



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](#)

碩士學位論文

자동선과공정에서 선과한
온주밀감의 저장 중 품질 변화

濟州大學校 大學院

食品工學科

朴慶陳

2014年 2月

자동선과공정에서 선과한 온주밀감의 저장 중 품질 변화

指導教授 任 尙 彬

朴 慶 陳

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2014年 2月

朴慶陳의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 河 璉 桓 (印)

委 員 _____ 朴 恩 珍 (印)

委 員 _____ 任 尙 彬 (印)

濟州大學校 大學院

2014 年 2月

Quality Change of Satsuma mandarin by Automatic Fruit Sorter During Storage

Kyung Jin Park

(Supervised by professor Sang Bin Lim)

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

2014. 02.

This thesis has been examined and approved.

Jin-Hwan Ha, Thesis director, Prof of Food Science and Engineering

Eun-Jin Park, Prof of Food Science and Engineering

Sang-Bin Lim, Prof of Food Science and Engineering

February 2014

Department of Food Science and Engineering
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

LIST OF TABLES	iii
LIST OF FIGURES	iv
SUMMARY	1
I. 서 론	2
II. 재료 및 방법	6
1. 재료	6
2. 실험방법	7
1) 과실 내부 CO ₂ 측정	7
2) 가용성고형물 함량 및 총산함량	7
3) 유리당 및 유기산 함량	8
4) 과실 경도 측정	9
5) 감모율	9
6) 부패율	9
7) 껍질 두께	9
8) 관능평가	10
9) 통계분석	10
III. 결과 및 고찰	11
1. 과실 내부 CO ₂ 측정	11
2. 가용성고형물 함량 및 총산함량	13
3. 저장 기간별 당산비 변화	16
4. 유리당 및 유기산 함량 변화	18

5. 과실 정도	20
6. 감모율	22
7. 부패율	24
8. 과피 두께	26
9. 관능평가	28
IV. 요약	30
V. 참고문헌	31

LIST OF TABLES

Table 1. GC conditions for CO ₂ analysis	7
Table 2. HPLC conditions for free sugars analysis	8
Table 3. HPLC conditions for organic acids analysis	9
Table 4. Free sugar contents of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes after storage of 40 days	19
Table 5. Organic acid contents of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes after storage of 40 days	19

LIST OF FIGURES

Fig. 1. Flowchart of automatic fruit sorting system for Satsuma mandarin in agricultural products processing center(APC). ······	6
Fig. 2. Changes in respiration rate of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	12
Fig. 3. Changes in total soluble solids of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	14
Fig. 4. Changes in acidity of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	15
Fig. 5. Changes in Brix/acid ratio of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	17
Fig. 6. Changes in hardness of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	21
Fig. 7. Changes in weight loss of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	23
Fig. 8. Changes in decay rate of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	25
Fig. 9. Changes in thickness of peel on Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. ······	27
Fig. 10. Sensory attributes of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes after storage of 30 days. ······	29

SUMMARY

This study was conducted to analyse the quality changes of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) treated by washing or coating agent with the dry treatment during storage at 10°C. After storage for 40 days, the internal CO₂ content of non-sorted fruits (NSF) was decreased from 32.6 ml/kg·h to 16.8 ml/kg·h. In case of fruits treated by washing and drying (FWD), the internal CO₂ content was changed from 42.1 ml/kg·h to 21.9 ml/kg·h during storage of 40 days. Also, it was decreased from 47.2 ml/kg·h to 20.6 ml/kg·h on fruits treated by coating agent and drying (FCD). In addition, the internal CO₂ content of NSF was consistently kept lower than one of FWD and FCD groups during storage. And FWD and FCD groups were 0.86% evenly in total titratable acidity (TA) at the beginning of storage, but TA of FWD and FCD groups were steadily decreased to 0.58% and 0.60% respectively after storage of 40 days. Furthermore, the decay rate of FWD and FCD groups were 21% and 24% respectively after storage of 40 days. These groups were higher 3 times than NSF group. In sensory evaluation after storage of 30 days, FWD and FCD groups, that were generated more internal CO₂, were evaluated lower scores than NSF group at sweet and sour attributes. And off-flavor of FWD and FCD groups were revealed more stronger than one of NSF group. Therefore, the dry treatment of automatic fruit sorting process had the negative effects on postharvest quality due to increasing fruit's internal temperature that accelerates the respiration rate of Satsuma mandarin.

I. 서 론

국내에서 생산되는 주요 과실은 감귤, 사과, 배, 복숭아, 포도, 감 등이다. 이러한 과실들은 재배 환경의 개선과 재배 기술의 향상으로 고품질 과실 생산 비율이 증가하고 있다. 하지만, 과실의 향미와 식감만으로 품질을 판단하는 과거와는 달리 현재 소비자들이 원하는 고품질 과실에 대한 기준은 더욱 다양해지고 있다. 이러한 소비자의 요구가 반영되어 과실의 등급화와 규격화가 이루어지고 있으며, 더불어 수확 과실의 안정성과 기능성에도 관심이 높아지는 추세이다(1, 14, 15).

감귤의 경우, 국내 과수 전체 생산량의 약 30% 정도를 차지하고 있으며, 이는 국내 생산 과실 중 가장 많은 생산량이다(1, 2). 2012년 기준으로 재배 면적은 약 20.5 ha이고 생산량은 약 668 천톤에 이른다(2). 감귤의 재배 면적은 최근 10년 동안 조금씩 감소하는 추세이지만, 재배 면적 당 생산량은 꾸준히 늘어나고 있다(2). 그리고 노지재배 온주밀감 위주의 재배 구조에서 시설 재배되는 온주밀감과 만감류의 재배 비율이 증가하고 있다(2).

국내 생산 감귤 중 온주밀감은 전체 감귤류 생산량의 약 80 ~ 90%를 차지하고, 이중 조생품종이 차지하는 비율이 약 90%에 이른다(2). 이처럼 조생 품종이 차지하는 비율로 인하여 우리나라에서는 연중 11월과 다음해 1월 사이에 대부분의 온주밀감이 수확되어 시장에 유통되고 있다. 따라서 이를 유통하기 전에 신선하게 보관하기 위한 연구들이 이루어지고 있으며(10, 11, 12), 더불어 연중 감귤류를 생산하기 위해 다양한 품종들이 만들어지고 보급되고 있다(23, 34).

온주밀감은 다른 과실에 비해 상대적으로 두꺼운 껍질과 가벼운 중량으로 수확 후 저장 중 과실 부패나 품질 변화가 적은 과실로 알려져 있다. 특히 감귤은 수확 후에도 호흡량이나 과실성숙호르몬(에틸렌) 발생량이 증가하지 않는 non-climateric(호흡비급등형) 과실이다(3, 6). 따라서 수확 후 호흡량 급등으로 인한 내부 영양 성분의 변화가 적어서 수확 후 관리가 용이한 과실이다. 이러한 특성으로 개방형 창고에서도 품질 유지가 잘 되어 저장성이 좋으며, 저장 온도와 저장 습도의 관리만으로도 상품성을 유지할 수 있다(4, 10, 11). 그리고 수확한 직후 예비 건조 처리를 하게 되면, 과실 껍질의 수분이 감소되어 껍질의 탄력이 증가하고, 과실 내부의 CO₂ 등을 발산시켜 저장 기간 동안 내·외부 품질 변화를 억제하기 때문에 수확 감귤의 저장성을 향상시키기 위해 필수적인 처리 방법이

다(25).

한편, 국외에서는 생과용 오렌지나 수출용 온주밀감을 껍질색이 초록색인 미성숙한 상태일 때 수확하여 착색 촉진(유도) 물질 처리를 통해 감귤의 성숙한 껍질색인 특유의 노란색으로 착색하여 유통하기도 있다. 이러한 수확 후 착색 처리는 당 함량이나 산 함량 등의 내부 품질에는 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있다(6, 7).

국내에서는 체계적인 병해충 관리를 통해 검은점무늬병과 감귤궤양병 등을 잘 방제하여 껍질 등의 외부 품질 관리가 잘 이루어지고 있으며, 멀칭재배 시스템과 관수 시설 등을 이용하여 재배 기간 동안 내부 품질을 관리하고 있다(8, 9). 이와 같이 재배 시기에서부터 체계적인 내·외부 품질 관리로 인하여 고품질 감귤 기준인 당 함량 12 °Brix 이상, 산 함량 1.0% 이하의 고품질 감귤의 생산 비율이 증가하고 있다(2).

하지만 재배 기간 동안 이루어지는 체계적인 품질 관리에도 불구하고, 폭염이나 저온 등의 이상 기후가 발생하면 나무 상에서도 품질 악화가 발생할 수 있다. 그리고 판매시기를 고려하여 수확 시기를 조절할 경우에도 나무에서의 관리만으로 원하는 품질의 감귤을 얻기에는 어려움이 있다. 그래서 이를 보완하기 위해 수확 후 생리 대사를 조절하여 수확 감귤의 품질이나 상품성을 향상시키는 연구가 꾸준히 이루어지고 있다(10, 11). 특히, 뉴질랜드에서의 일본 수출용 온주밀감의 산 함량 감소에 관한 연구(11)나 국내의 멀칭재배 등으로 높아진 산 함량을 감소시키기 위해 수확 후 고온과 고습을 처리하는 방법 등이 이에 해당된다(26).

이는 식물이 광합성을 통해 얻어진 탄소원을 분해하여 에너지를 얻기 위해 이루어지는 일련의 작용인 호흡 기작을 이용하는 방법들이다(10, 11, 26). 호흡 기작은 glycolysis, TCA cycle(citric acid cycle), 미토콘드리아 기질에서의 electron transport로 구성되어 있다. 광합성 작용을 통해 생성된 glucose는 각각의 과정을 거치면서 ATP를 생성하여, 식물체에 공급하게 된다. 우선 glycolysis를 통해 glucose가 산화되어 pyruvate를 생성하고, 연속적으로 미토콘드리아 내부로 이동하여 산화된다. 미토콘드리아 내부로 이동한 pyruvate가 산화되면서 acetyl CoA를 형성하고, TCA cycle로 이동하면서 oxaloacetate와 결합하여 citrate가 만들어져 TCA cycle에서 결과적으로 NADH, ATP, FADH₂를 생성하게 된다. 이렇게 생성된 물질들은 미토콘드리아의 intermembrane space에서 ATP synthase 작용으로 ATP를 생성한다. 이처럼 호흡 기작은 세포의 cytosol과 mitochondrion에서 다양한 효소의 작용으로 복합적이며 연속적인 과정들로 이루어지는데, 현재는

*Arabidopsis*나 *rice* 등의 유전서열이 알려지면서 호흡 기작에 관여하는 다양한 작용 기작이 밝혀지고 있다. 하지만, ATP-dependent phosphofructokinase처럼 아직 gene annotation이 불명확한 부분도 존재하고 있다(29).

감귤에서는 호흡 작용을 통해 주요 호흡 기질인 citric acid가 소모되면서 감산 효과를 보이는 것으로 알려져 있다(30, 31). 주변 온도의 상승이나 습도 처리 등을 통하여 감귤의 호흡 기작을 활성화 혹은 비활성화하면 저장성의 향상이나 내부 품질을 조절할 수 있다(18, 26). 하지만 이러한 수확 후의 저장 조건을 처리할 때에 감귤의 호흡 기작이 혐기적인 조건에서 이루어지지 않도록 주의 깊게 관리하여야 한다. 충분한 산소의 공급으로 호기 상태에서는 정상적인 호흡 작용을 하게 되지만, 저장고나 저장 상자 내에서 산소의 공급이 부족하거나, 호흡 작용으로 발생된 CO₂ 등으로 혐기적인 조건에 놓이게 된다면 혐기성 호흡 작용을 통해 acetaldehyde나 alcohol과 같은 성분을 생성하게 된다. 이러한 혐기성 호흡을 통해 발생하는 alcohol 성분이나 acetaldehyde 성분들은 감귤의 풍미를 저하시키는 이취를 발생시켜 감귤의 상품성과 저장성을 나빠지게 한다(17, 19).

앞서 언급한 것처럼 국내에서 생산되는 온주밀감은 궁천조생이나 흥진조생 등의 조생 품종이 대부분 재배되고 있어, 수확량이 겨울철에 집중되는 경향이 있다. 특히 궁천조생 품종은 일본 후쿠오카현에서 재래계 온주의 가지변이로 1925년에 발견된 조생온주밀감이다. 현재 일본과 한국에서 재배면적 비율이 아주 높은 품종으로 하우스 재배와 월동수확 재배에 적합한 품종이다. 이 품종은 가지의 신장이 좋은 편으로 서귀포에서는 만개기가 5월 20일경이다. 그리고 결실성이 양호하고 해거리 현상이 적으며 산 함량이 풍부한 품종이다. 조생온주밀감 중에서 과피 두께가 두꺼운 편이라 열과와 일소 증상이 적고 탄저병에 강하여 저장성이 좋다. 11월 중순이 수확 적기이며 당도는 평균 10.7 °Brix, 산 함량은 1.22% 정도이다(42).

이러한 수확 시기의 집중 현상은 수확 인력 부족 등으로 수확 시기를 놓치거나 수확한 감귤을 최적의 상태로 보관할 수 있는 저장고가 부족하여 감귤의 품질 유지에 어려움이 발생할 수 있다. 또한, 온주밀감을 선과하고 유통하기 위해 농산물산지유통센터(APC) 등의 중대형 선과장이나 지역별 감귤 작목반에서 운영하는 선과장의 경우, 일정한 시기에 집중되는 모든 물량을 선과 처리하기에도 한계가 있다. 그리고 선과 전이나 선과 후의 저장 시에 오픈형의 저장고에 저장하게 되면 저온의 영향이나 높은 일교차가 발생 시, 감귤 품질이 변화될 수 있어 선과 전 비상품 과실 비율이 증가하거나, 선과 후의 선과 품질 등급과 소비자가

접하는 품질 상태가 달라져 품질 선과에 대한 신뢰가 낮아질 수 있다. 이와 더불어 선과 단계 중에서도 선과기를 이동하면서 발생하는 외부 충격과 상처 발생, 그리고 건조단계에서의 고온으로 인해 과실 품온의 상승으로 내부 품질이 변화될 수 있다. 이는 선과 이후 유통과 저장 품질을 악화시킬 수 있는 요인이 될 수 있다.

이처럼 수확된 감귤은 유통, 저장 중의 품질 관리를 위해 다양한 환경과 조건을 고려하여야 한다. 특히 자동선과기를 이용하는 선과장은 시장 유통을 위해 인력과 시간 등을 절약할 수 있는 유용한 시설이므로 감귤의 수확 후 품질에 악영향을 미칠 수 있는 요인들을 제거하여 시설의 효율성을 증가시켜야 한다.

따라서 본 연구에서는 농산물산지유통센터(APC) 선과장의 비파괴자동선과공정에서 감귤 저장 품질에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해 자동선과기에서의 물세척 처리와 피막제 처리, 그리고 건조 처리 등으로 인한 수확 감귤의 저장 품질 변화 정도를 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 재료인 온주밀감은 궁천조생(*Citrus unshiu* Marc. cv. Miyagawa) 품종으로 제주특별자치도 서귀포시 남원읍에서 2012년 11월에 수확하였다. 시험 처리를 위해 감귤나무의 일정한 높이에서 비슷한 크기의 완숙한 감귤을 상처 없이 수확하여 균일한 크기로 감귤 과실을 선별하였다. 이후 개방형 창고에서 5일 동안 예비 건조 처리하여 중량을 5% 정도 감소시켜 감귤 껍질을 약하게 건조시킨 후 시험에 이용하였다. 선과장은 근적외광(Near Infra-Red) 이용 비파괴 자동 선과기가 설치된 감귤협동조합 운영 APC 선과장(서귀포시 남원읍 소재)을 이용하였다. 저장 처리 위한 샘플링은 무처리군(비선과 처리), 물세척 처리군(물세척 후 온풍 건조), 피막제 처리군(물세척 건조 후 피막제 처리 건조)으로 나누었다(Fig. 1). 단계별로 샘플링한 재료는 온도 10℃, 습도 80%에 저장하며 40일 동안 저장 품질을 분석하였다.

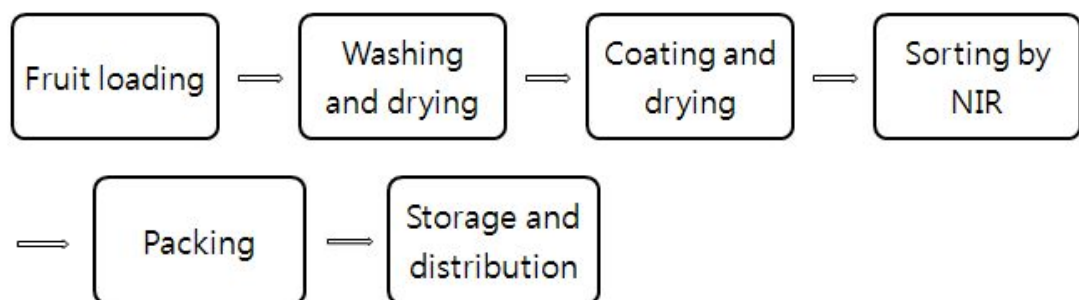


Fig. 1. Flowchart of automatic fruit sorting system for Satsuma mandarin in agricultural product processing center(APC).

2. 실험 방법

1) 과실 내부 CO₂ 측정

선과 단계별로 샘플링한 과실의 내부 CO₂ 측정을 위해 감귤 과정부에서 1ml 용량의 실린지를 이용해 과실 내부의 공기를 포집하여 gas chromatography (HP5890, Hewlett packard, USA)로 분석하였다. 감귤 내부 CO₂ 발생이 촉진되지 않도록 운반과 가스 채취 시 외부 충격에 주의하였으며, 분석용 과실은 상온에서 1시간 정도 안정화시킨 후에 분석하였으며, 처리군 별로 5개의 과실을 측정하여 평균값을 이용하였다. GC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. GC conditions for CO₂ analysis.

Parameters	Conditions
Column	SUS, Ø2.45 mm, length 2.0 m
Carrier gas	He
Detector	TCD
Injector volume	1ml
Flow rate	30 ml/min
Oven temperature	110°C
Detector temperature	180°C

2) 가용성고형물 함량 및 총산함량

과즙의 가용성고형물(Total Soluble Solids; TSS) 함량은 디지털 굴절당도계 (PAL-1, Atago, Japan)로 측정하였으며, 산 함량은 과즙 5ml에 지시약 phenolphthalein을 첨가한 후, 0.1N NaOH(Sigma-Aldrich, USA)로 적정하고 아래의 식을 통해 citric acid 값으로 환산하여 나타내었다. 가용성고형물의 함량과 총산함량은 각각 30개의 과실을 측정하여 평균값으로 나타내었다.

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

3) 유리당 및 유기산 함량

착즙하여 얻은 과즙을 증류수로 1,000배 희석하여 0.45 μm PVDF millipore filter로 여과하여 HPLC(ICS-3000, Dionex, USA)를 이용하여 분석하였다.

유리당 정량은 amperometry를 검출기로 사용하는 HPLC(ICS-3000, Dionex, USA)를 이용하였으며 분석 조건은 Table 2와 같다. 표준물질은 sucrose, glucose, fructose(Sigma-Aldrich, USA)를 이용하였으며, glucose와 fructose는 12.5, 25, 50, 100 ppm으로 sucrose는 25, 50, 100, 200 ppm 농도로 조제하여 정량에 이용하였다.

Table 2. HPLC conditions for free sugars analysis.

Model	ICS-3000(Dionex, USA)
Column	CarboPac TM PA1 4×250 mm, analytical
Detector	INT Amperometry
Flow rate	1 ml/min
Injection volume	10 μl
Mobile phase	100 mM NaOH/D.W

유기산 분석도 HPLC(ICS-3000, Dionex, USA)를 사용하였으며 운영 조건은 Table 3과 같다. 표준물질로는 oxalic acid, malic acid, citric acid (Sigma-Aldrich, USA)를 각각 2.5, 5, 10, 20 ppm 농도로 조제하여 정량곡선을 만들었다.

Table 3. HPLC conditions for organic acids analysis.

Model	ICS-3000(Dionex, USA)
Column	IonPac [®] ICE-AS6 9×250 mm Ion Exclusion
Detector	Conductivity
Flow rate	1 ml/min
Injection volume	10 μ l
Mobile phase	0.4 mM, Heptafluoroboric acid

4) 과실 경도 측정

감귤 과피의 경도 측정은 Texture analyzer(TA-XT2, UK)에 \varnothing 50mm probe를 이용하여 측정하였으며, 얻어지는 최대값을 Newton(N)으로 나타내었다. 각 과실에서는 옆면의 두 곳을 측정하여 평균값을 얻었으며, 처리별로 30개의 과실을 측정하고 평균값을 구하였다.

5) 감모율

감귤의 감모율은 선과 처리 직후의 무게를 측정하고, 저장 기간 동안 10일 간격으로 측정하여 손실되는 중량을 초기 중량과 대비하여 백분율로 환산하였다.

6) 부패율

부패율은 저장 기간 동안 10일 간격으로 확인하여, 발생하는 부패 과실을 선별하고, 저장 처리 시의 총 개수에 대비하여 백분율로 계산하였다.

7) 껍질 두께

껍질 두께는 저장 기간 동안 10일 간격으로 선별된 과실의 적도부 4군데를 동시 측정하여 평균값을 사용하였다.

8) 관능 평가

저장 기간 동안 감귤의 내부 품질 변화를 확인하기 위해서 30일 저장 후 관능 평가를 실시하였다. 관능평가에 참석한 패널은 농촌진흥청 감귤시험장에 근무하는 연구원들로 20~40대의 남녀 성인을 비슷한 비율로 총 15명을 선정하여 실시하였다. 조사 내용은 단맛, 신맛, 감귤향, 이취 정도이며 5점 척도법(0: 약함, 5: 강함)으로 분석하였다.

9) 통계 분석

샘플링한 과실은 처리군 마다 3반복으로 실시하여 분석하였다. 실험결과의 통계 처리는 SAS system(SAS institute Inc. USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA) 하였으며, 처리간의 유의성 검증은 Duncan's multiple range test($p \leq 0.05$)을 이용하였다.

Ⅲ 결과 및 고찰

1. 과실 내부 CO₂ 측정

감귤의 내부 품질 변화 요인을 확인하기 위해 과실 내부의 CO₂ 함량을 GC로 측정하여 정량 분석하였다. 비선과군에서는 수확 후 과실 내 CO₂ 함량이 32.6 ml/kg·h이 발생하였으며, 저장 처리 기간 동안 꾸준히 감소하여 저장 40일에는 16.8 ml/kg·h까지 감소하였다. 물세척 처리군은 선별 직후 과실 내부 CO₂ 함량이 42.1 ml/kg·h 발생하였고, 저장 40일 후에서 21.9 ml/kg·h로 낮아졌다. 피막제 처리군도 선별 직후에는 47.2 ml/kg·h였지만 저장 40일 후에는 20.6 ml/kg·h까지 감소하였다(Fig. 2). 세 처리군 모두 감귤의 수확 후 호흡 양상인 non-climateric 형태를 보여주었으며, 이는 감귤이 수확 이후 CO₂ 발생량이 증가하지 않고 일정하게 감소하는 다른 연구 결과와도 동일하였다(6, 16).

하지만 자동선과 단계를 거치면서 물세척 처리군과 피막제 처리군에서는 외부 충격 발생과 건조 단계에서의 고온 영향으로 초기의 과실 내 CO₂ 함량이 비선과군보다 높았으며, 이러한 양상은 저장 40일 동안 지속되었다. 그리고 물세척 처리군은 저장 20일까지 피막제 처리군의 CO₂ 함량 보다는 낮았지만, 저장 30일 이후에는 두 처리군의 CO₂ 함량이 각각 22.5 ml/kg·h, 21.4 ml/kg·h로 비슷하였다.

과실에서 호흡량이 증가하면 과실 내부 공간에도 CO₂ 발생량과 축적량이 증가하여 풍미에도 영향을 미치게 된다(19). 과실 내부에서 CO₂ 함량의 증가는 혐기적인 조건을 형성하고 acetaldehyde와 alcohol 등의 성분들을 증가시켜 감귤에서 이취를 발생하게 한다(17, 19). 이러한 이취 성분의 발생은 감귤의 풍미에 영향을 미쳐 상품성을 악화시킬 수 있다(19, 31). 따라서 물세척 처리군과 피막제 처리군은 비선과군보다 상대적으로 과실 내 CO₂ 함량의 증가로 인하여 감귤 고유의 풍미와 저장성에 악영향을 미칠 수 있다.

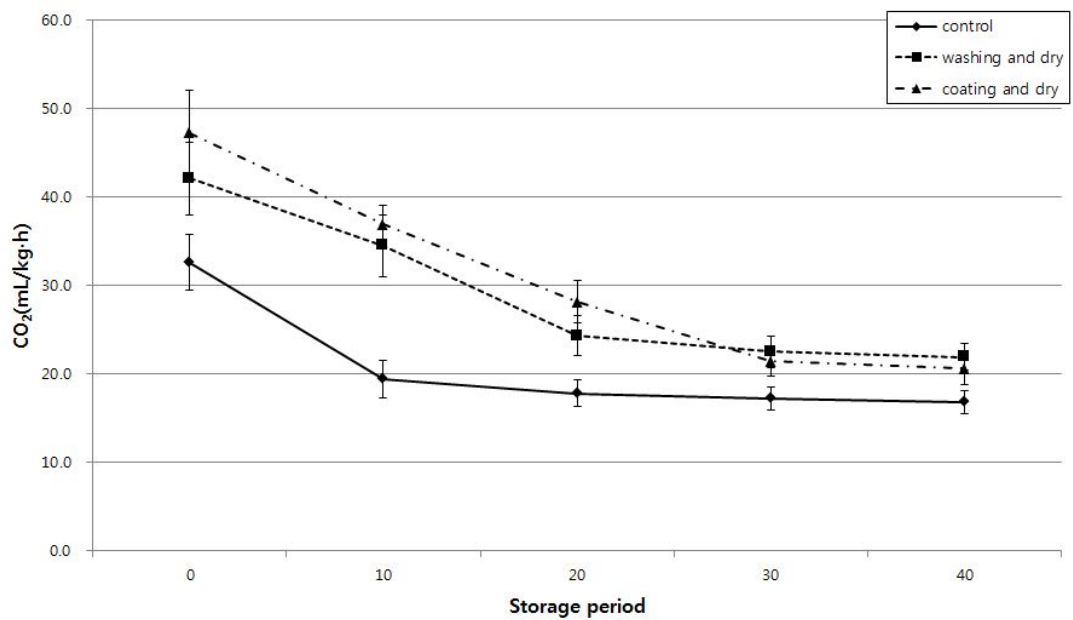


Fig. 2. Changes in respiration rate of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. The error bar represents the standard deviation ($n=5$).

2. 가용성고형물 함량 및 총산함량 변화

선과 단계별로 샘플링한 시료를 40일 동안 저장하면서 가용성고형물의 함량을 분석하니, 저장 기간 동안 총 가용성고형물의 함량은 세 처리군 모두 조금씩 상승하였다(Fig. 3). 비선과군은 11.0 °Brix에서 저장 40일 후에는 평균 11.5 °Brix가 되었으며, 물세척 처리군과 피막제 처리군도 각각 10.9 °Brix, 10.8 °Brix에서 11.4 °Brix, 11.6 °Brix로 0.5에서 0.8 정도 높아졌다. 이는 수확 후 가용성고형물의 함량이 일정하게 유지되거나 조금씩 상승하는 기존의 연구결과와 일치하였다(4, 16). 그리고 던칸의 다중범위검정법(Duncan' multiple range test; $p \leq 0.05$)으로 세 처리군 간의 유의성을 확인하였으나, 저장 40일 동안 세 처리군에서 통계적인 유의성을 나타내지 않았다. 따라서 앞서의 과실 호흡량 증가는 가용성고형물의 함량 변화에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

총산함량은 저장 40일 동안 비선과군보다 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 감소하는 정도가 심하였다. 비선과군은 선별 직후에 산 함량이 0.83%이었으며, 저장 20일까지 같은 값이 유지되었다. 그리고 저장 40일에는 약 0.06% 감소하여 0.77%까지 낮아졌다. 물세척 처리군은 선별 직후에 산 함량이 0.86%였지만 저장 20일에는 급격히 낮아져 0.70%가 되었으며, 저장 40일에는 0.58%까지 낮아졌다. 피막제 처리군도 마찬가지로 초기 0.86%에서 저장 40일에는 0.60%까지 낮아져 물세척 처리군과 비슷한 양상을 보였다(Fig. 4). 저장 기간 동안 가용성고형물의 함량 변화와는 달리 산 함량은 꾸준히 감소하였는데, 열처리를 통해 감귤의 호흡률을 증가시켜 산 함량을 감소시키는 연구와 유사한 결과를 나타내었다(11, 26).

그리고 저장 10일까지 세 처리군 사이에서는 유의성을 보이지 않았지만, 저장 20일 이후부터는 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 산함량이 크게 감소하면서 비선과군과는 유의성을 나타내었다. 이는 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 저장 20일 동안 비선과군에 비하여 상대적으로 호흡량이 높았기 때문으로, 호흡 대사 작용이 활성화되면서 과실 내 호흡 기질인 산 성분을 보다 많이 소비하였기 때문으로 판단된다.

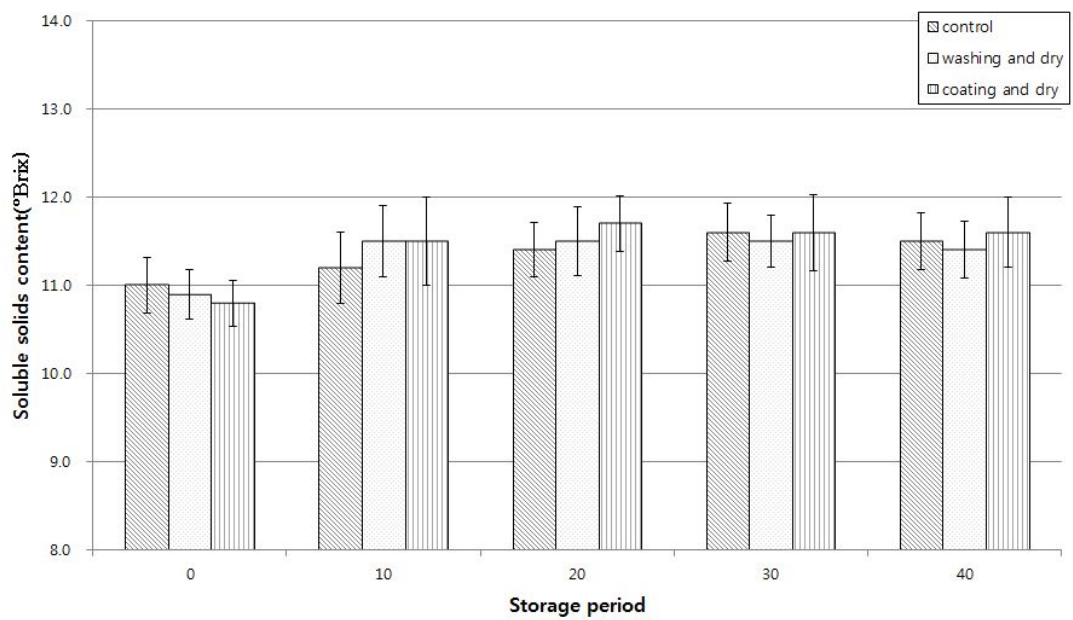


Fig. 3. Changes in total soluble solids of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. The error bar represents the standard deviation ($n=30$).

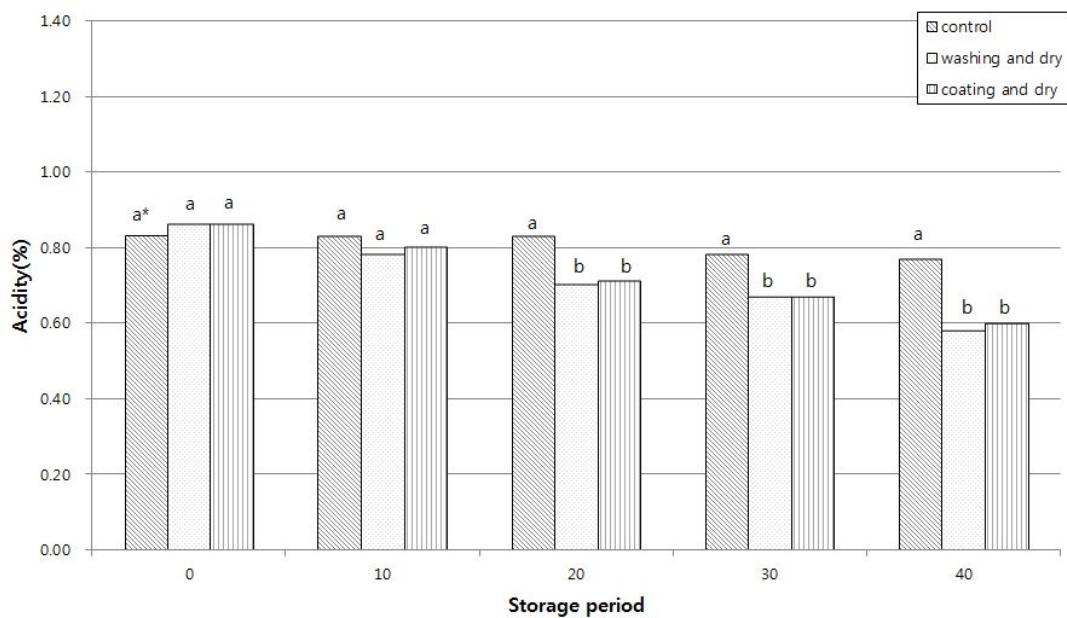


Fig. 4. Changes in acidity of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage.

*Bars marked by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

3. 저장 기간별 당산비 변화

저장 기간 동안 당산비의 변화를 살펴보면, 비선과군에서는 13.3에서 14.9까지 저장 40일 동안 조금 상승하였다. 물세척 처리군과 피막제 처리군의 경우, 저장 기간 동안 가용성고형물의 함량의 증가와 산 함량의 감소 정도가 비슷하였기 때문에 당산비의 변화도 유사하게 나타났다. 물세척 처리군은 12.7에서 저장 40일에는 19.7까지 증가하였으며, 피막제 처리군도 12.6에서 19.3까지 꾸준히 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5).

세 처리군 모두 당 함량이 약 0.5 °Brix 정도 증가하였지만, 산 함량이 보다 큰 비율로 감소하면서 당산비가 증가하였다. 특히 물세척 처리군과 피막제 처리군은 비선과군에 비하여 산 함량 감소폭이 커서 당산비의 증가율도 더욱 높았다.

일반적으로 감귤은 가용성 고형물과 산 함량을 측정하여 품질 등급을 선정하는데, 이와 더불어 당산비를 이용하여 품질 등급을 나타내고 있다. 이번 연구에 사용된 온주밀감은 저장 전에 당산비가 12:1 정도로 좋은 당산비를 가지고 있었다. 하지만 물세척 처리군과 피막제 처리군은 저장 40일에 산 함량이 0.60% 정도까지 낮아지면서 당산비가 약 19:1까지 높아졌지만, 너무 낮은 산 함량으로 인해 오히려 품질이 나빠지는 것을 확인할 수 있었다.

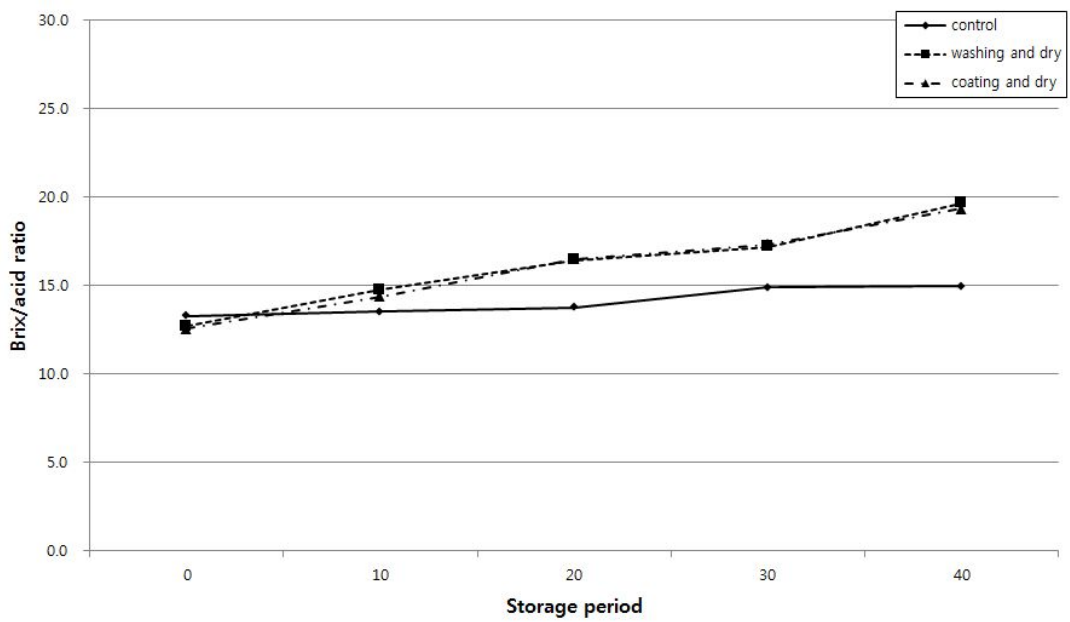


Fig. 5. Changes in Brix/acid ratio of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage.

4. 유리당 및 유기산 함량 변화

주요 유리당(sucrose, glucose, fructose)은 저장 40일 경과 후에 비선과군의 sucrose가 6.16%로 물세척 처리군 5.85%와 피막제 처리군 5.88% 보다 유의적으로 높게 나타났다(Table 4). 그리고 sucrose, glucose, fructose의 비율은 세 처리군 모두 약 2:1:1의 비율을 나타내었다. 이는 기존에 보고된 온주밀감 과즙의 유리당 조성비율과 일치하였다(37).

감귤에서의 주요 유기산은 citric acid, oxalic acid, malic acid로 구성되어 있다. 저장 40일에 citric acid의 정량 분석하니 비선과군에서는 0.55%가 측정되었으며, 물세척 처리군과 피막제 처리군은 각각 0.41%, 0.42%로 측정되었다(Table 5). 비선과군이 다른 처리군에 비하여 높은 citric acid를 함유하고 있었으며, 던칸의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test; $p \leq 0.05$)으로 유의적으로 높은 것을 확인하였다. 그리고 유기산의 성분비를 살펴보면, 비선과군에서 citric acid:oxalic acid:malic acid의 비율이 6:1:1이었으며, 물세척 처리군과 피막제 처리군은 5:1:1로 나타났다.

이처럼 저장 기간 동안 주요 유리당의 함량 변화가 크지 않고, 각 처리군에서도 함량 차이가 크지 않아서 총 가용성고형물의 함량이 세 처리군에서 일정하게 유지되는 것을 확인하였다. 이는 가용성고형물은 건조 단계의 고온으로 인해 증가하는 호흡 작용에 상대적으로 민감하지 않기 때문이다(29).

반면에 유기산 중 citric acid는 주요 호흡 기작인 TCA cycle에 이용되는 주요 성분으로 호흡 작용의 활성화로 citric acid의 소모가 우선적으로 일어나게 된다. 이러한 citric acid는 감귤이 함유하는 총산함량의 약 80%를 차지하고 있어서 citric acid의 소모는 전체 산 함량의 감소에 큰 영향을 주게 된다(29). 특히, 물세척과 피막제 처리 후에 필수적으로 이루어지는 건조(온풍, 열풍) 과정에서의 고온 영향은 과실의 품온을 상승시켜 호흡 작용을 활성화 되어, citric acid의 소모와 총산함량을 감소시키는 것으로 사료된다.

Table 4. Free sugar contents of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes after storage of 40 days.

Treatment	Sucrose (%)	Glucose (%)	Fructose (%)	Total (%)
Control	2.44b*	2.51b	6.16a	11.11
Washing and drying	2.54a	2.61ab	5.85b	11.00
Coating and drying	2.53a	2.72a	5.88b	11.13

*Means in each column with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

Table 5. Organic acid contents of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes after storage of 40 days.

Treatment	Citric acid (%)	Oxalic acid (%)	Malic acid (%)	Total (%)
Control	0.55a*	0.09a	0.08a	0.72
Washing and dry	0.41b	0.08a	0.06a	0.55
Coating and dry	0.42b	0.09a	0.07a	0.56

*Means in each column with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

5. 과실 경도

과실의 신선도와 상품성 정도를 나타내는 과실 경도 측정에서는 저장 30일까지 세 처리군이 비슷한 비율로 감소하였다. 비선과군은 7.5N에서 저장 30일에 6.8N로 낮아졌으며, 물세척 처리군은 7.5N에서 6.5N으로, 피막제 처리군은 8.2N에서 7.0N으로 저장 30일 동안 변화하였다(Fig. 6). 하지만 저장 40일이 경과하면서 비선과군에 비하여 물세척 처리군과 피막제 처리군의 경도가 크게 낮아졌다. 저장 40일 후, 비선과군은 6.9N으로 저장 30일의 경도와 비슷하였지만, 물세척 처리군은 5.5N, 피막제 처리군은 5.3N으로 비선과군보다 낮아졌다. 이러한 차이는 비선과군에 비해 유의적으로 낮은 것을 확인하였다(Duncan's multiple range test; $p \leq 0.05$). 이처럼 과실 경도가 낮아지면 물러지기 쉬워 유통이나 저장 중에서도 압상으로 인한 피해가 발생하기 쉬우며, 내부 품질에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 선과 단계별로 샘플링하여 저장 처리한 감귤의 경도를 분석한 결과, 물세척 처리군과 피막제 처리군은 저장 40일 이후의 경도가 낮아지므로 과실의 신선도와 저장성이 나빠질 수 있어 상품성에 악영향을 미칠 수 있다.

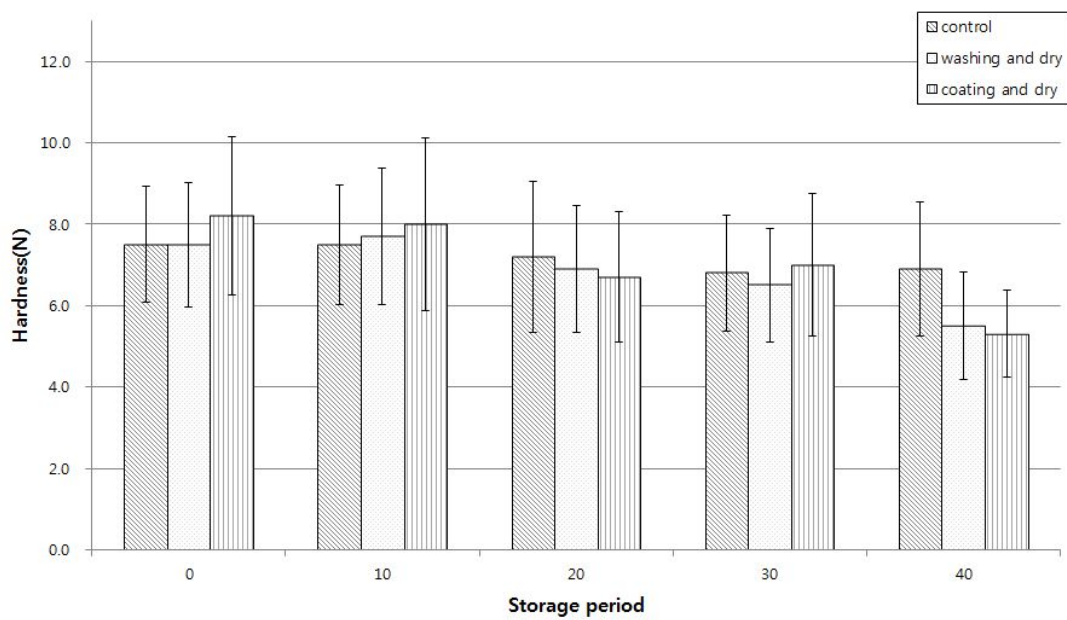


Fig. 6. Changes in hardness of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. The error bar represents the standard deviation ($n=30$).

6. 감모율

감모율의 변화를 살펴보면 세 처리군 모두 저장 기간 동안 비슷한 비율로 증가하면서 저장 40일에는 모두 7%의 감모율을 나타내었다(Fig. 7). 이처럼 세 처리군의 감모율이 비교적 낮고, 세 처리군의 차이도 적은 것은 선과 처리 전에 처리한 예조처리의 효과 때문인 것으로 판단된다.

감귤 과원에서 수확한 감귤의 경우, 직사광선을 피할 수 있고 통풍이 잘되는 곳에서 예비 건조시켜 중량을 약 3~5% 정도 감소시켜 준다. 이러한 예비 건조를 하게 되면 과실의 껍질이 약하게 건조되어 운송과 저장 중에 상처 등의 발생을 방지할 수 있으며, 과실 내부에 축적된 CO₂ 등의 가스를 배출하면서 내부 품질 변화도 방지하는 효과를 얻을 수 있기 때문이다(25).

이번 실험에서도 같은 조건을 적용하기 위해서 예조처리를 실시하여 중량을 5% 정도 감소시킨 후 선과 처리하였다. 이러한 사전 처리 효과로 저장 40일 동안 세 처리군 모두 감모율이 7% 정도 되었으며, 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 실시한 건조 단계로 인한 고온 영향은 감모율의 변화에 영향을 미치지 않았다. 따라서 감모율을 억제하기 위해서는 수확 이후 예조처리를 실시하는 것은 효과적인 방법으로 사료된다.

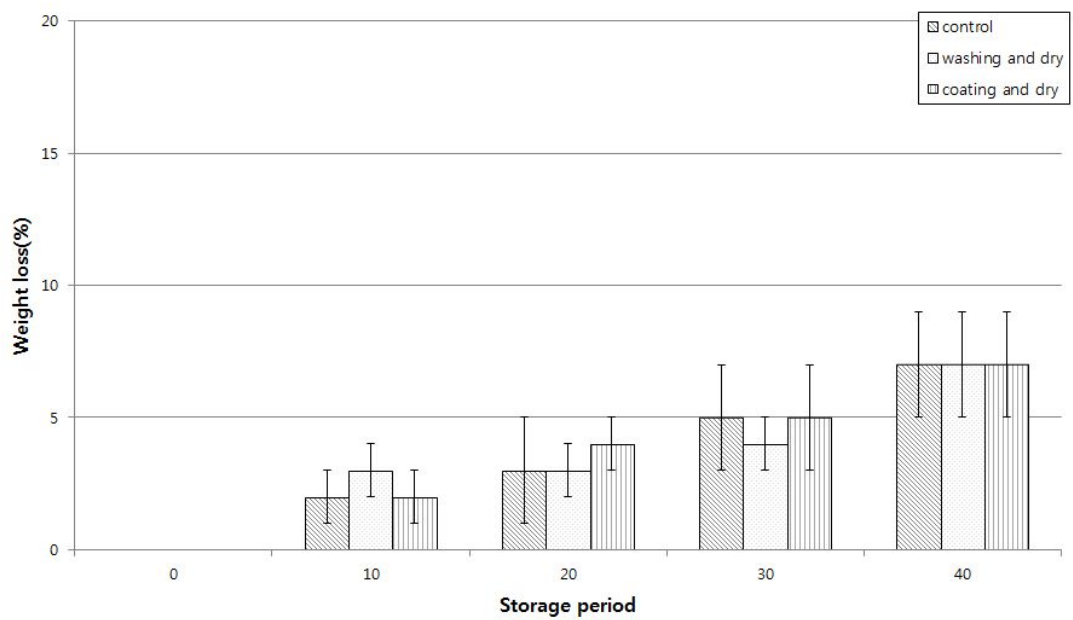


Fig. 7. Changes in weight loss of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. The error bar represents the standard deviation ($n=30$).

7. 부패율

부패율의 증가는 물세척 처리군과 피막제 처리군이 비슷하게 증가하였다. 저장 20일에는 물세척 처리군에서 16%, 피막제 처리군에서 17%의 부패율이 발생하였으며, 저장 40일에는 물세척 처리군에서 21%, 피막제 처리군에서 24%로 부패율이 증가하였다. 이는 비선과군이 저장 20일에 4%, 저장 40일에 7%의 부패율에 비하여 높았으며, 특히 저장 40일에는 비선과군보다 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 부패율이 3배 이상 높게 나타났다(Fig. 8). 부패 과실의 대부분은 푸른 곰팡이균(*Penicillium digitatum* Sacc.)에 의해 오염되어 발생되었다. 이러한 오염균은 주로 상처부위에 침입하여 발병하는 것으로 알려져 있다(39).

감귤에서의 부패 과실의 발생은 주로 수확 시기와 저장, 운송 중에 발생하는 상처 부위에서 일어나는 경우가 대부분을 차지하고 있다(38, 39). 물세척 처리군과 피막제 처리군의 경우, 자동선과기 내에서 이동하면서 껍질이 약해지거나 다양한 상처가 발생할 수 있다. 그리고 긴 선과 단계를 이동하면서 구르거나 떨어지면서 충격을 입게 되는데 이러한 외부 충격도 부패 과실의 증가에 영향을 미칠 수 있다. 또한 물세척 처리군은 물세척을 하면서 껍질의 수분 함량 증가로 과실 껍질이 약해져서 이러한 상처와 충격이 쉽게 발생할 수 있으며, 피막제 처리군 또한 피막제를 코팅하면서 껍질이 연약해져 껍질에 상처의 발생이 일어나기 쉽다. 또한, 물세척 후에 이루어지는 건조 단계나 피막제 코팅 후에 이루어지는 건조 단계로 인해 과실 품온의 상승은 호흡량 증가하여 감산의 효과를 가져와서 저장성을 더욱 떨어뜨리고 이취 발생 등의 내부 품질 악화에도 영향을 미친다(16, 19). 또한, 최종 선과까지 건조가 완전히 이루어지지 않아 껍질의 수분 함량이 높으면, 운송 중에도 쉽게 상처가 발생할 수 있으므로 주의하여야 한다.

따라서 감귤의 신선도를 유지하고 부패 발생을 억제하기 위해서는 선과 단계에서 발생하는 외부 충격이나 건조 단계를 최소화하여 상처의 발생을 억제하여야 한다. 선행 연구 자료에서도 피막제 코팅 처리를 하더라도 외부 광택은 증가하지만 과실 내의 가스 교환 능력이 나빠져서 이취 발생량이 증가하여 과실의 신선도를 떨어뜨리는 것으로 보고되고 있다(41).

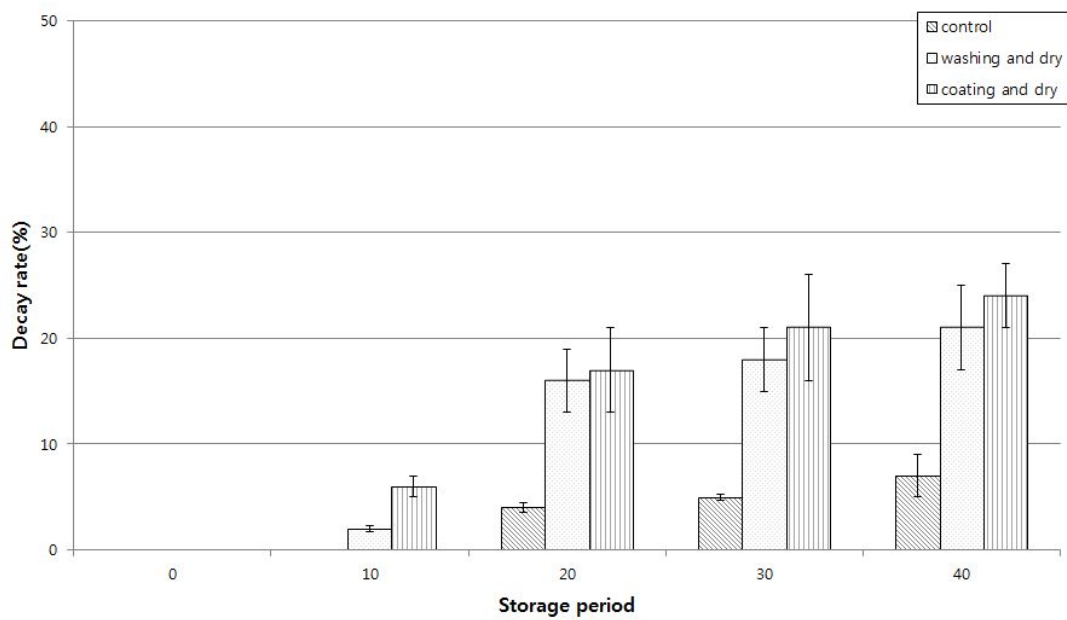


Fig. 8. Changes in decay rate of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. The error bar represents the standard deviation ($n=30$).

8. 껍질 두께

껍질 두께의 변화를 살펴보면, 저장 40일 동안 세 처리군에서 유의적인 차이는 보이지 않았다. 저장 처리일의 두께가 비선과 과실이 2.5mm, 물세척 처리군과 피막제 처리군이 2.2mm였으며, 저장 40일 경과 후에는 비선과군이 2.1mm, 물세척 처리군이 2.1mm, 피막제 처리군이 2.0mm로 저장 기간 동안 과피의 두께에는 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 9). 즉, 저장 40일 동안 세 처리간의 껍질 두께에는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이는 예비 건조 처리를 통해 어느 정도 과실의 껍질을 건조시켜 저장하였기 때문에 상대적으로 수분함량이 적어 껍질 두께의 감소폭이 낮은 것으로 보인다. 그리고 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 세척이나 코팅 단계에서 수분이 공급되지만 이후의 건조 단계를 거치면서 과실 껍질의 두께에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

이처럼 과실 껍질이 수확 직후 수분 함량이 높은 상태에서는 건조된 상태보다는 두꺼우며 상처 발생도 잘 일어날 수 있으므로, 저장 전에 어느 정도 과피를 건조시켜 저장하는 것이 수확 감귤의 상품성 유지에 효과적이며 내부 품질 보존에도 도움을 주는 것으로 사료된다. 또한 이러한 과실 껍질의 건조는 선과 단계에서 일어나는 외부 환경에도 저항성을 증가시킬 수 있어서 선과 중이나 선과 이후 과실의 품질 보존에도 도움을 준다.

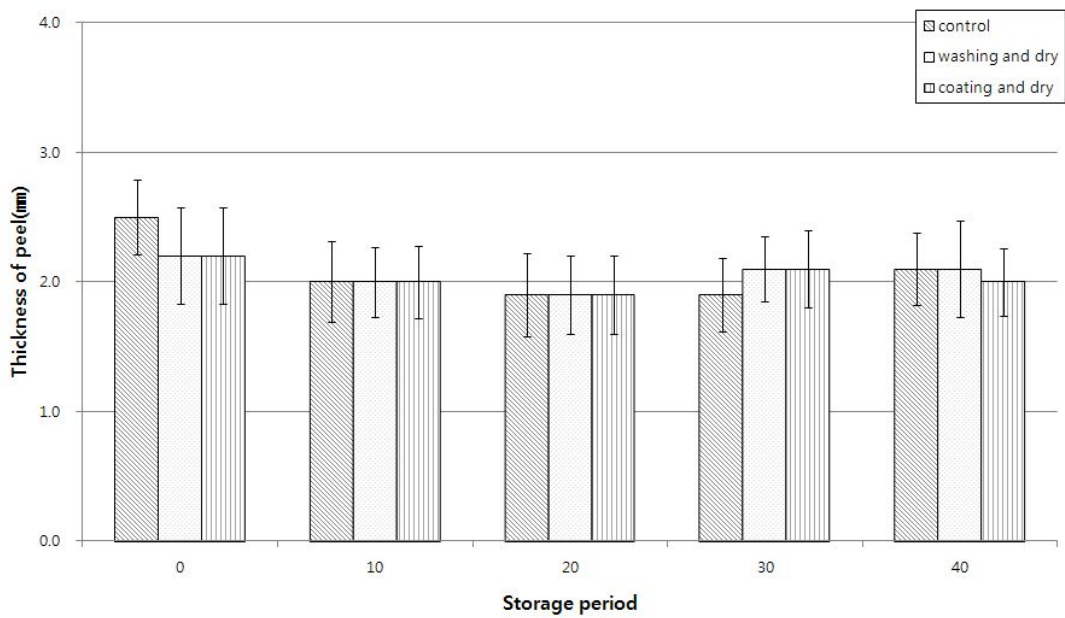


Fig. 9. Changes in thickness of peel on Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes during storage. The error bar represents the standard deviation ($n=30$).

9. 관능 평가

감귤의 내부 품질을 확인하기 위해서 저장 30일 경과 후에 관능평가를 실시하여 감귤 풍미의 변화를 분석하였다. 비선과군은 다른 처리군에 비해 상대적으로 단맛과 신맛이 높게 평가되었으며 이취 발생은 낮게 평가되었다. 물세척 처리군과 피막제 처리군은 이취 발생, 단맛, 신맛 평가에서 서로 같은 평가를 받았지만, 감귤향 정도에서는 피막제 처리군이 물세척 처리군보다 높은 평가를 받았다. 하지만 이 두 처리군은 비선과군보다 단맛과 신맛의 정도가 낮았으며 이취의 발생 정도도 높게 나타났다(Fig. 10). 이러한 결과는 물세척 처리군과 피막제 처리군이 선과 단계에서 세척과 코팅 처리 후 건조 단계에서 발생하는 주변 온도 상승으로 호흡 작용이 활성화되었기 때문이다(Fig. 2, Fig. 4). 즉 과실의 호흡 작용의 증가는 과실 내 혐기적인 조건을 형성하기 쉬우며, 이는 과실 내에 acetaldehyde나 alcohol 성분의 발생과 축적이 이루어져 풍미에 영향을 줄 수 있다. 그리고 세척처리군 사이에 가용성고형물 함량이 저장 기간 동안 유의성을 보이지 않았지만(Fig. 3), 산 함량의 감소 효과로 인해 실제 관능 평가에서 느껴지는 단맛의 정도도 물세척 처리군이나 피막제 처리군이 비선과군보다 낮게 평가되었다.

앞서의 물세척 처리군과 피막제 처리군에서는 호흡량의 증가로 CO₂의 발생량이 늘어나고, 산 함량 감소폭이 높은 결과를 보인 것처럼, 저장 30일에서의 관능 평가에서도 이러한 영향을 확인할 수 있었다. 신맛의 감소 정도는 물세척 처리군과 피막제 처리군에서 2점으로 평가되면서 비선과군의 3점보다 낮았으며, 이는 감귤의 신선한 느낌을 감소시키는 것으로 생각된다.

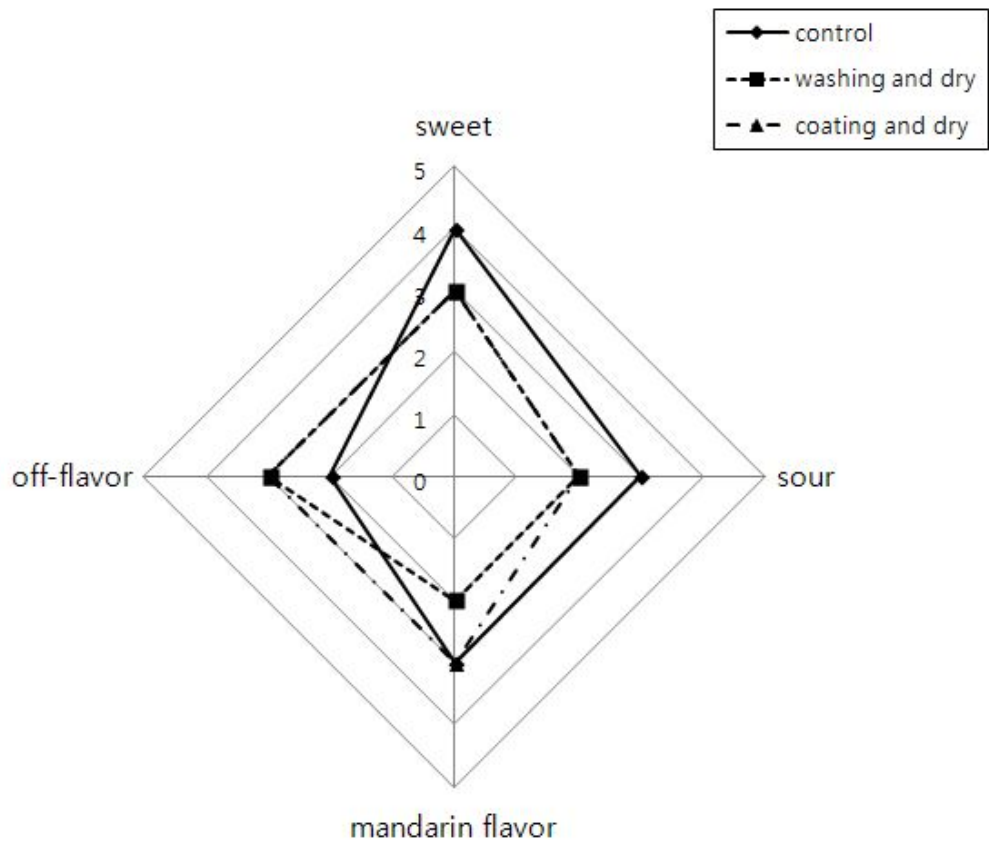


Fig. 10. Sensory attributes of Satsuma mandarin treated with different fruit sorting processes after storage of 30 days.

IV. 요 약

농산물산지유통센터(APC) 선과장에서 운영하는 비과피자동선과기에서 선과 공정 중 물 세척 또는 피막제 처리하여 건조한 후 선과한 감귤을 10℃에서 저장하면서 품질변화를 측정하였다. 호흡량을 확인하기 위해 과실 내 CO₂ 함량을 분석한 결과, 선과하지 않은 감귤의 경우 초기 32.6 ml/kg·h에서 지속적으로 감소하여 저장 40일에는 16.8 ml/kg·h 까지 낮아졌으며, 물 세척 건조군과 피막제 처리 건조군에서는 초기 각각 42.1 ml/kg·h과 47.2 ml/kg·h에서 저장 40일이 경과하면서 각각 21.9 ml/kg·h과 20.6 ml/kg·h 까지 감소하였다. 저장 40일 동안 물 세척 건조군과 피막제 처리 건조군의 CO₂ 함량은 선과하지 않은 감귤보다 지속적으로 높게 나타났다. 총산 함량은 물 세척 건조군과 피막제 처리 건조군이 초기 각각 0.86%와 0.86%에서 저장 40일 이후 각각 0.58%와 0.60%까지 크게 감소하였다. 부패율은 물 세척 건조군과 피막제 처리 건조군에서 저장 40일 후에 각각 21%와 24%로 선과하지 않은 감귤보다 약 3배 높게 나타났다. 저장 30일 후에 감귤의 관능평가를 실시한 결과 호흡량과 CO₂ 발생량이 높았던 물 세척 건조군과 피막제 처리 건조군은 선과하지 않은 과실에 비하여 단맛과 신맛 정도가 낮게 평가되었으며, 이취의 발생 정도도 높게 평가되었다. 따라서 감귤의 자동 선과 단계에서 이루어지는 외부 충격과 건조 처리는 과실의 품운을 상승시켜 유통되는 감귤의 내·외부 품질에 악영향을 미칠 수 있는 것을 확인하였다.

V. 참고문헌

1. Kim DM. Studies on standards of agricultural fresh produces. Korea food research institute. (2002)
2. Association of Jeju citrus. Analysis of Citrus Distribution and Marketing. Association of Jeju Citrus. (2013)
3. Lina Mayuoni, Zipora Tietel, Bhimanagouda S. Patil, Ron Porat. Does ethylene degreening affect internal quality of citrus fruit?. *Postharvest Biol. Technol.* 62:50-58 (2011)
4. Ed Echeverria, Mohamed Ismail. Changes in sugars and acids of citrus fruits during storage. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 100:50-52 (1987)
5. Aharoni, Y. Respiration of oranges and grapefruit harvested at different stages of development. *Plant Physiol.* 43:99-102 (1968)
6. Barry, C.S., Giovanoni, J. Ethylene and fruit ripening. *J. Plant Growth Regul.* 26:143-159 (2007)
7. Matsumoto, H., Ikoma, Y., Kato, M., Nakajima, N., Hasegawa, Y. Effects of postharvest temperature and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice sacs of Satsuma mandarin(*Citrus unshiu* Marc.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 60:75-82 (2011)
8. Kim YH, Kim CM, Chung SK. Effects of ridge-up bed cultivation on the fruit quality of Satsuma mandarin('Miyagawa Wase') in a plastic flim house. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18:599-604 (2000)
9. Moon YE, Kim YH, Kim CM, Kho SU, Kim HY. Effects of partial mulch using porous water proof sheet on the fruit quality of very early-maturing Satsuma mandarin. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(3):199-202 (2003)
10. Lee HH, Hong SI, Son SM, Kim DM. Storage quality of early harvested Satsuma mandarin as influenced by hot air treatment. *Kor. J. Food Proserv.* 11(3):304-312 (2004)
11. 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)
12. Pervin Kinay, Figen Yildiz, Fatih Sen, Mehmet Yildiz, Ismail Karacali.

- Integration of pre- and postharvest treatments to minimize *Penicillium* decay of Satsuma mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 37(1):31-36 (2005)
13. Mahmond Ghasemnezhad, Ken Marsh, Rebecca Shilton, Mesbah Babalar, Allan Woolf. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in 'Satsuma' mandarins: Antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and Pyrophosphatase. *Postharvest Biol. Technol.* 48(3):364-371 (2008)
 14. Lee SH, Adel A. Kader. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20:207-220 (2000)
 15. Biolatto A, Salitto V, Cantet R.J.C. , Pensel N.A. Influence of different postharvest treatments on nutritional quality of grapefruits. *Swiss society of Food Science and Technology.* 38:131-134 (2005)
 16. Takao Murata. Studies on the postharvest physiology and storage of citrus fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 46(2):288-287 (1997)
 17. 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)
 18. Davis PL, Roe B, Bruemmer JH. Biochemical change in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. *J. Food Sci.* 38:225-229 (1973)
 19. Zipora Tietel, Efraim Lewinsohn, Elazar Fallik, Ron Porat. Importance of storage temperatures in maintaining flavor and quality of mandarins. *Postharvest Biol. and Technol.* 62:175-182 (2012)
 20. Qing Li, Fuwang Wu, Taotao Li, Xinguo Su, Guoqiang Jiang, Hongxia Qu, Yueming Jiang, Wuewu Duan. 1-Methylcyclopropene extends the shelf-life of 'Shatanju' mandarin(*Citrus reticulata* Blanco) fruit with attached leaves. *Postharvest Biol. and Technol.* 67:92-95 (2012)
 21. Lee SH, Kim HS, Cho SW, Lee JS, Koh JS. Quality properties of hallabong tangor(*Citrus kiyomi* × *ponkan*) cultivated with heating. *Korean J. Food Preserv.* 13:536-542 (2006)
 22. Kim HS, Lee SH, Koh JS. Physicochemical properties of hallabong tangor(*Citrus kiyomi* × *ponkan*) cultivated with heating. *Korean J. Food Preserv.* 13:611-615 (2006)
 23. Jade W. Grosser, Frederick G. Gmitter, Jr. Somatic hybridization of *Citrus*

- with wild relatives for germplasm enhancement and cultivar development. Hortscience. 25(2):147-151 (1990)
24. Ko SB. A study on the technology evaluation of development of new variety of citrus. Korea academia-industrial cooperation society. (2011)
 25. Nam GW, Kwon HM, Kim GS. Effect of pretreatment conditions of temperature and weight reduction on the storability for long-term storage of Satsuma mandarin. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(4):335-339 (2002)
 26. Lee JH. Study on reduction of acidity of Satsuma mandarin by heat treatment. Jeju national university. (2011)
 27. Kim BS, L HJ, Park HW, Cha HS. Effect of respiration and transpiration rates on the weight loss of various fruits(peach, apple, pear, persimon, mandarin). Korean J. Food Preserv. 10(2):142-146 (2003)
 28. Lee JH, Ahn HJ, Lee SE, Choi YH, Lim BS. Changes in quality characteristics of 'Setoka'(Citrus spp.) using different storage methods. Korean J. Food Preserv. 16(5):644-649 (2009)
 29. Alisdair R Fernie, Fernando Carrari, Lee J Sweetlove. Respiratory metabolism: glycolysis, the TCA cycle and mitochondrial electron transport. current opinion in plant biology. 7(3):254-261 (2004)
 30. Bruemmer JH, Roe B. Post-harvest treatment of citrus fruit to increase Brix/acid ratio. Proc. Florida State Hort. Soc. 82:212-215 (1969)
 31. Takao Murata. 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)
 32. Plaxton W. The organization and regulation of plant glycolysis. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 47:185-214 (1996)
 33. Rolland F, Moore B, Sheen J. Sugar sensing and signaling in plants. Plant Cell 14(suppl.). S185-S205 (2002)
 34. Veramendi J, Fernie AR, Leise A, Willmitzer L, Trethewey RN. Potato hexokinase 2 complements transgenic *Arabidopsis* plants deficient in hexokinase 1 but does not play a key role in tuber carbohydrate metabolism. Plant Mol. Biol. 49:491-501 (2002)
 35. Fernie AR, Tauberger E, Lytovchenko A, Roessner U, Willmitzer L, Trethewey Rn. Antisense repression of cytosolic phosphoglucomutase in potato(*Solanum tuberosum*) results in severe growth retardation, reduction

- in tuber number and altered carbon metabolism. *Planta*. 214:510–520 (2002)
36. Westram A, Lloyd JR, Roessner U, Riesmeier JW, Kossmann J. Increase of 3-phosphoglyceric acid in potato plants through antisense reduction of cytoplasmic phosphoglycerate mutase impairs photosynthesis and growth, but does not increase starch contents. *Plant Cell Environ*. 25:1133–1143 (2002)
 37. Miyamoto Kumi. Studies on internal quality control of Satsuma mandarin fruits by near infrared spectroscopy in a packing house. Jeju national university press. (2006)
 38. Lola Lucas, Kaye Ferguson, Nancy Cunningham, Peter Taverner. Decay survey of citrus packingsheds in the riverland, sunraysia and riverina. (2006)
 39. Walter Reuther, E. Clair Calavan, Gleen E. Carman. The citrus industry(volume V), Biology of citrus insects, mites, and mollusks; chemical control; postharvest disorders and diseases; citrus replant problems; citrus research in california. (1989)
 40. Domingo J. Iglesias, Manuel Cercos, Jose M. Colmenro-Flores, Miguel A. Naranjo, Gabino Rios, Esther CARRERA, Omar Ruiz-Rivero, Ignacia Lliso, Raphael Morillon, Francisco R. Tadeo, Manuel Talon. Physiology of citrus fruiting(review). *Braz. J. Plant Physiol*. 19(4)333–362 (2007)
 41. Maria L. Tarazaga, Maria B. Gago, Kevin Goodner, Anne Plotto. A new composite coating containing HPMC, beeswax, and shellac for ‘Valencia’ oranges and ‘Marisol’ tangerines. *Proc. Fla. State Hort. Soc*. 120:228–234. (2007)
 42. James saunt. Citrus varieties of the world(2nd edition). Sinclair international limited. (2000)

감사의 글

좋은 결실을 맺기 위해서는 많은 관심과 노력이 필요하다는 것을 새삼 느끼게 되었습니다. 저도 부족하지만 조그만 결실을 맺게 되어 저에게 많은 도움을 주신 분들께 감사드리고 싶습니다.

감귤의 수확 후 관리에 대한 연구를 시작하면서 저의 부족함을 많이 느끼게 되었으며, 이러한 저를 위해 식품공학과 대학원을 추천해주시고 저를 받아주신 최영훈 박사님과 임상빈 교수님께 먼저 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 항상 발전하는 연구자의 자세와 자기 실천의 중요성을 강조하시는 최영훈 박사님 덕분에 인생의 목표와 연구 방향을 정립할 수 있었습니다. 감사드립니다. 그리고 저를 위해 많은 가르침과 조언을 해주신 임상빈 교수님께 깊이 감사드립니다. 항상 격려해주시고 이끌어주신 교수님 덕분에 여기까지 올 수 있었습니다. 앞으로 더욱 훌륭한 제자가 될 수 있도록 노력하겠습니다. 그리고 항상 따뜻한 관심과 조언을 해주신 하진환 교수님과 기꺼이 논문 심사와 내용을 수정해주신 박은진 교수님께 감사드립니다.

감귤시험장에서 일하면서 저를 위해 많은 배려를 해주시는 김광식 연구관님, 저에게 많은 도움과 격려를 해주신 김상숙 박사님, 박석만 연구사 모두 감사드립니다. 그리고 감귤이용소재연구실에서 도움을 주시는 신혜식, 김은희, 오인선, 현주미 선생님들께 감사드립니다.

저를 위해 제주도까지 시집와서 행복하게 살아가고 있는 고아라에게 감사의 말을 전합니다. 고아라와 우리 별동이 덕분에 즐겁고 행복한 삶을 만들어 가고 있습니다.

그리고 고향에 계시는 사랑하는 어머님께 대학원 졸업 소식과 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

2013년 12월

박 경 진