

Table 3. HPLC conditions for analysis of organic acid

Parameters	Conditions
Column	lonpac® ICE-AS6
Mobile phase	0.4mM Heptaflorobutyric acid
Detector	Conductivity
Injection volumn	10㎛
Flow rate	1㎖/min
Column temperature	30℃

8) 경도, 감모율 및 부패과율

감귤의 경도는 외관상의 신선도를 나타내기 위해 측정하였으며, ∅50mm probe가 부착된 texture analyzer(Ta-Xt2, England)를 이용하여 5kg의 힘으로 과실을 7㎜ 정도 평평하게 눌렀을 때 얻어지는 힘의 최대치를 Newton(N) 값으로 나타내었다. 감모율은 처리 전과 처리 후에 중량을 측정하여 손실된 중량을 처리 전 초기중량과 대비하여 백분율로 환산하였다. 부패과율은 각 처리구에서 부패과실을 선별하고 중량을 측정한 다음 총 중량에 대비하여 백분율로 계산하였다.

9) 에탄올 및 아세트알데하이드 정량

감귤 과즙내의 에탄올과 아세트알데하이드 함량은 Davis(23)의 방법에 준하여 다음과 같이 측정하였다. 50㎖짜리 삼각플라스크에 과즙 5㎖을 넣고 윗부분에 실리콘 재질의 cap을 씌우고 parafilm으로 완전 밀봉한 뒤 30℃ 항온수조에 놓아둔다. 30분이 경과한 후 주사바늘을 이용하여 플라스크 내의 headspace에서 gas 1㎖을 채취하여 GC(7890A, Agilent, USA)를 이용하여 분석하였다. 표준물질로는 ethyl alcohol anhydrous(Carlo Erba)와 acetaldehyde(Carlo Erba)를 초순수로 희석하여 사용하였다. 에탄올과 아세트알데하이드 함량 분석의 운영조건은 Table 4와 같다.

dCollection @ jeju

Table 4. GC conditions for analysis of ethanol and acetaldehyde

Parameters	Conditions
Column	DB-FFAP, ∅0.25mm, length 30mm
Carrier gas	He
Detector	FID
Injection volume	1㎖, Split mode(10:1)
Flow rate	4.73㎖/min
Oven temperature	115℃
Detector temperature	220℃

10) 이취(off-flavor)정도 관능평가 및 선호도 조사

이취(off-flavor)정도에 대한 관능평가와 선호도 조사는 감귤 품질분석 업무에 종사하는 20~40대 남녀 성인을 대상으로 21명의 패널을 선발하여 실시하였다. 이취의 정도는 각 패널들이 맛을 본 후 관능적으로 평가하여 3 scale 척도(0, 이취가 전혀 없음, 1;이취가 조금 느껴짐, 2; 이취가 많이 느껴짐)로 나타내었다. 선호도 조사는 과실의 처리별 정보를 배제하고 맛을 보게 한 뒤, 과실의 외부 및 내부 품질을 종합하여 선호하는 순서대로 1~5순위를 선정토록 하였고 각 순위에서 처리별 과실이 차지하는 비율을 백분율로 나타내었다.

11) 통계분석

열처리 후 과실의 품질분석은 처리당 3반복, 반복당 40개의 과실을 분석하였다. 신속하고 공정한 분석을 위해 착즙한 과즙 4개씩 같은 양으로 혼합하여 분석용 시료를 1점으로 만든 뒤 분석하였다.

실험결과의 통계처리는 SAS system(SAS Institutee Inc., USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며 각 처리구간의 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

dCollection @ jeju

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 열처리가 감귤과실의 호흡에 미치는 영향

감귤의 산함량 감소를 위한 연구는 감귤이 온도상승에 비례하여 호흡량이 증가한다는 것과 호흡 시 사용되는 기질이 감귤의 주요 유기산인 citric acid라는 것에 착안하여 시작되었다. 따라서 산함량 감소 실험에 앞서 높은 온도가 과실의 호흡양상에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다.

과실의 열처리에 있어 35~40℃에 해당하는 높은 온도는 세포막에 변성을 초래할 수 있으므로(24, 25), 이를 기준으로 하여 25, 30, 35℃의 세 온도 조건을 열처리 온도조건으로 설정하였고, 과실 수확 후 세 온도 조건에서 저장하면서 호흡량의 변화를 분석한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 온도 수준별 처리 모두 초기에 가장 높은 호흡량을 보였으며 저장기간이 경과됨에 따라 급격히 감소되는 경향을 나타내었다. 특히 온도 수준별 처리 모두 5일부터 호흡량의 변화 폭이 서서히 작아지면서 평형상태를 유지하기 시작하였다. 온도 수준별 처리 7일 후에는 호흡량이 전반적으로 안정되면서 처리초기의 호흡량보다 60~70%정도 낮아진 경향을 보였다. 온도조건별 호흡량의 평형이 이루어진 상태에서 호흡량을 측정해 본 결과 25℃ 10.7, 30℃ 12.3, 35℃ 15.2 mL/㎏·h로 지금까지 보고된 다른 품종들 즉, Valencia orange의 8 mL/㎏·h(25℃), lemon의 6 mL/㎏·h(25℃)로 측정된 수치보다 다소 높은 경향이었다(26). 감귤의 성숙단계별로 호흡량을 측정한 실험에서 미성숙한 감귤은 수확후 호흡이 급격한 상승현상을 보이지만 성숙이 진행될수록 그 피크는 점점 낮아지며 완전 성숙이 된 감귤은 수확 후 호흡 증가 현상 없이 서서히 감소하는 경향을 보인다고 하였다(27). 본 실험에서도 착색이 완전히 진행되어 성숙이 완료된 감귤을 수확하여 실험을 실시하였는데, 감귤을 수확한 시점부터 저장기간이 진행되는 동안 호흡량의 급격한 상승현상이 없이 꾸준히 감소하는 경향을 보여 이미 보고된 호흡량 변화의 실험결과와 일치하였다. 따라서 온도 25~35℃는 감귤 본래의 호흡 특성에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 또한, 감귤의 수확 직후에 호흡량이 높은 현상에

Collection @ jeju

관련하여서는 수확 시 과경이 절단되는 물리적인 스트레스가 수확 전후의 과실 호흡량에 영향을 미치지 않는다는 보고가 있으므로(28), 이러한 결과들로 유추하여 볼 때 수확 직후의 높은 호흡량은 물리적 스트레스에 대응하여 증가된 것이 아니라 나무에서 생육과정 중인 과실의 고유 호흡량으로 판단되며 수확 후에는 과실의 수분 및 영양공급원이 수체로부터 중단됨에 따라 대사작용이 급격히 감소되는 것으로 생각된다. 위에서 나타난 현상들을 고려했을 때, 온주밀감의 산함량 감소를 위한 열처리는 수확 직후 호흡량이 왕성할 때 실시하는 것이 가장 효과적일 것으로 생각된다.

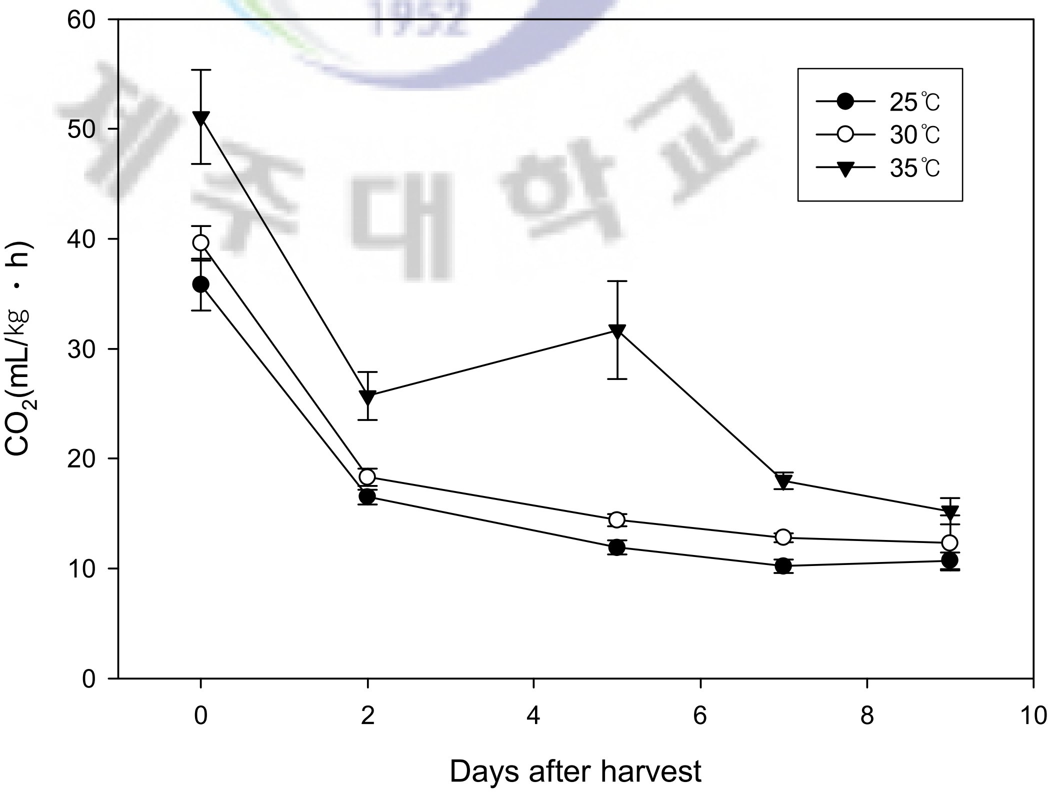

Fig. 1. Changes in respiration rate of satsuma mandarin after harvest depending on temperature during storage. Vertical bars represent standard deviation (n=5)

dCollection @ jeju

감귤 재배 시 토양을 다공질필름 피복에 의한 수분조절로 나무에 수분 스트레스를 주며 재배한 경우, 감귤의 호흡량은 피복하지 않은 과실에 비해 전반적으로 높은 경향을 보였다(Fig. 2). 특히 수확 직후 25℃에서 토양피복재배 과실의 호흡량은 평균 39.4 mL/㎏·h로 측정된 반면에 무 피복재배 처리는 35.6 mL/㎏·h로 토양피복재배 과실의 호흡량에 비해 3.8 mL/㎏·h 적었다. 그러나 수확 후 기간이 경과되면서 서서히 줄어들면서 같아지는 경향이었다. 특히 수확 5일 후 호흡량이 안정화되는 단계에 들어서면 멀칭피복재배와 무피복재배 과실의 호흡량은 차이를 보이지 않았다.

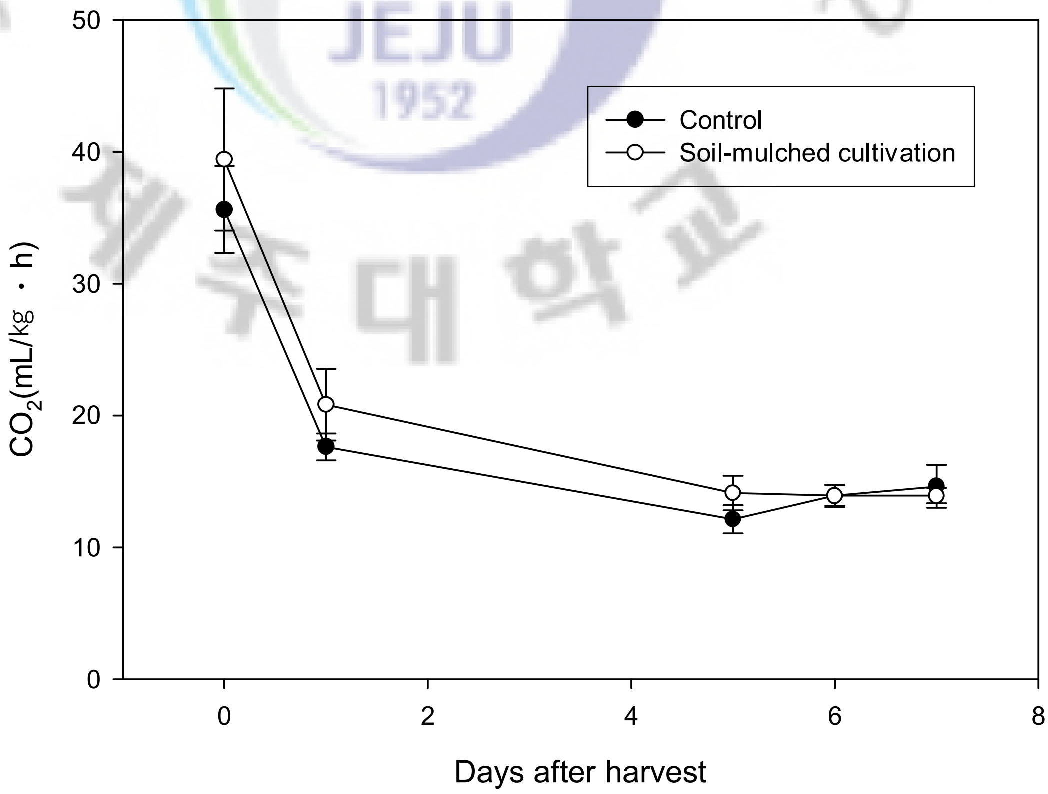

Fig. 2. Changes in respiration rate of satsuma mandarins after harvest at 25℃ depending on soil-mulched cultivation method. Vertical bars represent standard deviation (n=5)

dCollection @ jeju

2. 열처리 시 습도조건이 과실품질에 미치는 영향

감귤과실의 수확 후 산함량 감소를 목적으로 열처리를 수행할 때 열처리 장소의 습도 조건이 과실의 품질변화에 미치는 영향을 알아보기 위해 시험한 결과를 Table 5에 나타내었다. 우선 온도조건은 감귤 수확후 35℃에서 72시간 동안 처리를 기본으로 하여 고습도 조건은 100±2%, 저습도는 65±2%의 상대습도로 하였다. 실험결과 감귤시료의 수확 직후 산함량은 1.30% 였으나 열처리가 끝난 후 고습도 처리는 산함량이 1.05%, 저습도 처리는 1.09%로 습도처리와 관계없이 산함량이 유의하게 감소하였으며 고습도 처리구가 약간 낮았으나 처리구 간 유의있는 차이는 관찰되지 않았다. 가용성고형물 함량은 수확 직후 전반적으로 12.2°Brix였고 열처리에 따른 변화를 보이지 않았으며 산함량 변화와 마찬가지로 고습도 처리구의 과실이 저습도 처리구의 과실보다 가용성고형물 함량이 조금 낮은 경향을 보였으나 통계분석 결과 유의차는 없었다. Burdon 등(19)의 실험에서도 습도처리는 중량감소 억제 효과 외에 가용성고형물과 산함량에 뚜렷한 영향을 미치지 않았다고 보고하였는데 본 실험에서도 같은 경향이었다.

중량감소는 과실저장의 경영적인 측면에서 중요한 인자이다. 과실의 중량 감소는 호흡보다는 과피표면으로부터의 증산작용에 의해 발생하는 것이 10배 정도 크다고 보고된 바 있다(29). 또한 수확된 과실에서 발생되는 증산작용은 온도, 습도, 공기유속 등과 같은 환경요인으로부터 영향을 받는데, 같은 온도일 때는 습도의 영향을 가장 크게 받는다고 보고되고 있다(30). 본 실험에서는 저습도 처리구의 중량감소가 평균 4.2% 발생되었고 고습도 처리구는 평균 1.8% 발생되어 저습도 처리구의 중량감소가 약 2배 이상 높았다. 따라서 상대습도 100%의 고습도 조건에서는 과실 체내와의 수증기압 차가 가장 적어 과실로부터 증발되는 수분량이 적게 되고 중량감소도 적어 습도가 중량감소에 매우 중요한 인자인 것으로 판단되었다.

과실 외과피 및 과육의 단단한 정도를 나타내는 경도는 외관상의 신선도를 나타내는 하나의 지표가 될 수 있다(30). 열처리 시 고습도 처리구의 경우 21.2 N으로 처리 후에도 처리 전인 22.9 N과 비교하여 큰 변화가 없이 신선함이 유지되었다. 반면에 저습도 처리구는 평균 17.7 N을 나타내어 유의성 있게 경도가 감

Collection @ jeju

소되면서 신선도가 떨어지는 것이 관찰되었다. 본 실험결과 위의 중량감소와 마찬가지로 경도가 감소되는 것도 수분손실이 원인이 된다고 볼 수 있으며, 팽압이 감소되어 과실표면이 쭈글쭈글해지고 말랑거리는 상태가 되어 육안으로도 쉽게 관찰 될 수 있었다.

유통 중 과실상품성 및 경영적 손실을 유발하는 부패율은 고습도, 저습도 처리구 모두 1%이하로 나타났다. 고습도 처리구에서 조금 높게 발생 했지만 처리간 유의성은 없었다. 전반적인 판단결과 35℃의 온도조건에서 단시간 열처리 시 습도 조건은 부패에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

과실의 이취(off-flavor)정도를 알아보기 위해 관능평가를 실시한 결과, 열처리 시 고습도를 유지한 경우에는 이취발생이 적어 처리 전 과실과 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 저습도의 경우에 이취정도가 유의성 있게 높게 평가된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 열처리 시 발생할 가능성이 있는 과실의 이취는 고습도 조건으로 해결이 가능할 것으로 판단된다.

종합적으로 열처리 시 습도조건은 산함량 감소에는 영향을 미치지 않으나 여러가지 과실의 신선도와 관련된 품질지표에 영향을 주는 것으로 관찰되었다. 온주밀감의 산함량을 감소하기 위해 열처리를 수행할 경우 습도를 높게 유지해 줌에 따라 감모율을 억제하고 경도를 유지하며 이취정도를 줄여 과실의 신선도를 유지할 수 있는 것으로 판단되었다.

dCollection @ jeju

Table 5. Fruit quality of satsuma mandarins treated at 35℃ for 72hr under high or low humidity

Treatment	Acidity (%)	Soluble solids (°Brix)	Weight loss (%)	Decay rate (%)	Firmness (N)	Off-flavor[4)]
Harvest day	1.30 a[2)]	12.2 a			22.9 ± 2.82	0.13 b
High humidity[1)]	1.05 b	12.2 a	1.8 ± 0.23[3)]	0.7	21.2 ± 2.32	0.42 b
Low humidity	1.09 b	12.4 a	4.2 ± 0.44	0	17.7 ± 1.83	0.88 a

[1)]High humidity: 100±2%, low humidity: 65±2%

[2)]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

[3)]Mean ± standard deviation

[4)]0, 1, 2; No undesirable off-flavor, light off-flavor, strong and undesirable off-flavor, respectively.

Collection @ jeju

3. 열처리 시 과실포장용 필름종류가 과실품질에 미치는 영향

지금까지의 실험결과로 온주밀감의 산함량 감소를 위해 열처리를 할 때 높은 습도 유지는 품질유지에 적절한 방법으로 판단되었다. 그러나 광범위한 처리공간 전체를 지속적으로 고습도로 유지하는 것은 대부분의 취약한 농가 시설에서는 어려운 일이다. 따라서 시설이 완벽하지 않고 취약한 조건 속에서도 신속하게 습도를 높이고 유지하기 위한 방법이 필요한데, 이를 위해서는 필름을 이용하여 필요한 부분만큼 밀봉하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

지금까지 개발되어 시판되는 필름은 종류가 다양하고 재질과 두께에 따라 통기성에 차이가 있다. 따라서 감귤을 어떤 필름으로 밀봉하는가가 중요한데, 특히 필름이 가진 통기성의 차이는 필름 내부의 가스 조성의 차이를 다르게 하고 감귤의 호흡생리 및 물질대사에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 실험은 감귤 열처리 시 습도를 높게 유지하는 동시에 호흡생리 및 물질대사에 의한 내부품질에 영향을 미치지 않는 적절한 필름을 선정하고자 수행되었다.

열처리 조건으로는 온도 30℃에서 55시간을 기본으로 수행하였다. 실험결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 실험기간 동안 필름을 밀봉하지 않은 처리구는 전반적으로 습도가 낮게 유지되고 변동이 심하였다. 반면에 필름으로 밀봉한 처리구들은 짧은 시간 내에 밀봉 내 습도가 증가하면서 높은 습도조건에서 평형을 이루는 경향을 보였다.

필름종류별로 습도 유지효과를 검토해 본 결과 100㎛ LDPE 필름이 짧은시간 내에 습도가 97%로 도달되고 또한 일정하게 유지되는 경향을 보여 효과가 가장 좋았다. 그러나 천공 HDPE필름으로 밀봉한 처리구는 20시간이 경과되서야 93% 부근에서 습도평형을 이루어 필름들 중 습도유지 효과가 가장 낮았다.

dCollection @ jeju

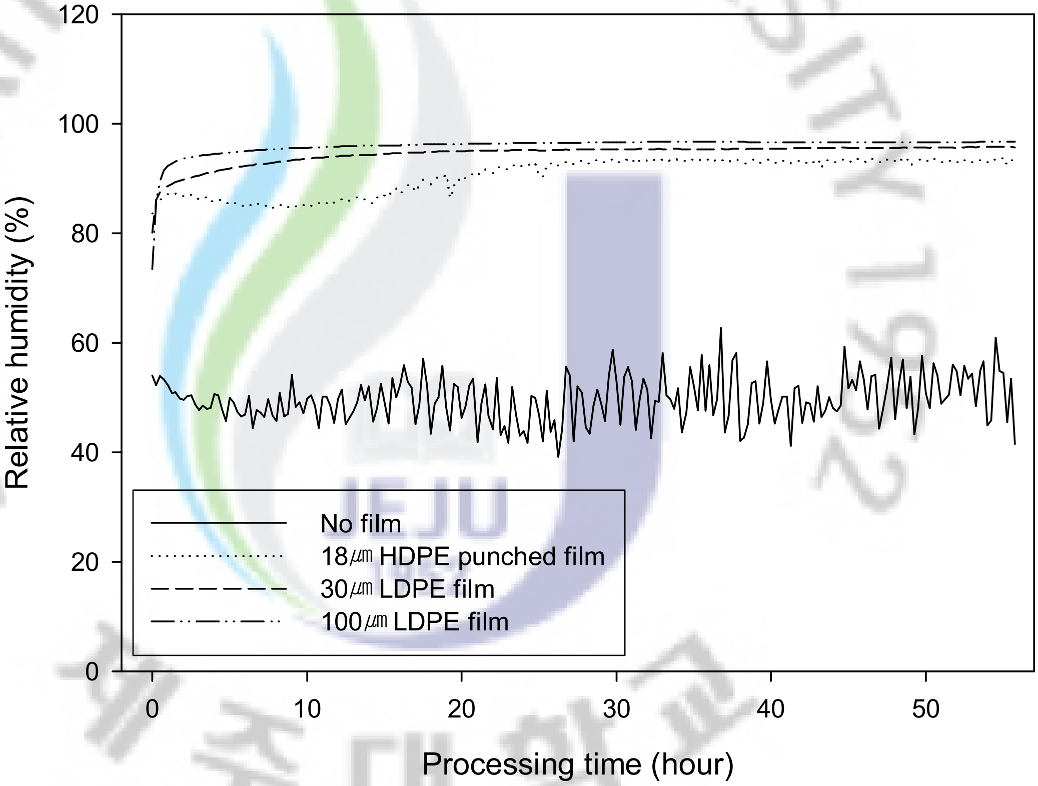

Fig. 3. Changes in relative humidity within package of satsuma mandarin in different packing film at temperature 30℃.

필름포장 내 가스 조성의 상태를 알아보기 위해 O_2 및 CO_2 농도의 변화를 조사한 결과는 Fig. 4, 5와 같다. 필름 종류별 처리구 중 30㎛ LDPE, 100㎛ LDPE 필름 처리구는 시간이 경과할수록 필름 내의 O_2 농도가 감소하고 CO_2의 농도는 증가하다가 약 20시간이 경과되면서 일정하게 유지되었다. 평형이 이루어진 상태에서 O_2 및 CO_2 의 농도를 측정한 결과 30㎛ LDPE필름이 16.8, 4.2%, 100㎛ LDPE필름이 13.7, 7.9%를 나타내어, 필름 종류별로 현저히 다른 경향을 보였고 필름의 두께가 두꺼워 가스 투과율이 적은 필름일수록 필름 내 O_2의 농도는 낮고 CO_2의 농도는 높은 경향이었다. 반면 천공 HDPE필름 처리구는 필름 내 O_2 및 CO_2 농도가 각각 20.4, 0.3%로, 필름 무처리구의 20.8, 0.1%와 유사한 경향을

Collection @ jeju

보였다.

필름 내부의 가스 조성은 실험결과에서 나타난 바와 같이 필름 종류별로 다양하게 나타났으며, 평형을 이루는 농도는 필름의 가스 투과성 외에도 과실의 호흡량과 관련이 있어 같은 종류의 과실과 필름일 경우에도 과실의 양과 온도에 따라 평형을 이루는 가스 조성 농도는 다르게 관찰되었다.

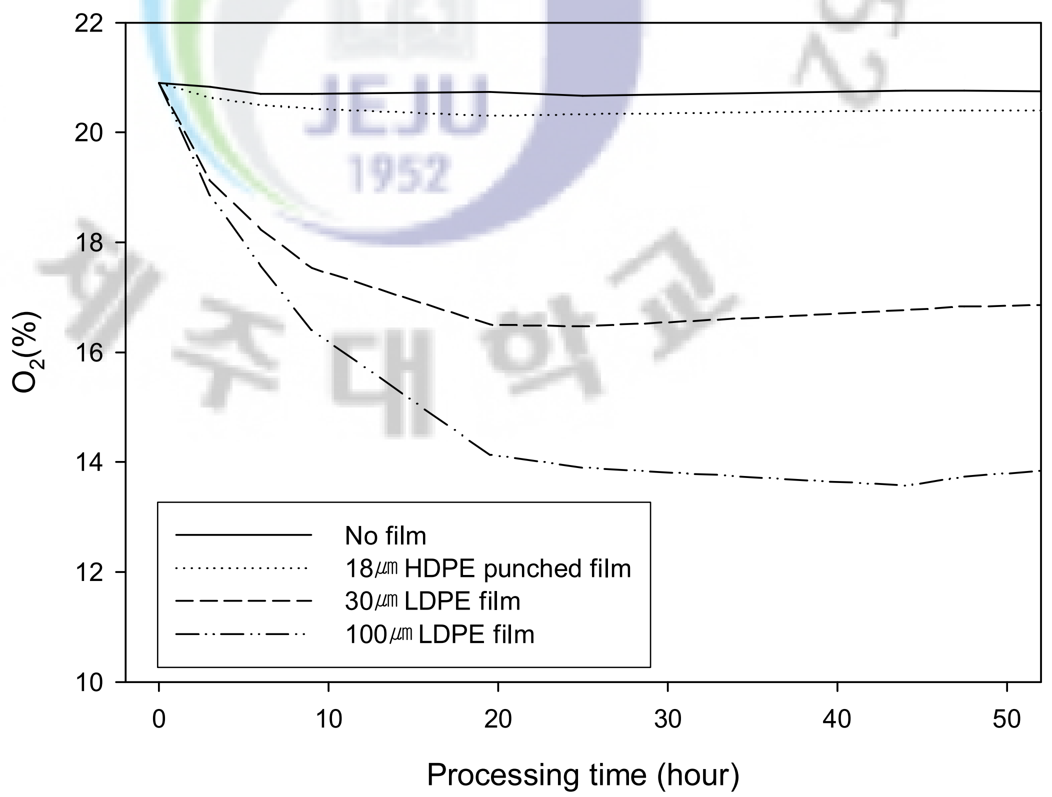

Fig. 4. Changes of O_2 concentration within package of satsuma mandarin in different packing film at temperature 30℃

Collection @ jeju

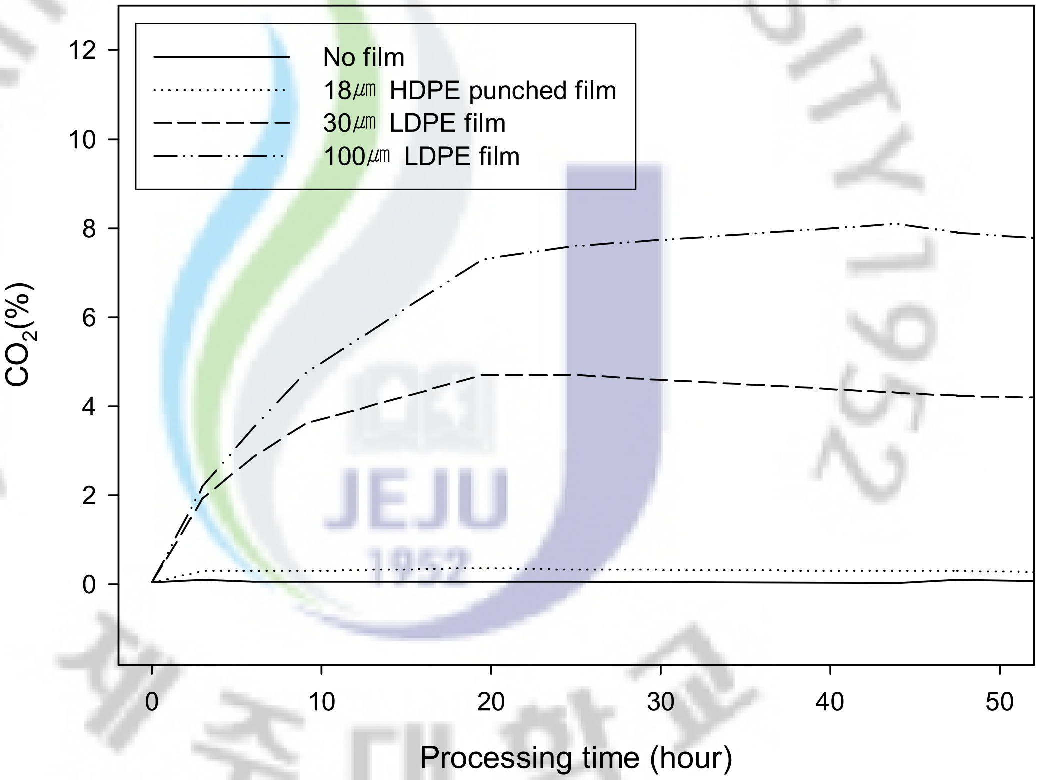

Fig. 5. Changes of CO_2 concentration within package of satsuma mandarins in different packing film at temperature 30℃

위의 실험 결과와 같이 필름 밀봉 내의 변화된 가스 조성은 온주밀감의 품질에 영향을 미칠 수 있다. 오렌지(oranges), 자몽(grapefruit) 및 레몬류(lemons)와 같은 감귤류에 비해 밀감류(mandarins)는 쉽게 변질되어 저장력이 낮으며(30), 여기에 이취(off-flavor) 발생 관련 물질인 에탄올(ethanol)과 아세트알데하이드(acetaldehyde) 역시 밀감류에서 더욱 쉽게 축적이 된다고 보고된 바 있다(31). 또한 가스 조성을 인위적으로 조절하는 CA(controlled atmospheres)저장 실험을 실시하였을 때, 낮은 O_2와 높은 CO_2의 환경 하에서는 에탄올과 아세트알데하이드 등 휘발성 물질의 축적이 증가한다고 하였다(32, 33).

본 실험에서도 위의 경우와 마찬가지로 필름 내부의 O_2 농도가 낮고 CO_2 농도

dCollection @ jeju

가 높을수록 열처리 후 과즙 내 축적되는 에탄올과 아세트알데하이드 함량이 증가되는 것을 확인할 수 있었다(Table 6). 열처리 전 에탄올과 아세트알데하이드 함량은 각각 250.1, 3.62 $\mu\ell/\ell$로 다소 높은 편이었는데, 이에 대한 원인은 수확하여 약 30일간 저장된 과실시료를 이용하였기 때문인 것으로 생각된다. 열처리 후 에탄올 함량은 HDPE 천공필름, 30㎛ LDPE 필름, 100㎛ LDPE 필름 밀봉처리에서 처리 전보다 각각 2.3, 3.6, 4.4배 증가하였고, 아세트알데하이드 함량은 각각 1.2, 2.0, 2.1배 증가하였다. 관능평가에서 이취정도를 평가한 경우 HDPE 천공필름은 처리 전과 비슷한 수준이었으나, 30㎛ 이상의 LDPE 필름 처리구에서는 강한 이취가 발생되면서 신선도가 떨어진 것이 확인되었다. 과실 내부에 축적되는 이산화탄소 농도도 에탄올과 아세트알데하이드의 함량과 연관성이 있었고, 통기가 어려운 환경일수록 과실 내부 CO_2 농도가 높아졌다. 반면 필름처리를 하지 않아 습도가 낮게 유지된 처리구의 경우 이취정도의 관능평가에서 HDPE 천공필름 처리구보다 이취가 많이 난다고 평가되었는데, 휘발성분 함량도 천공필름 처리구보다 높은 경향이었다.

따라서 상대적으로 가스조성에 예민하게 반응하는 온주밀감을 열처리 할 때, 높은 습도를 유지하기 위해 필름을 이용할 시에는 통기가 용이하여 필름 내부의 가스조성에 변화가 적은 필름이 적당하며, 본 실험에서는 18㎛ HDPE 천공필름으로 포장하는 것이 적절하다고 판단되었다.

dCollection @ jeju

Table 6. Weight loss, off-flavor, Internal CO_2, ethanol and acetaldehyde(AA) contents of satsuma mandarins treated at 30℃ for 55hr with different packing films

Film treatment	Weight loss (%)	Off-flavor[2)]	Int. CO_2 (%)	Ethanol (㎕/ℓ)	AA (㎕/ℓ)
Before treatment		+		250.1 d[3)]	3.62 b
No film	4.3	++	2.74 b	750.1 bc	5.10 b
Punched film[1)]	1.9	+	2.65 b	585.0 c	4.23 b
30㎛ LDPE	0.7	+++	3.92 ab	903.0 ab	7.38 a
100㎛ LDPE	0.4	+++	4.78 a	1095.4 a	7.60 a

1)18㎛ HDPE with 2% pinhole area, 1×1㎜ pinhole intervals.

2)−, +, ++, +++; No off-flavor, light off-flavor, Medium and persisting, strong and undesirable off-flavor, respectively.

3)Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

dCollection @ jeju

4. 열처리 중 용기 위치 및 밀봉처리 시점에 따른 과실 품온 변화

온주밀감은 겨울철에 수확되기 때문에 수확 직후 과실의 온도가 낮다. 이 과실을 천공필름에 넣어 바로 밀봉한 후 35℃에서 열처리를 했을 때 Fig. 6에서 보는 바와 같이 과실의 품온이 증가되는 속도가 느렸으며 처리시간인 70시간 동안에도 35℃에 도달하지 못하였다. 이는 필름이 필름 내부의 차가운 공기와 필름 외부의 따뜻한 공기 간의 원활한 흐름을 막고 있기 때문에 공기의 흐름을 방해하여 35℃ 도달 시간이 오래 걸린 것으로 생각된다. 또한 온도처리 공간의 바닥과 접촉한 용기의 과실은 접촉하지 않은 용기의 과실보다 35℃에 도달되는 속도가 느렸다. 이는 온도가 더 낮은 바닥으로 계속해서 열에너지가 이동하여 상대적으로 과실의 온도상승을 억제시켰기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 온도처리 시 가급적 처리용기를 바닥과 접촉하지 않도록 하고 과실의 품온이 쉽게 오를 수 있도록 필름을 약 4시간 동안 열어놓은 다음 밀봉하면 비교적 짧은 시간 내에 처리온도에 도달하여 평형을 이루는 것을 확인하였다. 과실의 호흡량을 높여 산함량을 감소시키기 위해 열처리를 실시할 때는 과실의 품온이 신속하고 균일하게 처리온도에 도달하게 하는 것이 가장 중요한데, 이를 위해 처리용기의 위치, 과실 넣는 방법, 필름 밀봉처리 시점 등에 대한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

dCollection @ jeju

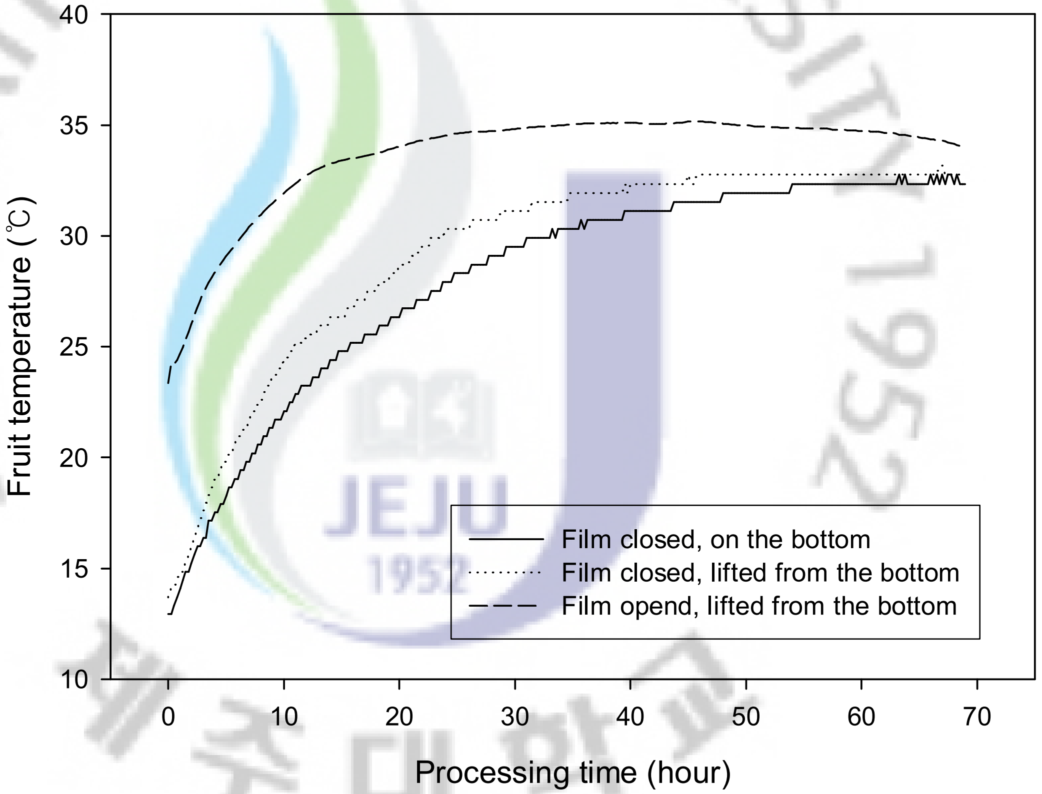

Fig. 6. Changes in fruit temperature of satsuma mandarin treated at 35℃ depending on the order of sealing and the location of container

Collection @ jeju

5. 열처리 시 온도와 시간 조합이 과실품질에 미치는 영향

1) 온도별 산 및 가용성고형물 함량

감귤의 온도별 열처리에 의한 산함량 조절 실험은 위에서 실시한 습도와 필름 조건 실험결과를 토대로 하여 본격적으로 실시하였다. 위의 실험으로부터 도출된 성적이 가장 우수한 천공 18㎛ HDPE 필름을 이용하고 과실의 품온을 신속하고 균일하게 상승시키기 위해 온도처리 시 필름을 약 4시간 동안 개방하는 과정을 기본적으로 실시하였다. 과실의 열처리에 있어 35~40℃에 해당하는 높은 온도는 세포막에 변성을 초래할 수 있으므로(24, 25), 이를 기준으로 하여 25, 30, 35℃의 세 온도 조건을 설정하였으며, 여기에 온도와 처리시간의 적절한 조합을 찾고자 처리시간을 다르게 하여 실험하였다. 본 실험에서 목표로 하는 온주밀감의 산함량은 고품질로 인정되는 수치인 1.0%를 기준으로 하고, 평균 고산도인 1.2~1.3%에서 산함량 0.2~0.3% 감소하는 것을 목표치로 정하였다.

열처리를 실시한 후 산함량을 조사한 결과 모든 처리구에서 과실의 산함량이 유의하게 감소하였으나 열처리 방법에 따라 감소의 폭이 다른 것을 알 수 있었다(Fig. 7). 수확 시 시료의 산함량은 평균 1.28%였으나 열처리에 의해 전반적으로 0.13~0.24% 정도 감소되는 수준을 보였고 온도와 처리시간에 의존적으로 산함량이 감소되는 경향을 보였다. 반면 대조구는 실온에서 6일이 경과되어도 감소량이 0.09%로 미미하게 감소되는 경향이었다. 가용성고형물 함량은 수확 시 평균 14.1°Brix였으며, 열처리 후에도 대조구와 처리구 모두에서 14.0°Brix내외를 나타내어 처리별 큰 변화가 관찰되지 않았다(Fig. 8). 이는 Burdon 등(19)의 실험에서 30℃의 5일간 열처리 후 가용성고형물의 함량 변화가 없었다고 보고한 결과와 유사한 경향이었다. 전반적인 과실의 내적 품질을 나타내는 지표인 당산비는 수확 직후에 11.2에서 열처리 후 12.1~13.6으로 증가하였고, 반면 대조구는 11.6으로 큰 변화가 없었다. 열처리는 가용성고형물 함량의 변화 없이 산함량만 낮추는 것을 가능하게 하여 당산비를 증가시키고, 이로 인해 품질 향상의 효과를 기대할 수 있었다.

Collection @ jeju

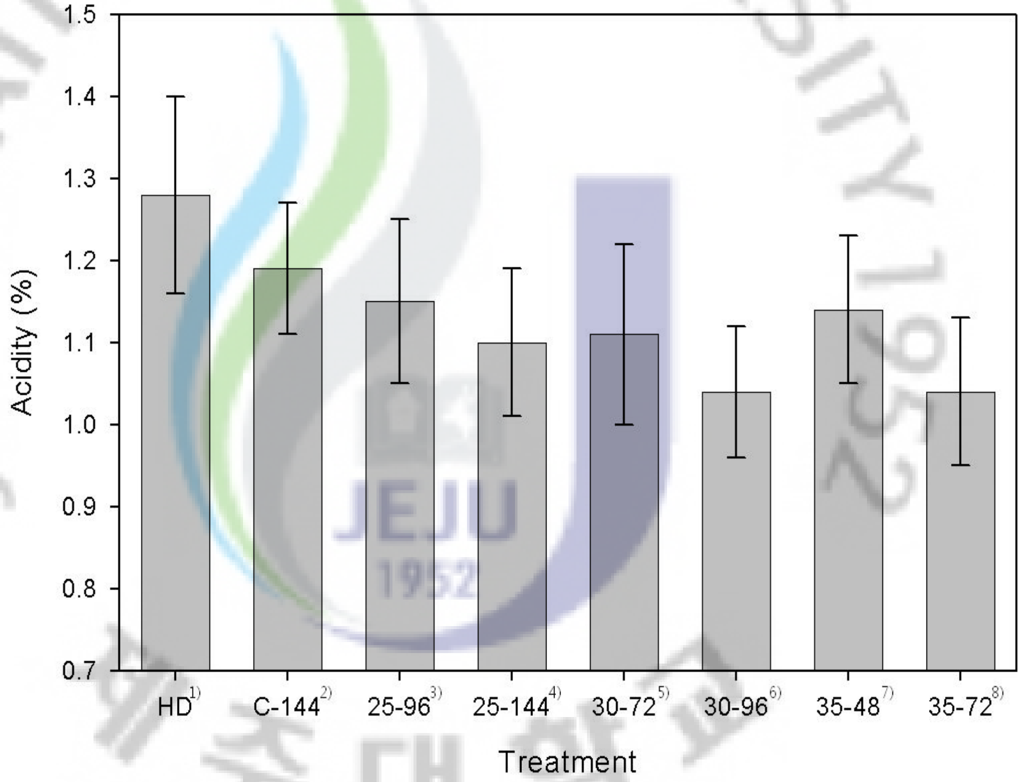

Fig. 7. Acidity change of satsuma mandarins after being treated at different temperature and time. Vertical bars represent standard deviation (n=30)

[1]HD; Harvest day

[2]C-144; Control, 144 hour

[3]25-96; 25℃, 96 hour

[4]25-144; 25℃, 144 hour

[5]30-72; 30℃, 72 hour

[6]30-96; 30℃, 96 hour

[7]35-48; 35℃, 48 hour

[8]35-72; 35℃, 72 hour

Collection @ jeju

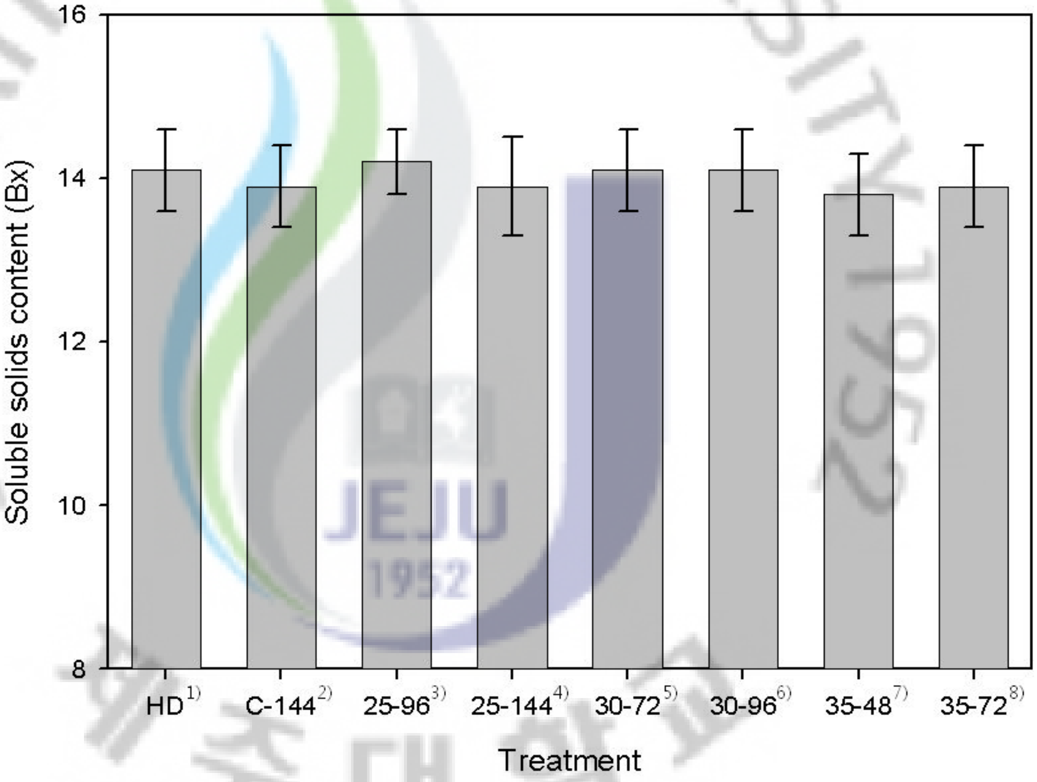

Fig. 8. Soluble solid contents change of satsuma mandarins after being treated at different temperature and time. Vertical bars represent standard deviation (n=30)

1)HD; Harvest day

2)C-144; Control, 144 hour

3)25-96; 25℃, 96 hour

4)25-144; 25℃, 144 hour

5)30-72; 30℃, 72 hour

6)30-96; 30℃, 96 hour

7)35-48; 35℃, 48 hour

8)35-72; 35℃, 72 hour

Collection @ jeju

2) 온도별 유리당 및 유기산 함량

온주밀감의 당을 구성하는 주요 유리당은 glucose, fructose, sucrose이며, 유리당의 함량과 조성비는 식미에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 열처리가 과실의 유리당 함량과 조성비에 영향을 미치는지 확인할 필요가 있다.

온주밀감의 열처리 전·후 유리당 분석 결과는 Table 7과 같다. 모든 처리구에서 유리당 종류별 함량을 조사한 결과 sucrose, glucose, fructose는 각각 50.7~53.3, 22.6~23.8, 24.1~25.6%를 나타내었다. 오렌지(orange), 자몽(grapefruit), 라임(lime), 탠저린(tangerine)은 유리당 조성 비율이 모두 상이하다고 하였고(34), 만다린(mandarin)의 유리당 조성 비율은 2 : 1 : 1의 비율이라고 보고된 바 있는데(35) 본 실험에서도 전반적으로 유사한 경향을 보였다. 그러나 30℃ 이상의 온도에서 열처리를 한 처리구는 대조구에 비해 sucrose의 비율이 감소하고 glucose와 fructose의 비율이 증가하는 경향을 나타내었다.

또한 열처리 후 세 주요 유리당의 함량이 전반적으로 유의하게 감소하였는데, 수확 6일후 대조구의 유리당 역시 비슷한 수준으로 감소한 것으로 보아 열처리의 영향은 아니며, 과실의 수확 직후에 유리당의 분해 작용이 있는 것으로 생각된다.

Collection @ jeju

Table 7. Free sugar contents of satsuma mandarins treated at different temperature and time

Temperature (℃)	Process time (hours)	Glucose (%)	Fructose (%)	Sucrose (%)	total (%)
Harvest day		2.87 a[2)] (23.4)[3)]	3.03 a (24.7)	6.35 a (51.9)	12.25
Control[1)]	144	2.64 c (22.6)	2.81 c (24.1)	6.23 ab (53.3)	11.68
25	144	2.64 c (22.8)	2.89 bc (24.9)	6.05 bc (52.3)	11.58
30	96	2.66 c (23.6)	2.89 bc (25.7)	5.71 d (50.7)	11.27
35	72	2.76 b (23.8)	2.95 ab (25.5)	5.88 cd (50.8)	11.59

[1)]Control; ambient temperature, 10 ± 1.9℃

[2)]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

[3)]( ) ratio out of total free sugar

온주밀감의 유기산 분석결과는 Table 8에 나타내었다. 주요 유기산은 citric acid이고 전체 유기산의 약 90%를 차지하며, 그 외에 malic acid와 oxalic acid가 소량 검출되었다. Citric acid는 호흡의 기질로서 사용된다고 보고되었는데(18) 본 실험에서도 산함량 감소의 정도가 호흡량과 비례함을 확인할 수 있었다. Citric acid의 함량 변화는 이에 근거하여 측정된 적정 산(titratable acidity)과 유사하였고, citric acid 외에 소량 존재하는 유기산은 열처리 전·후에 변화가 관찰되지 않았다.

Collection @ jeju

Table 8. Organic acid contents of satsuma mandarins treated at different temperature and time

Temperature (℃)	Process time (hours)	Oxalic acid (%)	Citric acid (%)	Malic acid (%)	total (%)
Harvest day		0.05	1.31 a[2)]	0.11	1.47
Control[1)]	144	0.06	1.19 b	0.11	1.35
25	144	0.06	1.05 c	0.10	1.20
30	96	0.05	1.02 c	0.10	1.17
35	72	0.05	1.04 c	0.10	1.20

[1)]Control; ambient temperature, 10 ± 1.9℃

[2)]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

3) 감모율, 부패과율 및 경도

열처리 후 감모율, 부패과율 및 경도의 변화는 Table 9에 나타내었다. 대조구는 6일 경과 후 약 1%의 중량감소를 보였고, 고온 처리구에서는 모두 2% 내외로 대조구보다 높은 경향이었다. 필름처리를 하지 않고 35℃에서 72시간 동안 열처리를 한 경우 감모율이 2.8%였는데 이는 필름처리구보다 약 2배 높은 수치로, 천공 HDPE 필름으로 인한 고습도의 효과가 있었다. 과실의 경도는 수확 직후 17.9N 으로 가장 높았으며 과실의 중량감소 정도와 비례하여 경도도 함께 감소하는 경향을 보였으나 고온 처리구와 대조구 사이에 유의적인 경도 차이는 없었다. 이는 필름으로 인한 높은 습도 유지에서 기인한 것으로 판단되며 고습도를 유지하며 실행되는 열처리는 외관상의 신선도와 상품성에 영향을 미치지 않았다. 열처리 중 부패과율은 대부분의 처리구에서 1.0% 미만을 나타내었으나 25℃ 처리구에서 3.5%가 발생하여 유의하게 높은 경향이었다. 열처리 중 진행된 부패는 대부분 푸른 곰팡이(*Penicillium digitatum* Sacc.)에 감염되어 발생 되었으며, 2

Collection @ jeju

5℃와 고습도는 푸른곰팡이의 생육에 최적의 환경이었을 것으로 생각된다. 30℃ 이상의 열처리는 고습도의 환경에서도 낮은 부패율을 보인 것으로 보아 직접적인 요인은 온도인 것으로 생각되며, 30℃ 이상의 온도는 부패균의 생육을 억제하는 것으로 판단된다. 레몬에 *Penicillium digitatum*을 감염시켜 온도별 생장을 관찰한 실험이 실시되었는데, 그 결과 20℃와 25℃에서 최고의 생장률을 보였고, 30℃에서는 이와 대비하여 약 33%, 35℃에서는 약 87% 억제되었다고 보고된 바 있다(36). 본 실험에서도 25℃에서 최고의 부패율의 보이고 30℃와 35℃에서는 이와 대비하여 각각 82%와 97% 억제되어 위의 실험과 유사한 경향을 나타내었다.

Table 9. Fruit quality of satsuma mandarins treated at different temperature and time

Film treatment	Temp. (℃)	Process time (hours)	Weight loss (%)	Firmness (N)	Decay rate (%)
	Harvest day		0	17.9 a[3)]	0
Punched film	Control[1)]	144	1.0 ± 0.03[2)]	16.3 b	0.8 b
	25	144	2.1 ± 0.22	15.2 b	3.5 a
	30	96	1.6 ± 0.16	15.2 b	0.6 b
	35	72	1.3 ± 0.15	15.6 b	0.1 b
No film	35	72	2.8 ± 0.40	13.8 c	0.4 b

[1)]Control; ambient temperature, 10 ± 1.9℃

[2)]Mean ± standard deviation

[3)]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Collection @ jeju

4) 에탄올 및 아세트알데하이드 함량

온주밀감 이취(off-flavor) 발생의 주요 원인은 과즙 내 off-flavor와 관련된 휘발성분이 축적되기 때문이며 그 중 에탄올(ethanol)과 아세트알데하이드(acetaldehyde)가 주 성분으로 알려져 있다(37, 38). 열처리 전·후 온주밀감의 과즙 내 에탄올과 아세트알데하이드 함량을 분석한 결과는 Table 10에 나타내었다. 감귤시료의 수확 직후 과즙 내 에탄올 함량은 약 94 ㎕/ℓ이었다. 열처리 후 에탄올 함량은 모든 처리구에서 유의하게 증가하였고 온도가 높을수록 함량이 증가하는 경향을 보였다. 온도 35℃에서 72시간 처리한 과실과 온도 25℃에서 144시간 처리한 과실을 비교하였을 때, 처리시간이 짧더라도 높은 온도에서 처리한 과실이 에탄올 발생이 훨씬 높은 것으로 보아 온도가 에탄올 생성에 큰 요인으로 작용된 것으로 판단된다.

열처리를 실시한 시간을 포함하여 과실 수확후 15일이 되는 시점(대조구: 15일, 35℃: 열처리 후 12일, 30℃: 열처리 후 11일, 25℃: 열처리 후 9일 경과)에서 과즙 내 에탄올 함량은 감소하였는데, 감소량은 열처리 직후 에탄올 함량에 비해 약 27.7~57.3%였다. 반면, 대조구는 수확 후 15일에서도 큰 변화가 없었다.

과즙 내 아세트알데하이드 함량은 수확 시 0.95 ㎕/ℓ로 에탄올의 약 1% 정도 되는 양이 검출되었다. 아세트알데하이드 함량 역시 열처리 직후 에탄올 함량 변화와 같이 온도에 따라 유의하게 증가하였다. 그러나 에탄올과는 다르게 일정시간이 지난 후에도 감소되지 않고 유지하는 경향이었다.

한편, 습도가 상대적으로 낮은 무필름 처리구는 같은 온도의 필름처리구보다 과실의 두 휘발성분 함량이 유의하게 높았다. 밀감류의 저장실험에서 급속한 중량감소는 과실의 이취를 발생시킨다고 보고되었으며, 이는 과피의 건조로 인해 가스 교환이 억제되어 과실 내부에 혐기 조건(anaerobic condition)이 형성되어 발생된다고 하였다(39). 본 실험 결과 열처리 직후 과실 내부에 축적된 CO_2 농도는 온도 의존적으로 증가하였고, 같은 35℃에서는 무필름 처리구의 과실이 필름처리구보다 더 높은 CO_2 농도를 나타내었다. 열처리 후 15℃에 저장하며 15일이 경과하였을 때, 필름처리구는 모두 비슷한 CO_2 농도가 검출되었고, 필름 무처리구 과실만 유의하게 CO_2 농도가 높았다. 과실 내부의 CO_2 농도는 과실의 호흡량

Collection @ jeju

을 반영하므로, 열처리 중에는 온도가 높을수록 내부의 CO_2 농도가 높아졌고 열처리 후 같은 온도에서는 모두 비슷한 수준을 유지한 것으로 생각된다. 반면 필름 무처리구는 과피의 건조가 일어나 상대적으로 필름처리구에 비해 가스 투과율이 감소하여 호흡량이 같아도 가스 교환율이 떨어져 CO_2 농도가 높은 것으로 판단된다. 따라서 습도가 낮은 처리구의 과실은 과피의 건조가 진행되어 가스 투과성이 낮아지고 상대적으로 과실 내부에 혐기적 조건을 형성하므로 이취관련 휘발성분의 발생이 가속화되는 것으로 생각되었다.

dCollection @ jeju

Table 10. Internal CO_2, ethanol and acetaldehyde(AA) contents of satsuma mandarins treated at different temperature and time

Film treatment	Temp. (℃)	Process time (hours)	After treatment			15 days after treatment		
			Int. CO_2 (%)	Ethanol (㎕/ℓ)	AA (㎕/ℓ)	Int. CO_2 (%)	Ethanol (㎕/ℓ)	AA (㎕/ℓ)
	Harvest day		0.99 bc[2)]	93.9 e	0.95 c			
Punched film	Control[1)]	144	0.59 c	91.9 e	0.63 c	1.07 b	97.8 d	0.81 c
	25	144	0.79 c	266.9 d	1.48 c	1.10 b	193.0 c	1.47 c
	30	96	1.50 b	469.2 c	2.76 b	1.09 b	316.3 b	2.65 b
	35	72	2.36 a	644.4 b	3.57 b	1.06 b	378.8 ab	3.27 b
No film	35	72	2.80 a	784.6 a	5.43 a	1.62 a	450.0 a	4.52 a

1)Control; ambient temperature, 10 ± 1.9℃

2)Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Collection @ jeju

5) 관능평가

과실의 모든 온도별 열처리기간을 포함하여 과실 수확후 15일이 되는 시점(대조구: 15일, 35℃: 열처리 후 12일, 30℃: 열처리 후 11일, 25℃: 열처리 후 9일 경과)에 관능평가를 실시하였다. 과실의 수확 후에 저장환경이 나쁘거나 장시간 보관되면 감귤과실에서는 특유한 알콜취와 발효취가 나게 되며 수확당시의 신선한 맛이 떨어진다. 고온의 환경과 처리시간의 조합이 감귤의 맛과 신선도에 영향을 미치는지에 대한 여부는 과실의 이취(off-flavor)에 대해 관능평가로 판단할 수 있다. 관능평가를 실시한 결과, 필름 처리구 모두 온도처리를 실시하지 않은 필름대조구와 비교하여 유의적인 차이가 없었다(Table 11). 반면, 필름을 이용하지 않아 고습도가 유지되지 않은 처리구는 같은 온도와 시간에서 처리가 되었더라도 이취정도가 유의하게 높은 것이 관찰되었다.

과실의 외부 및 내부의 품질을 종합하여 관능평가를 통한 과실의 선호도를 조사한 결과, 1순위와 2순위에 30℃ 열처리구 과실을 선호하는 비율이 가장 높았으며, 대조구 과실이 가장 낮았다. 따라서 열처리를 한 과실의 1, 2순위 선호도는 평균 23.2%로 대조구의 7.2%보다 약 3.2배 증가하였다. 반면 4순위와 5순위를 가장 많이 차지한 과실은 35℃ 필름 무처리구 과실이었고, 다음으로 35℃처리구와 대조구의 순으로 많았다. 결론적으로 열처리한 과실은 산함량이 감소되어 맛이 많이 부드러워 열처리를 하지 않은 과실보다 선호하는 경향이었고, 열처리를 하여 산함량이 낮더라도 열처리중 이취가 발생된 과실은 신선도가 떨어졌다는 이유로 선호하지 않았다.

결론적으로 본 실험은 열처리 후 생과로서의 이용면에서 품질과 신선도의 저하 없이 산함량이 감소되는 온도와 시간의 조건을 파악하기 위해 실시되었으며 실험 결과, 본 실험에 적용된 온도와 시간 조합에서는 신선도와 관련하여 문제가 발견되지 않았다. 그러나 이취관련 휘발성분의 함량이 열처리 중 온도와 시간에 의존적으로 증가하는 경향이었으므로, 본 실험에 이용된 온도와 시간 외의 조건에 대해서는 검토가 필요하다. 또한 열처리 시 적용되는 각 온도별 허용 한계 시간을 설정하기 위한 추가적인 실험도 필요할 것으로 생각된다.

Collection @ jeju

Table 11. Fruit off-flavor and consumer preferences of satsuma mandarins treated at different temperature and time

Film treatment	Temp. (℃)	Process time (hours)	Off-flavor[2)]	Consumer preferences(%)				
				1st	2nd	3rd	4th	5th
Punched film	Control[1)]	144	0.19 b[3)]	9.5	4.8	42.9	14.3	23.8
	25	144	0.19 b	19.0	33.3	23.8	14.3	9.5
	30	96	0.10 b	33.3	42.9	0.0	14.3	9.5
	35	72	0.29 b	19.0	4.8	28.6	23.8	23.8
No film	35	72	0.62 a	19.0	14.3	4.8	33.3	33.3

1)Control; ambient temperature, 10 ± 1.9℃

2)0, 1, 2; No undesirable off-flavor, light off-flavor, strong and undesirable off-flavor, respectively.

3)Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Collection @ jeju

6) 온도처리 후 시간경과에 따른 품질변화

감귤의 열처리 후 저장 또는 유통기간 동안의 품질변화를 대조구와 비교하기 위하여 15℃의 저온저장고에서 30일간 품질변화를 분석하였다. 온주밀감의 열처리 방법별로 시간경과에 따른 산함량의 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 대조구는 전 기간에 걸쳐 일정하게 산함량이 감소되는 경향이었으며 30일 후에는 산함량이 0.29% 감소하였다. 열처리구는 처리기간인 6일 이내에 산함량이 급속히 감소하였고, 그 후 15일까지는 저장 중 산함량 감소속도가 현저히 떨어졌다. 저장 15~30일에는 열처리구의 산함량 감소속도가 대조구와 비슷해지는 경향이었으나 여전히 대조구에 비해 완만하게 감소하였다.

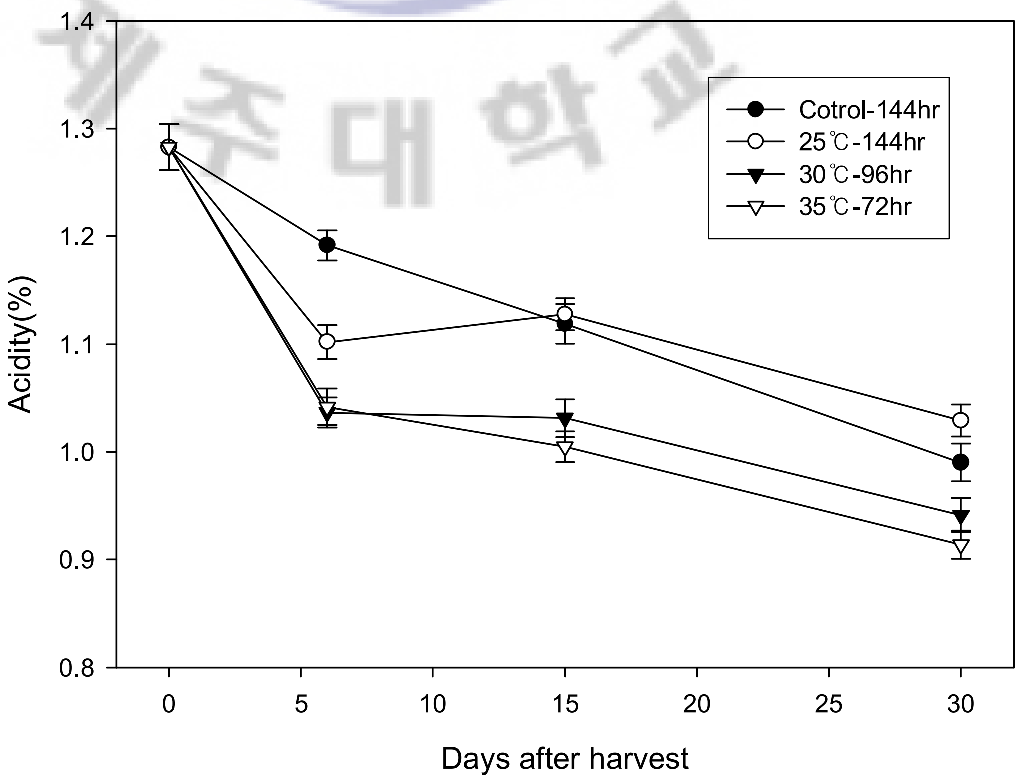

Fig. 9. Changes in acidity of satsuma mandarins during storage at 15℃ after being treated at different temperature and time. Vertical bars represent standard error (n=30)

Collection @ jeju

온주밀감의 열처리 후 저장 중 가용성고형물 함량의 변화는 Fig. 10과 같다. 가용성고형물 함량은 저장기간 30일 동안 모든 처리구에서 14.0 ± 0.2 °Brix 범위에 존재하였으며 큰 변화를 보이지 않았다.

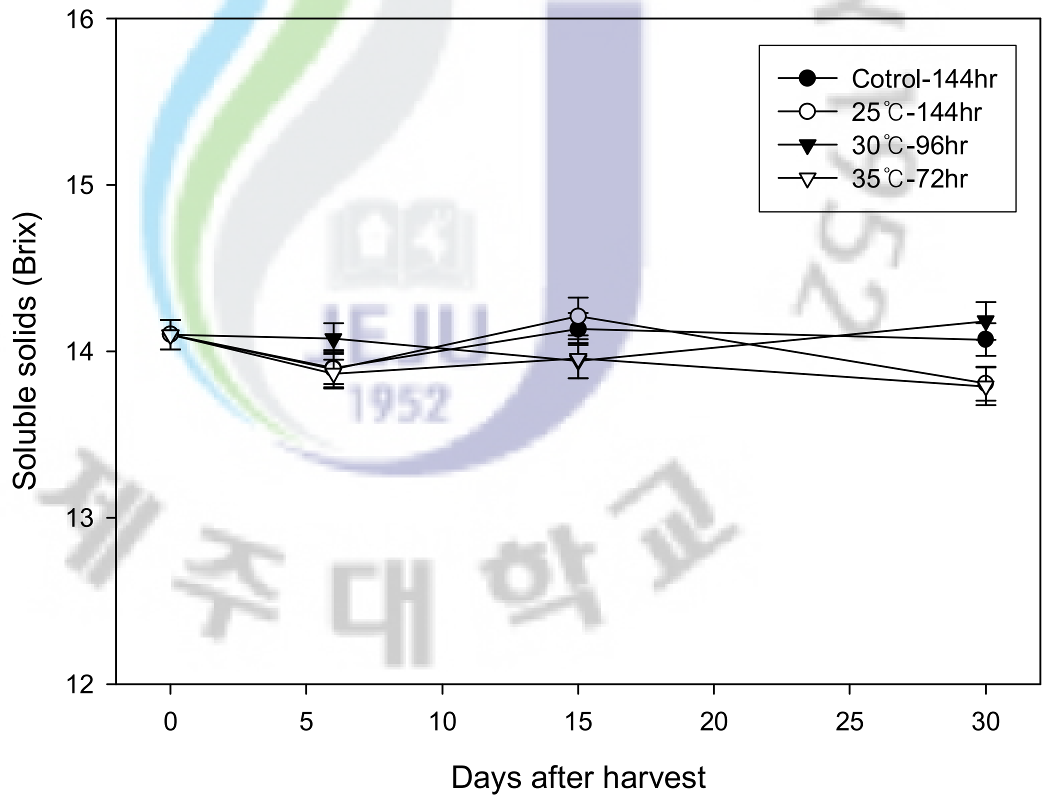

Fig. 10. Changes in soluble solid contents of satsuma mandarins during storage at 15℃ after being treated at different temperature and time. Vertical bars represent standard error (n=30)

Collection @ jeju

저장 중 중량감소는 꾸준히 진행되었으며, 열처리 시 조건에 따라 생긴 중량감소율의 차이가 저장기간에 걸쳐 계속 유지되는 경향이었다(Fig. 11). 따라서 열처리의 중량감소율 억제 효과는 없는 것으로 관찰되었다. 반면, 25℃ 처리구는 다른 처리구에 비해 중량감소율이 높았는데 이는 25℃ 처리구에서 계속해서 부패과가 많이 발생하여 정상과 비율이 높은 다른 처리구에 비해 상대적으로 중량감소가 많았던 것으로 판단된다.

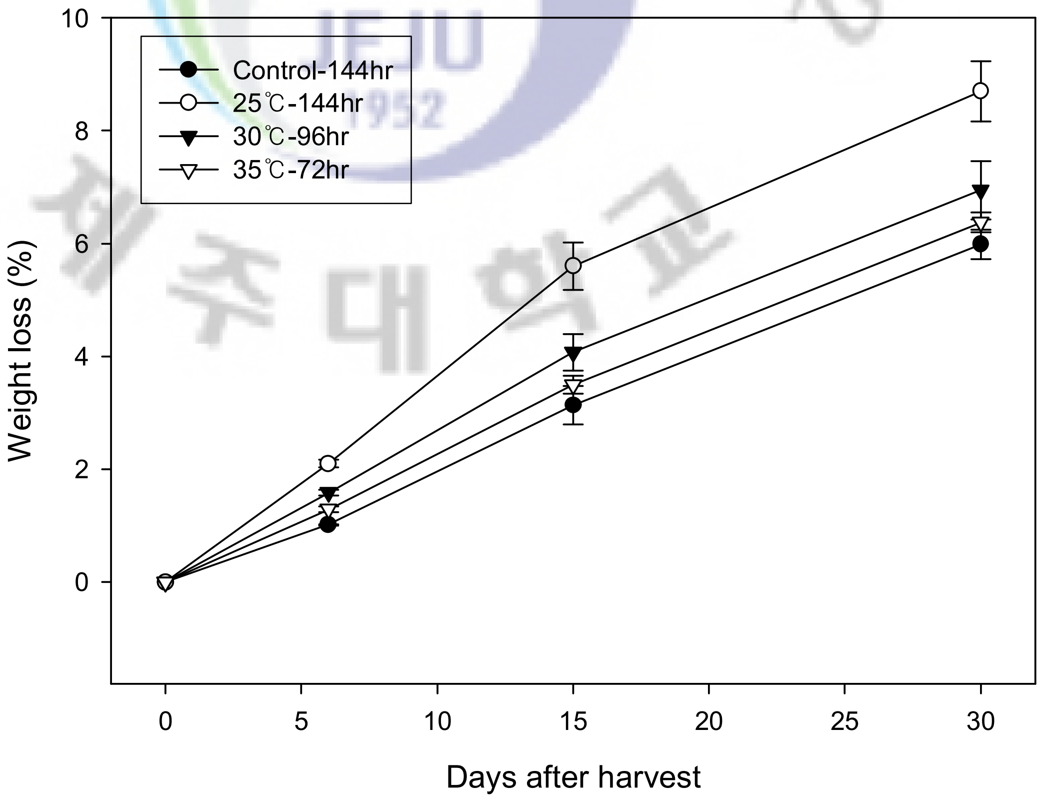

Fig. 11. Changes in weight loss of satsuma mandarins during storage at 15℃ after being treated at different temperature and time. Vertical bars represent standard error (n=30).

Collection @ jeju

온주밀감 저장 중 부패과 발생은 Fig. 12에 나타내었다. 수확 후 15일에 대조구의 부패과율이 4.1%로 증가하였고, 25℃ 처리구는 5.4%, 30℃ 처리구는 2.3%, 35℃ 처리구는 0.2%로 30℃ 이상에서 온도가 높을수록 부패과율 발생이 낮은 경향이었다. 수확 후 30일에는 대조구와 30℃ 처리구는 큰 변화가 없었고, 35℃ 처리구에서 약 4%로 증가한 것이 관찰되었다. 따라서 30℃와 35℃의 온도처리는 대조구에 비해 각각 약 6일과 15일간의 부패발생 지연효과가 있다고 판단된다. 반면, 25℃는 열처리 중 오히려 부패과 발생을 가속화하였고, 처리가 끝난 후 저장 중에도 부패율이 높게 유지되었다.

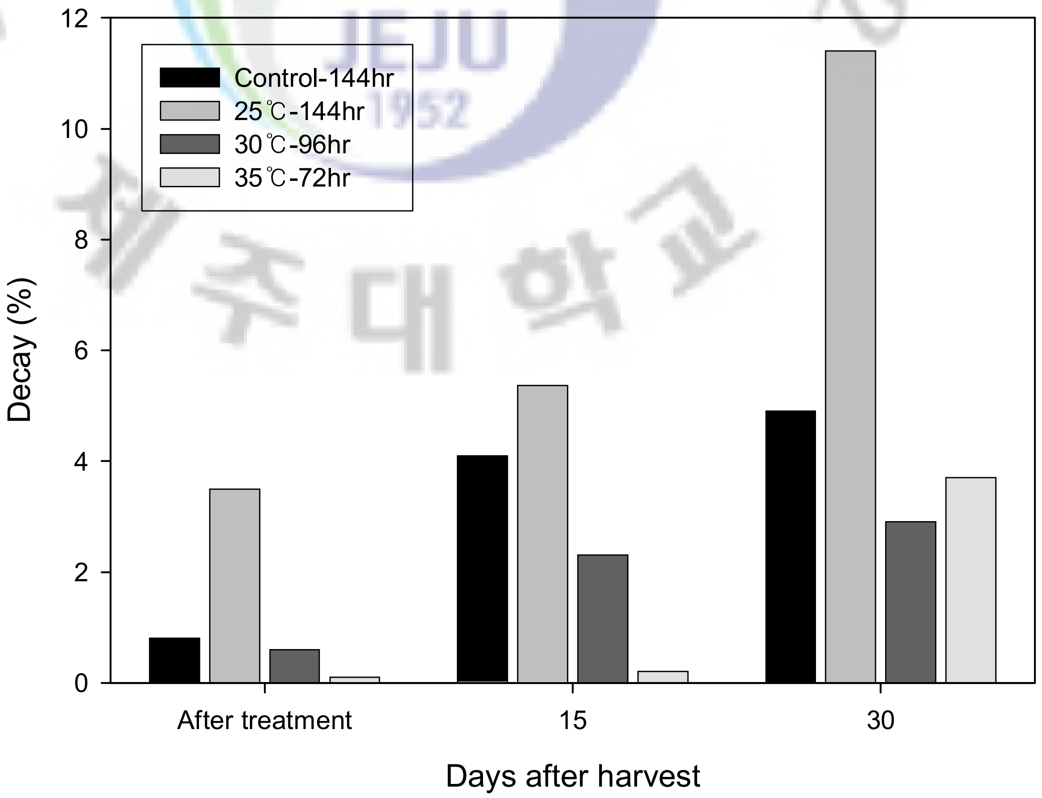

Fig. 12. Decay rate of satsuma mandarins during storage at 15℃ after being treated at different temperature and time

Collection @ jeju

Ⅳ. 요 약

본 연구는 고품질 온주밀감 생산을 목적으로 재배된 감귤 중 당도의 상승과 함께 수반된 산함량이 높은 과실을 대상으로 수확 후 열처리를 실시함으로써 적극적으로 산함량을 감소시키고, 동시에 감귤의 신선도 유지 및 다른 품질요인의 변화를 최소화하기 위한 방법을 설정하고자 수행되었다.

고당도 온주밀감의 수확 후 호흡량의 변화양상을 검토한 결과 수확 직후에 가장 높았고 보관기간이 경과되면서 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 수확 후 5일부터 초기의 호흡량보다 60~70% 낮은 수준에서 평형을 이루었다. 또한, 호흡량도 열처리 온도가 높을수록 증가하였는데 25, 30, 35℃에서 각각 10.7, 12.3, 15.2 mL/kg·h였다. 온도 25~35℃는 감귤 본래의 호흡 특성에 영향을 미치지 않았으므로 이용 가능한 온도로 판단되었고, 호흡량이 높은 시기인 수확 후 5일 이내에 열처리를 실시하는 것이 가장 효과적일 것으로 생각된다.

열처리 중 습도조건 실험을 실시한 결과, 고습도 처리구(100±2%)와 저습도 처리구(65±2%) 모두 열처리 후 산함량이 유의하게 감소하는 효과를 보였으며, 습도조건이 산 감소에는 영향을 미치지 않았다. 그러나 저습도 처리구는 고습도 처리구에 비해 감모율이 2배 이상 높고 경도도 낮았으며, 관능평가에서도 저습도 처리구의 과실이 이취정도가 유의하게 높다고 평가되었다. 에탄올과 아세트알데하이드 함량도 저습도 처리구에서 높게 관찰되었다. 따라서 열처리 시에는 고습도 처리가 필요하였다.

열처리 중 처리한 필름의 종류가 과실 품질에 미치는 영향을 분석한 결과, 열처리 중 필름내부의 O_2는 초기에 급격히 감소하고 CO_2는 급격히 증가하여 약 20시간 후 평형을 이루었고, 생리적 발생 가스의 집적은 100㎛ LDPE, 30㎛ LDPE, 18㎛ HDPE 천공필름 순으로 높았다. 에탄올과 아세트알데하이드 함량은 필름내부의 CO_2 농도가 높을수록 증가하는 경향을 보였고 이취정도도 증가하였다. 처리구 중 천공 HDPE 필름 처리구는 에탄올과 아세트알데하이드 함량이 다른 필름들에 비해 가장 낮은 수준이었고 이취발생도 적었다.

열처리 온도 25, 30, 35℃의 세 조건과 처리시간의 조합이 과실 품질에 미치는 영향을 분석한 결과, 산함량은 열처리 방법에 따라 전체적으로 약 0.13~0.24% 감소한데 반해 대조구는 0.09% 감소하였고, 가용성고형물 함량은 처리 전후 큰 변

Collection @ jeju

화가 없었다. 당산비의 경우 수확시점에서는 11.2였는데 열처리 후에는 12.1~13.6으로 1.0이상 증가되었고, 대조구는 11.6으로 큰 변화가 없었다. 열처리 중 부패과율은 25℃ 처리구에서 3.5% 발생하였고, 30℃이상의 처리구에서는 1.0% 미만을 나타내어 열처리 온도로써 25℃는 적절하지 못하였다. 열처리 후 과실의 경도와 이취 관능평가에서 모든 열처리 과실이 대조구와 유의한 차이를 보이지 않아 본 실험에서 처리된 온도와 시간 조합은 과실의 신선도에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

결론적으로 고품질 감귤생산 시 가장 중요한 당도와 신선도를 유지하면서 단시간에 산 함량을 감소시켜 고품질 과실의 비율을 높일 수 있는 방법으로 열처리는 적합한 방법인 것으로 도출되었다. 특히 열처리 시 습도를 높게 유지하고, 처리공간을 줄이고 대기조성에 변화가 없도록 천공 HDPE 필름을 이용하며, 온도 30℃에서는 96시간 이내, 35℃는 72시간 이내로 열처리를 시행하는 것이 적합한 것으로 판단된다.

dCollection @ jeju

Ⅴ. 참고문헌

1. Kim YH, Kim CM, Chung SK. Effects of ridge-up bed cultivation on the fruit quality of satsuma mandarin('Miyagawa Wase') in a plastic film house. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 18: 599-604 (2000)

2. Moon YE, Kim YH, Kim CM, Kho SU, Kim HY. Effects of partial mulch using porous water proof shet on the fruit quality of very early-maturing satsuma mandarin. Kor. J. Hort. Sci. Technol 21(3): 199-202 (2003)

3. Kim YH, Rho IR, Koh SW, Moon DK, Kim SH, Choi YH, Kim CM. Effects of siol water petential control by drainage canal plus porous water prrof sheet mulching on the fruit quality of satsuma mandarin in citrus orchards. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 22: 206-211 (2004)

4. Kang MH, Park KW, Kim IS. Effects of postharvest heat treatment on alleviation chilling injury and improvement storability of Oriental melon. J. Bio-Environment Control, 14(3): 137-143 (2005)

5. Lurie S, Klein JD. Acquisition of low temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1007-1012 (1991)

6. Klein JD, Lurie S. Prestorage heat treatment as a means of improving poststrage quality of apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 265-269 (1990)

7. Hong JH, Lee SK. Effects of postharvest heat treatment on fruit quality and the incidence of skin blackening during cold storage of 'Niitaka' pears. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38: 506-509 (1997)

8. Burmeister D, Ball S, Green S, Woolf AB. Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of 'Fuyu'

Collection @ jeju

persimmons. Postharvest Biol. Technol. 12: 71-78 (1997)

9. Lamikanra O, Bett-Garber K, Ingram D. Watson M. Use of mild heat pre-treatment for quality retention of fresh-cut cantaloupe melon. J. Food Sci. 70: C53-C57 (2005)

10. Bai J, Baldwin E, Fortuny R, Matheiis J, Stanley R, Perera C, Brecht J. Effect of pretreatment of intact 'Gala' apple with ethanol vapor, heat, or 1-methylcyclopropene on quality and shelf life of fresh-cut slices. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129: 583-593 (2004)

11. Rodov V, Ben-Yehoshua S, Albagli R, Fang DQ. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. Postharvest Biol. Technol. 5: 119-127 (1995)

12. Lee HH, Hong SI, Son SM, Kim DM. Storage qulity of early harvested satsuma mandarin as influenced byy hot air treatment. Kor. J. Food Preserv. 11(3): 304-312 (2004)

13. Manago M. Ogaki C. Study on pre-storage treatment of Unshiu orange. II. The practical pretreatment for storage in the nocontrolled storage. Bull. Kanagawa Hort. Exp. Stn. (20) (1972)

14. Hasegawa Y, Yano M, Iba Y. The effects of heat pre-treatment on the storage of citrus fruit. In: International Citrus Symposium, Guangzhou, China, November 5-8: 736-739 (1990)

15. Murata T, Yamawaki K. Effect of conditioning a diffeerent temperature and humidities on quality of several varienties of citrus fruits. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 61: 205-210 (1992)

16. Hu X, Shou C, Yu X, Ma Q. Effects of temperature conditioning on postharvest physiology and quality of Satsuma mandarin fruit. J. Zhejiang Agric. Univ. 25(2): 187-191 (1999)

17. Bruemmer JH, Roe B. Post-harvest treatment of citrus fruit to increase

Collection @ jeju

Brix/acid ratio. Proc. Florida State Hort. Soc. 82: 212-215 (1969)

18. Murata T. Studies on the postharvest storage of citrus fruit (VII). Acid metabolism in Satsuma mandarin fruit during storage. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 46(2): 283-287 (1977)

19. Burdon J, Lallu N, Yearsley C, Osman S, Billing D, Boldingh H. Postharvest conditioning of Satsuma mandarins for reduction of acidity and skin puffiness. Postharvest Biol. Technol. 43: 102-114 (2007)

20. Ko WJ, Yang MH, Kang YJ. Studies on deacidification of citrus fruit and juice products by heating treatment and electrodialysis. Korean J. Food Preserv. 13(2): 144-153 (2006)

21. Yang MH, Kang YJ. Study on the quality improvement of acidic citrus juices, citrus natsudaidai and ciitrus grandis, by bipolar membrane electrodialysis. Korean J. Food Sci. Technol. 39(6): 630-636 (2007)

22. McAllister JW. Methods for determining the quality of citrus juice. In "Citrus Nutrition and Quality"(ed. Nagy S and Attaway JA). ACS Sym. Ser. 143: 291-300 (1980)

23. Davis PL, Chace WG. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. HortScience 4: 117-119 (1969)

24. Inaba M, Chachin K. Influence of and recovery from high temperature stress on harvested mature green tomatoes. HortScience 23: 190-192 (1988)

25. Lurie S, Klein JD. Heat treatment of ripening apples: differential effects on physiology and biochemistry. Physiol. Plant. 78: 181-186 (1990)

26. Biale JB, Young RE, Olmstead AJ. Fruit respiration and ethylene production. Plant Physiol. 29: 168-174 (1954)

27. Aharoni Y. Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. Plant Physiol. 43: 99-102 (1968)

Collection @ jeju

28. Eaks IL. Respiratiory response, ethylene production and response to ethylene of citrus fruit during ontogeny. Plant Physiol. 45: 334-338 (1970)

29. Lee SK. Postharvest physiology of horticultural crops. Seonggyun Press. p.53 (1997)

30. Kader AA. Postharvest biology and technology: an overview, in: Kader, AA(Ed.). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Regents of the University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, oakland, CA, pp. 39-48 (2002)

31. Shi JX, Porat R, Goren R, Goldschidt EE. Physiological responses of 'Murcott' mandarins and 'Star Ruby' grapefruit to anaerobic stress conditions and their relation to fruit taste, quality and emission of off-flavor volatiles. Postharvest Biol. Technol. 38: 99-105 (2005)

32. Norman SM, Craft CC. Production of ethanol, acetaldehyde and methanol by intact oranges during and after nitrogen storage. J. Am. Soc. Hort. Sci. 96: 464-467 (1971)

33. Davis PL, Roe B, Bruemmer JH. Biochemical change in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. J. Food Sci. 38: 225-229 (1973)

34. Echeverria E. Changes in sugars and acids of citrus fruits during storage. Proc. Fla. State Hort. Soc. 100: 50-52 (1987)

35. Kefford JF. The chemical constituents of citrus. In Advaces in food research, Vol.9, Mrak EM, Stewart GF, (eds). Academic Press, New York. (1959)

36. Kassim MY, Khan S. Effect of temperature on growth of Penicillium digitatum and Geotrichum candidum on agar and on citrus fruit and chemical control of post-harvest rot caused by the two fungi. J. King Saud Univ., Vol. 8, Science(1): 33-38 (1996)

Collection @ jeju

37. Davis PL, Hofmann RC, Hatton TT. Temperature and duration of storage on ethanol content in citrus fruits. Hort. Sci. 9: 376-377 (1974)

38. Cohen E, Shalom Y, Rosenberger I. Postharvest ethanol buildup and off-flavor in 'Murcott' tangerine fruits. J. Am. Soc. Hort. Sci. 115: 775-778 (1990)

39. Ladaniya MS, Sonkar RK, Dass HC. Evaluation of heat-shrinkable film wrapping of 'Nagpur' mandarin(C. reticulata Blanco) for storage. J. Fd. Sci. Technol. 34: 324-327 (1997)

Collection @ jeju

감사의 글

이 작은 결실은 제가 한층 더 성숙할 수 있는 계기를 만들어 주었고, 어떤 일도 혼자서는 이루어 낼 수 없다는 소중한 가르침을 주었습니다.

먼저, 오늘에 있기까지 부족한 저를 놓지 않으시고 끝까지 열정으로 이끌어주신 강영주 지도교수님께 머리 숙여 깊은 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 기꺼이 논문을 심사해주시고 일일이 지적을 아끼지 않으신 하진환 교수님, 애정어린 충고와 관심을 보여주신 김수현 교수님, 고영환 교수님, 임상빈 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

연구소의 첫 발령지였던 감귤시험장에서 근무하면서 대학원의 진로를 결정할 때부터 논문이 완성되는 마지막 순간까지 곁에서 지켜봐 주시고 지도해주신 최영훈 박사님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 학업에 열중할 수 있도록 배려해주신 김광식 장장님, 본 실험에 대해 아이디어를 주시고 늘 조언을 해주셨던 한승갑 박사님, 도움을 청할 때마다 기꺼이 도와주시고 무뚝뚝한 표정으로 챙겨주셨던 고상욱 박사님, 같은 실에서 언니처럼 챙겨주었던 친절한 이선이 선생님, 힘들 때나 기쁠 때나 곁에서 함께해주고 힘이 되어준, 그리고 영원히 함께하게 될 이평호 선생님, 외에도 많은 관심과 애정을 보여주셨던 감귤시험장의 선배님들께 감사드립니다.

또한, 실험이 순조롭게 이루어질 수 있도록 현장에서 적극적으로 도와주셨던 이장헌 선생님과 양이웅 선생님, 대량의 분석업무에도 몸을 아끼지 않으시고 도와주신 신혜식 여사님께 무한한 감사를 드리고 함께 고생한 이용소재연구실의 소담, 주미, 미애 등 감귤시험장이 맺어준 소중한 인연들에게도 감사의 인사를 전합니다.

음성에 있는 인삼특작부에 발령이 난 상황에서도 논문의 마무리를 위해 많은 배려와 격려를 해주신 홍윤표 박사님을 비롯한 원예원 인삼약초가공팀 동료분들께도 감사드립니다.

마지막으로 철없는 막내 딸을 항상 믿어주시고 응원해주시는 사랑하는 부모님과 소중한 나의 가족들에게 이 논문을 바칩니다.

2011년 7월

이 지 현

dCollection @ jeju