GOVP1200134294

(19th)

664.80431
L2937

최 종
연구보고서

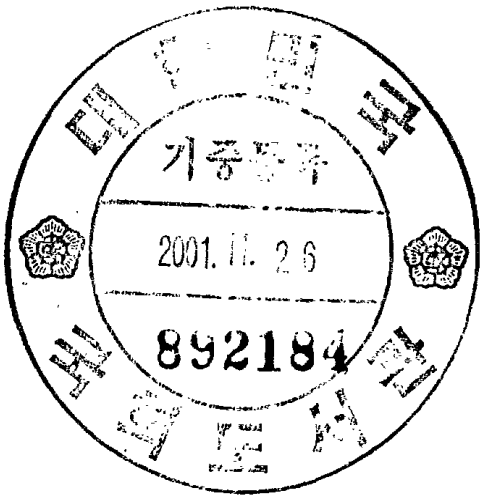
감귤저장의 실용화 기술개발

Developments of Citrus Storage Technology

연구기관

제주대학교

농 림 부


대한민국특허청
기증등록
2001. 11. 26
892184

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 '감귤저장의 실용화 기술개발' 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 11. 15

주관연구기관명 : 제주대학교

총괄연구책임자 : 고 정 삼

연 구 원 : 이 상 백
고 영 환
강 창 희
현 공 남
김 봉 찬
송 은 영
김 유 경

여 백

요 약 문

I. 제 목

감귤저장의 실용화 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구는 저장감귤의 특성, 저장전 처리조건, 최적저장조건 등을 포함하는 감귤저장의 실용화 기술을 개발하는데 있었다. 또한, 수확 후 감귤 생리현상의 구명을 위하여 생화학적 접근을 통한 기초연구도 병행하였다. 제주감귤산업을 육성하기 위해서는 저장기술 개발을 통한 출하물량의 분산기능과 출하조정기능의 강화가 불가피한 실정이다.

또한, 제주감귤의 연중공급체제를 확립하기 위해서는 월동 후 완숙과의 출하를 포함하여 저온저장의 확대를 통하여 시설감귤이 출하되기 전까지 온주밀감을 공급하며, 만감류의 저온저장 기술개발을 통하여 감귤공급의 다양화가 필요하다. 본 연구는 이에 따른 저장기술 개발을 통하여 감귤의 공급체제를 효율화함으로써 제주감귤산업을 육성하는데 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

1) 저장용 감귤의 특성과 저장전 처리기술

2) 저장감귤의 품질 저하를 유발하는 물리화학적 및 생화학적 분석을 통한 품질저하 요인을 해명

3) 감귤의 선도유지를 위한 최적저온저장조건의 설정

4) 감귤의 MA 저장

5) 저장 중 감귤부패의 증상과 방제법

6) 감귤저장의 경제성 분석

7) 저장기술을 중심으로 한 제주감귤산업에 대한 종합적인 기술서를 발간하고 이의 보급을 통한 기술파급효과의 극대화

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과 요약

저장감귤의 품질특성, 수확 후 생리작용에 의한 감귤의 생화학적 변화, 저장전처리가 감귤품질에 미치는 영향, 저장조건에 따른 감귤품질의 변화 등에 대한 실험을 수행하였으며, 이에 따른 연구결과의 요약은 다음과 같다.

1) 1999년산 감귤은 생육기간 중 기상조건이 매우 나빠 병해충과에 의한 비상품감귤의 발생비율이 42.1~46.2%로서 매우 높았다. 조생온주밀감의 경우 11월 중순이후 착색이 되는 것을 기준으로 이루어지고 있으며, 미숙과가 비상품과 중 11.4~14.6%에 이르렀다. 2000년도는 해거리 현상에 따른 흉작년도이며, 소과로서 비상품과는 없었으며 상대적으로 대형과는 11.0%로서 감귤의 비대(肥大) 현상이 뚜렷하였다. 풍상과와 병해충과의 비율은 24.6%이었다. 미숙과의 비율이 25.9%로서, 상온저장을 위하여 완전히 착색되기 이전에 생산농가에서는 수확을 하고 있음을 알 수 있었다. 저온저장의 효과를 높이기 위하여 수확시기를 늦추는 일이 필요할 것으로 판단되었다.

2) 제주지역에서 생산되는 대표적인 감귤품종인 궁천조생 온주밀감에 대한 품질에

관여하는 물리화학적인 특성을 감귤원의 고도별 및 생산지역별로 12월 초순에 채취하여 분석하였다. 가용성고형물의 분포는 해안 지역(해발 100 m 이하)에서 9.32~12.50°Brix이었으며, 중산간 지역(해발 150 m 이상)에서는 10.23~12.17°Brix로서 일반적으로 고도가 낮은 지역에서 생산된 감귤이 당도가 높았으며 지역간에도 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 생산지역과 고도별, 그리고 생산연도에 따라 감귤품질에 차이가 발생하여 저장감귤의 선택, 저장조건과 저장기간을 고려하는 일이 경제성 있는 감귤저장이 이루어질 수 있을 것으로 보인다.

3) 감귤의 성숙과 저장 중에 일어나는 연화(softening)가 품질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 궁천조생 온주밀감을 3℃, 85% RH에서 저장하면서 저장 중 경도, 펙틴분해효소의 활성 등의 변화를 측정하였다. 세포벽 분해효소인 exo-polygalacturonase의 경우 저장 90일까지 과피에서는 326.0 units/100 g에서 534.9 units/100 g까지로, 과육에서는 63.1 units/100 g에서 81.0 units/100 g까지로 증가를 하다가 그 후 저장 150일까지 각각 394.0, 38.0 units/100 g으로 감소하는 경향이었다. pectinesterase 활성은 저장 60일까지 과피에서는 14.4 μmol에서 38.8 μmol까지로 증가하다가, 그 이후에 6.0 μmol로 크게 감소하는 경향이었다. 과육에서는 저장 60일까지 26.0 μmol에서 39.0 μmol까지로 증가를 하다가 8.2 μmol로 크게 감소하는 경향이었다.

4) 제주산 만감류인 청견의 저장 중에 일어나는 연화(softening)가 품질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 3℃, 85% RH에서 저장하면서 저장기간에 따른 경도, 펙틴분해효소 활성의 변화를 측정하였다. 세포벽 분해효소인 exo-polygalacturonase의 경우 과피에서 저장 150일에 558.09 units/100 mg로 조금 증가하는 경향이었다. 과피와 과육에서의 pectinmethylesterase는 각각 14.7 units/g에서 2.3 units/g까지로, 9.4 units/g에서 2.7 units/g까지로 각각 감소하였다. endo-polygalacturonase인 경우 저장기간 중 과피와 과육에서 각각 0.5%에서 0.4%까지로, 0.5%에서 0.3%까지로 뚜렷한 변화가 없었다.

수확 후 저장기간 중 온주밀감이나 청견의 지속적인 생리적 현상에 의하여 조직의 연화(softening)가 일어나며, 이는 저온저장을 통하여 저장기간을 다소 연장할

수 있다. 그러나 저장감귤의 특성에 따라 지나치게 출고시기를 지연시키지 않는 일이 중요한 요인으로 판단된다.

5) 온주밀감의 저장기간 중 부패율은 2월 중순부터 상온 및 저온저장에서 무처리에 비하여 2000배 희석한 베프란 용액, 0.5% $CaCl_2$를 함유한 1.5% 키토산 용액을 처리한 감귤이 부패과 발생이 매우 낮았다. 또한, 키토산을 처리한 감귤에서 중량감소도 적게 나타나, 증산작용을 억제하는 효과가 있는 것으로 여겨졌다. 저장기간 중 가용성고형물 함량은 무처리에 비하여 키토산을 처리한 것에서 약간 높게 나타났으나 그 유의성이 없었다. 산 함량은 상온저장에 비하여 저온저장에서 감소되는 폭이 적었으며, 처리간에 일정한 경향을 볼 수 없었다.

따라서 키토산과 Ca 처리로 부패율과 중량감소를 줄일 수 있어서 농약 등 화학물질에 의한 부패미생물의 제어를 천연물질로 대체할 수 있을 것으로 판단되었다.

6) 감귤의 저장최적화를 위하여 저장전 처리조건을 달리하고, 농가의 저장고를 비롯한 저장고 형태에 따라 각각 저장하면서 저장 중 품질변화를 측정하여 저장조건을 설정하였다. 저장전 키토산과 칼슘제 처리가 부패율을 줄일 수 있어서 농약 등의 화학물질을 대체할 수 있을 것으로 보였다. 저장고의 크기별 저장효과는 온도와 습도조절이 가능하고, 저장고 내에 온도편차가 적을수록 저장효과가 컸다. 앞으로는 품질유지를 위한 감귤저장은 현재의 상온저장에서 점차 저온저장체제로 전환하는 일이 필요한 것으로 판단된다.

7) 온주밀감, 월동온주밀감, 청견 대한 MA 저장효과를 검토하기 위하여 포장재료로 LDPE가 사용되었고, 포장재의 두께, 항균제의 포함 여부, 구멍의 유무, 키토산 처리에 따른 저장효과에 차이가 있었다. LDPE 포장의 두께와 유공여부는 세 품종 모두에서 부패율에서는 변화를 주지 않았고, 항균 세라믹을 포함하는 LDPE는 LDPE보다 낮은 부패율을 보였다. LDPE 포장은 중량감소를 줄여 부피과의 발생을 방지하였다. 필름두께와 항균제는 중량감소에 영향이 없었고, 유공은 3.0 wt% 정도의 중량감소만 발생하여 무포장과의 8 wt%에 비하여 훨씬 낮은 중량감소를 보였다. 무공포장은 0.05% 이하의 중량감소가 있었다. MA포장은 감귤의 품질에는

영향을 주지 않았다.

8) 감귤저장 중에 발생하는 대표적인 부패균의 증상과 진단방법, 그리고 방제법을 조사하여 정리함으로써 실제 응용에 도움을 주었다.

9) 감귤저장 중 부패를 지연시키기 위한 방법으로 항균성이 있는 것으로 알려진 감귤정유, 키토산, 목초액을 시료로 사용하여 감귤저장 중 부패미생물에 미치는 영향을 조사하였다. 또한, 온주밀감의 저장 중 나타나는 부패관련 미생물에 대하여 조사하였다.

제주산 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc. var. *okitsu*)의 껍질로부터 정유성분을 분리하기 위하여 세 종류의 서로 다른 방법을 사용하였고, 그 중에서도 연속증류추출법이 용매추출법이나 저온압착법에 비해서 높은 1.14%(w/w)의 수율을 나타냈다. 감귤정유 구성성분 중에서 d-limonene이 주요 성분으로 전체 구성분의 약 68.69%를 차지하였다. 이외에 γ-terpinene, β-elemene, farnesene, hexadecanoic acid, α-pinene, β-myrcene 그리고 linalool 등이 각각 7.75, 2.96, 2.29, 1.76, 1.63, 1.56 그리고 1.46%씩 함유되어있었다.

부패감귤로부터 분리된 사상균 및 *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* 세균에 대한 감귤정유의 항균효과를 조사하였다. 공시된 모든 사상균 및 세균에 대해서 항균효과를 나타내었다. 감귤정유는 살균력을 보유하고 있음이 분명하였으나, 실제로 감귤저장에 적용하였을 때는 부패억제 효과가 나타나지 않아서 처리 또는 적용방법에 문제가 있는 것으로 보인다. 반면에 감귤목초액과 키토산은 감귤부패의 억제에 다소 효과가 있는 것으로 나타났으나, 실질적인 적용을 위해서는 서로 다른 여러 환경에서의 보다 구체적인 실증실험이 요구된다. 감귤의 저온 또는 상온(겨울철 제주도의 기온) 저장 중에 나타나는 미생물은 주로 *Penicillium italicum*, *P. digitatum*, *Alternaria citri*, *Fusarium* sp., *Sclerotinia* sp., *Phytophthora* sp., *Galactomyces citri*, stem-end rot 원인균 등이었다.

9) 노지 온주밀감 생산농가 수준에서 수확 후 저장방법을 상온저장에서 저온저장 기술을 도입하는 경우의 경제성을 평가하였다. 평가는 사업기간 동안의 저온저장

기술의 도입에 따른 추가적인 편익-비용(B/C)을 분석하는 기법을 이용하였으나, 저온저장 밀감의 시장가격 평가가 곤란하여 추가적인 투자 및 관리비용의 현재가치를 최소한 달성하기 위한 저온저장 온주밀감의 가격상승 필요치를 추정하였다.

분석결과 할인율 5% 수준과 저장기간 11월~3월의 경우 상온저장 감귤에 비하여 판매가격이 오히려 133원/kg 낮게 형성되더라도 저온저장의 최소한의 수익성이 확보되는 것으로 나타났다. 이는 저온저장에서 감모률이 현격하게 감축되고 적정 저장용량이 크게 증가한 것에 기인하였다. 그러나 이 분석에서는 저장 후 출하-유통에 있어서 발생할 수 있는 추가적인 비용은 고려하지 못하였다.

10) 제주감귤의 역사와 현황, 감귤품종, 감귤생산과 소비, 감귤의 성분, 감귤의 품질평가, 감귤의 수확, 선과와 검사, 감귤저장, 감귤가공, 감귤산업의 지속적 발전 등을 내용으로 하는 '감귤산업'이라는 종합기술서를 발간하였다. 특히 본 연구를 통하여 얻어진 감귤저장에 대한 실증실험 결과 등을 정리함으로써, 감귤저장의 실제를 관련분야에 기술을 보급할 수 있는 계기가 되었다. 특히 일간지 3회, 제주MBC라디오에 각각 소개됨으로써 홍보효과를 높였다.

2. 결 론

최적저장조건은 품종, 형질, 재배지역, 수확시기, 생산연도 등에 따라 항상 일정하다고 할 수 없다. 따라서 어떤 감귤을 저장하는지가 가장 중요하며, 저장 전에 저장감귤의 형질을 정확히 파악하여 저장조건이나 저장시기를 조정할 필요가 있다. 경우에 따라서는 출하시기를 구분하여 저장하는 것이 바람직하다. 이를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

저장감귤 : 장기간 저온에서 저장할 경우 결점과가 없는 중간 크기의 품질이 좋은 완숙한 감귤만을 선별적으로 수확하여 저장감귤로 한다. 수확 전에 키토산, Ca 제제와 항균제를 처리하는 경우 저장 중 착색에 도움이 되며, 부패과를 줄일 수 있다.

↓

저장전 처리 : 병해과, 충해과, 결점과 등을 선별한 다음 저장상자에 넣어 6℃~10℃, 습도 80~85%에서 2~3주간, 또는 30℃에서 24~48시간동안 저장전 처리를 하

여 중량이 3~4% 감량이 되도록 한다. 이는 감귤껍질표면을 건조시켜 기공(氣孔)을 줄여 호흡작용과 증산작용을 억제할 수 있기 때문이다.

저온저장 : 저장고에 입고 후 급속히 품온(品溫)이 내려가지 않도록 1℃/시간 정도로 조절하면서 저장온도까지 낮춘다. 저장 중에는 2℃~5℃에서 습도를 85~90%로 유지해 주는 것이 좋다. 저장고 내의 여러 가지 조건에 따라 온도와 습도분포가 다르기 때문에 3℃, 85% RH를 기준으로 한다. 미숙과의 경우 1℃ 이하에서는 호반증 등 냉해(冷害) 증상이 일어나기 쉬워 저장온도를 높이고, 저장기간을 줄인다. 습도가 높을 경우에 비하여 낮은 습도에서는 중량감소가 많이 일어나지만, 비교적 저장에 안전하다.

저장관리 : 저장 중 최적 저장조건을 지속적으로 유지하도록 한다. 주기적으로 온도와 습도의 변화를 점검하고, 부패과는 제거해주는 것이 좋다. 저장기간 중 가격형성 등 시장동향을 파악하고, 저장감귤의 품질변화를 측정하면서 출고시기를 결정한다.

출 고 : 출고는 입고와 반대로 외기 온도와 같도록 서서히 온도를 높여주어 생리적 장애가 없도록 한다. 출고 후에는 저온유통체제(cold chain system)에 의해 판매하는 것이 바람직하다. 그러나 현실적으로 이를 지키기 어렵기 때문에 출고할 때의 온도 차이에 의하여 감귤 표면에 이슬이 맺히는 일이 없도록 하여 품질 저하를 방지한다. 선과(選果), 포장, 수송에 물리적 충격을 최소화할 수 있도록, 세심한 주의를 하도록 하여야 한다.

MA 저장을 위한 피막제의 사용이나 필름포장 등에 의한 저장은 단기간 저장에는 효과적이지만, 오랜 기간동안의 저장이나 대량 처리에 문제가 있는 것으로 판단된다. 농약 등 합성항균제의 사용은 초기 부패미생물의 수를 줄여 부패과의 발생을 억제할 수 있으나, 자연적인 분해로 장기저장에서는 저장 후기에 그 효과가 감소되었다.

저장고 형태별 저장실험결과, 저장고의 조건과 저장감귤의 입고 형태에 따라 저장기간 중 온도와 습도 분포가 달라져 저장효과에 차이가 있었다. 가능한 통기가 잘 이루어지도록 하여, 온도와 습도 분포가 일정하도록 유의해야 할 것이다. 가격동향을 고려한 출하시기의 결정은 감귤저장에 매우 중요한 요인으로 판단되며, 저장감귤은 출고 후 유통기간이 짧기 때문에 이에 따른 대비가 경제성을 유지하는데 필요한 요인이 된다. 출하감귤의 품질유지를 위하여 현재의 상온저장에서 점차 저온저장체제로 전환하는 일이 소비자의 구매패턴에 부응하는 일이며, 감귤소비 감

소를 줄일 수 있는 방법이 될 것이다.

3. 활용에 대한 건의

본 연구의 결과보고서를 포함하여 제주감귤을 소재로 한 수확 후 관리기술을 중심으로 전문기술서인 '감귤산업'을 최초로 발간하였다. 본 보고서의 일부 내용은 '감귤산업'에 포함시켰으며, 제주도를 비롯한 각 시군의 행정기관, 제주도농업기술원, 시군농업기술센터, 제주농업시험장을 중심으로 생산자단체, 생산농가, 저장관련 업체, 관련기관에 일부 배포하여 개발기술을 전파할 수 있도록 하였다.

관련기관에서는 이 기술서를 구입하여 생산농가와 저장관련 분야에 보급함으로써 감귤저장기술을 포함한 수확 후 관리기술의 전파로 연구결과의 파급효과를 높일 수 있다. 또한, 이 책에 기술된 내용을 감귤정책에 반영하고, 행정적 및 재정적 지원을 통하여 제주감귤산업 발전에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 이 책은 기술개발에 대한 단순한 연구보고서로서보다는 현장에서 기술응용을 위한 지침서로서의 역할이 기대된다.

농림수산식품부

SUMMARY

I. Title

Developments of Citrus Storage Technology

II. Objective

To optimize citrus storage, 1) citrus quality characteristics by producing areas and harvest periods, 2) pretreatment technology of stored citrus fruits, 3) changes in biochemical and physicochemical properties during storage of citrus fruits, 4) optimization of stored conditions, 5) MA storage of citrus fruits, and 6) economic evaluation of citrus storage were investigated.

III. Contents of study

1) Quality characteristics of stored citrus fruits, and pretreatment technology
2) Changes in biochemical and physicochemical properties during storage of citrus fruits
3) Optimization of stored conditions
4) MA storage of citrus fruits
5) Decay phenomenons by putrefactive microorganisms and prevention technology
6) Economic evaluation of citrus storage

7) Publication of technical book on the title of 'Citrus Industry, Post-harvest Science and Technology'

IV Results and application

1. Quality properties, size and defected fruits distribution of satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) on the citrus tree for the storage in 1999 and 2000, were investigated. It was recommended to harvest the fruits as possible as late in December for cold storage.

2. Quality characteristics of satsuma mandarin (*C. unshiu* Marc. var. *miyagawa*) harvested on the beginning of December according to production areas and sea level altitude of Jeju were investigated. Soluble solids and flesh ratio were ranged 9.32~12.50, 75.95~81.03% on citrus fruits harvested in orchards located below 100 m sea level altitude, and were 10.23~12.17, 77.35~80.29% on those over 150 m sea level altitude, respectively.

3. Satsuma mandarin was stored at 3℃ and 85% relative humidity, and then the changes of firmness, pectin-degrading enzymes activity and other physicochemical properties of citrus fruits during storage were investigated. Exo-polygalacturonase activity of peel and flesh were increased from 325.95 to 534.94 units/100 g, and from 63.14 to 80.99 units/100 g at 90day's storage, respectively. After then, the enzyme activities were decreased from 393.98 and 38.01 units/100 g, respectively. Pectinesterase activity of peel and flesh were increased from 14.4 to 38.8 μmol, and from 26.0 to 39.0 μmol at 60days' storage, respectively. After then, the enzyme activities were decreased to 6.0 μmol and 8.2 μmol, respectively.

4. Kiyomi tangor was stored at 3℃ and 85% relative humidity, and then the

changes of firmness, pectin-degrading enzymes activity and other physico-chemical properties of citrus fruits during storage were investigated. Exo-polygalacturonase activity of peel after 150 days' storage were increased gradually to 558.09 units/100 g. Pectinmethylesterase activity of peel and flesh were increased from 14.7 to 2.3 units/g, and from 4.7 to 1.4 units/g at 150 days' storage, respectively. Endo-polygalacturonase activities were not changed notably during storage.

5. During storage of satsuma mandarin(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*), both in cold and room temperature storage from the mid of February, pretreated with 2000-folds diluted iminoctadime-triacetate solution or 1.5% chitosan with 0.5% $CaCl_2$ solution, the citrus fruits were showed far lower decay ratio than the ones without treatment. Also, these chitosan treated citrus fruits showed less in weight loss, which seems that also has restraining effect of fruits' transpiration. Soluble solids were maintained higher level in chitosan treated fruits than without treatment during the storage, but it seemed meaningless. Acid contents were decreased gradually lower in cold than in room temperature storage, and there was not showed consistent trend among treatments. 26 kinds of free amino acids among 45 standards such as glutamic acid, threonine, serine, alanine γ-amino butyric acid, aspragine and etc were detected in *Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*. As the storage time was prolonged, free amino acid was disappeared more or less, and the decreasing extent was less in 4℃ than in room temperature storage.

6. In order to establish the optimization of citrus storage, changes of quality characteristics of citrus during storage, according to pretreated conditions and storage chamber type(warehouse) were investigated. Citrus fruits pretreated before storage with 1.5% chitosan and 0.5% $CaCl_2$ solution were showed far lower in decay ratio than the ones without treatment during storage. Precise

control of temperature and humidity in storage chamber were effective in prevention from decay of stored citrus.

7. The effects of MA storage for satsuma mandarin, overwintering satsuma mandarin and kiyomi tangor were investigated. LDPE was used as storage bag material and parameters such as a thickness, incorporation of antimicrobial agent to film and holes in bag were changed to evaluate the effect of the parameters. The surface of fruits was coated with chitosan to determine the effect of coating during MA storage. The thickness and holes of LDPE bags did not affect the decay ratio in three different fruits. LDPE film with ceramic antimicrobial agent showed slightly low decay ratio in satsuma mandarin. Chitosan coating lowered decay ratio about 50% with MA storage. LDPE storage decreased weight loss and prevented from delamination of fruits. The thickness and antimicrobial agent did not affect weight loss. LDPE bags with holes indicated about 3 wt% weight loss while fruits without bag showed 8 wt% weight loss. MA storage without holes showed less than 0.05 wt% weight loss. MA storage did not affect the qualities of fruits.

7. Decay phenomenons by putrefactive microorganisms during storage of citrus fruits were investigated. Main causes and symptoms, its putrefactive microorganisms, and prevention methods on decayed citrus were described.

8. Application of fungicides of biomaterial origin can be considered to delay putrefaction of citrus fresh fruits during storage. Citrus peel oils, chitosan and wood vinegar that have been known to have fungicidal activity were investigated for their effects on the storage of citrus fruits. The fungi observed during the storage of citrus fruits were identified.

Essential oils were isolated from the peel of mandarin (*Citrus unshiu* Marc. var. *okitsu*) cultivated in Jeju Island. Among three different isolation methods

investigated, simultaneous distillation and extraction gave higher yield 1.14%(w/w) than solvent extraction or cold expression. The relative content of d-limonene, the major constituent of citrus peel oils, was 68.69%(relative peak area, RPA). The other minor constituents were γ-terpinene, β-elemene, farnesene, hexadecanoic acid, α-pinene, β-myrcene and linalool in the decreasing order of their own contents of 7.75, 2.96, 2.29, 1.76, 1.63, 1.56 and 1.46%(RPA). Growth-inhibitory activity of citrus oils against several molds isolated from putrefied citrus fruits were investigated. When the mold spores were exposed to citrus oils by direct contact, no spore could survive. The fungicidal activity of citrus oils was also confirmed by paper disk method and microscopic observation. Citrus oils also had bacteriocidal activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. These data suggested that citrus oils had broader killing activity against microorganisms.

Even though citrus peel oils showed obvious fungicidal activity, no effect of decreasing rot was observed when they were applied to on-site model experiment of storage. It suggested that there could be an error in experimental design or oil application. Meanwhile both wood vinegar from citrus trees and chitosan showed more or less positive effects on repression of fruit decay. But more detailed and decisive experiments under several different situations are required prior to industrial applications.

Most of the microorganisms observed during the storage of citrus fruits at cold temperature or room temperature(that is, atmosphere temperature of winter season in Jeju Island) were *Penicillium italicum, P. digitatum, Alternaria citri, Fusarium* sp., *Sclerotinia* sp., *Phytophthora* sp., *Galactomyces citri* and fungi causing stem-end rot.

9. An economic evaluation was carried out on the transformation of satsuma mandarin storage technique from the room temperature storage to the cold

storage at the farm level. The method of benefit/cost analysis was basically adopted for the evaluation. Since data of market price for the cold storage satsuma mandarin are not available, the level of minimum additional change in selling price that is required in order to equate to the total present value of the flow of additional investment and operation costs occurred from the introduction of cold storage technique during the programmed period. The result of evaluation shows that, at the discount rate of 5%, and assuming the period of cold storage being from November to March, even the lower price of cold storage satsuma mandarin by 133 Won/kg than the average selling price, 1,188 Won/kg, of room temperature storage mandarin at March 2000, could compensate the additional costs. This result of the utmost high profit from cold storage is due mainly to the very large decrease in the total loss rate and a large increase in the optimal storage volume.

10. The technical book on the title of 'Citrus Industry, Post-harvest Science and Technology' was published.

CONTENTS

Summary in Korean 3

Summary in English 11

Contents 16

Chapter 1. Introduction 23

Chapter 2. Quality properties and distribution of satsuma mandarin for storage 28

Chapter 3. Quality characteristics of satuma mandarin by harvest areas and sea level altitude in Jeju 34

Chapter 4. Changes in pectin-degrading enzymes activity during storage of satsuma mandarin 46

Chapter 5. Changes in pectin and pectin-degrading enzymes activity during storage of kiyomi tangor produced in Jeju 59

Chapter 6. Effect of chitosan and calcium treatments on the quality changes of satsuma mandarin during storage 78

Chapter 7. Changes in physicochemical properties by pretreatments and chambers for optimization of citrus storage 91

Chapter 8. MA storage of citrus fruits 129

Chapter 9. Diagnosis and prevention from decay during storage of citrus fruits 142

Chapter 10. Fungicidal activity effect of citrus peel oil, chitosan, wood vinegar on storage of citrus fruits 156

Chapter 11. Economic evaluation of citrus storage 176

목 차

요약문 3

Summary 11

목 차 19

제 1 장 서 론 23

제1절 연구배경 23

제2절 연구개발의 목적과 범위 25

제3절 기술적인 측면에서의 연구개발 필요성 25

제4절 경제 산업적 측면에서의 필요성 26

제5절 사회 문화적 측면에서의 필요성 27

제6절 인용문헌 27

제 2 장 감귤의 분포조사와 저장감귤의 특성

제1절 서 설 28

제2절 재료 및 방법 28

제3절 결과 및 고찰 29

제 3 장 생산지역과 고도별 궁천조생 온주밀감의 품질특성

제1절 서 설 34
제2절 재료 및 방법 35
제3절 결과 및 고찰 36
제4절 참고문헌 44

제 4 장 온주밀감의 저장 중 성분과 펙틴분해효소의 변화

제1절 서 설 46
제2절 재료 및 방법 47
제3절 결과 및 고찰 50
제4절 참고문헌 57

제 5 장 제주산 만감류 청견의 저장 중 성분과 펙틴분해효소 활성의 변화

제1절 서 설 59
제2절 재료 및 방법 60
제3절 결과 및 고찰 63
제4절 참고문헌 76

제 6 장 키토산 및 칼슘처리가 온주밀감 저장 중 품질에 미치는 영향

제1절 서 설 78
제2절 재료 및 방법 79
제3절 결과 및 고찰 80
제4절 참고문헌 89

제 7 장 저장 최적화를 위한 저장전 처리조건 및 저장고 형태별 감귤 저장 중 품질변화

제1절 서 설 91
제2절 재료 및 방법 91
제3절 결과 및 고찰 94
제4절 참고문헌 127

제 8 장 감귤의 MA저장

제1절 서 설 129
제2절 재료 및 방법 130
제3절 결과 및 고찰 131

제 9 장 감귤의 수확 후 저장 중 부패미생물의 진단과 방제 142

제 10 장 감귤저장에 미치는 감귤정유, 키토산, 감귤목초액의 항균성

제1절 서 설 156

제2절 재료 및 방법 157

제3절 결과 및 고찰 161

제4절 참고문헌 174

제 11 장 감귤저장의 경제성 분석

제1절 서 설 176

제2절 경제성 분석의 대상과 분석방법 176

제3절 저온저장기술 채택에 따른 추가적인 비용과 수익 178

제4절 저온저장의 경제성 검토 185

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경

제주농업에서 차지하는 비중이 가장 큰 감귤산업은 온주밀감 중심의 과잉생산구조로 최근 연평균 생산량이 60만 톤에 이르면서[1] 처리난을 겪고 있으며, 이로 인한 가격하락으로 개별 농가소득이 감소하였다. 1997년 7월부터 감귤의 수입자유화가 실시되면서부터 더욱 어려움을 겪고 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 제주지역의 감귤산업은 생산적 측면만을 강조하는 것보다는, 유통체제 개선과 더불어 수확 후 물량조절 기능을 강화해 나가야 할 분야가 중요한 연구과제로 대두되고 있다. 이는 소득증대에 따라 점차 고품질 과일 소비가 증가함에 따라 신선도 유지가 중요한 요인으로 작용하고 있어서, 수확 후 관리기술(post-harvest technology) 개발을 통한 환경보존형 농업체계를 강화할 필요가 커지고 있기 때문이다.

제주산 온주밀감의 소비를 안정화시켜 농가의 안정된 생산기반을 확립하기 위하여 제시되고 있는 감귤산업의 종합적인 방안으로서는, 다음과 같은 분야를 들 수 있다.

1) 품종육종을 비롯한 고품질의 감귤 생산기술 개발을 꾸준히 추진
2) 실용적인 품질평가 방법을 확립하여 감귤품질에 따른 규격화로 소비자의 신뢰를 바탕으로 소비안정을 유도
3) 신선도를 유지할 수 있는 저온저장 기술의 확립과 그 응용을 통한 물량조절 기능을 강화
4) 감귤가공 처리를 확대
5) 유통체제의 개선[2]

이들 모두가 해결되어야 할 과제이지만, 선결되어야 할 분야는 현재 조성되어있

는 제주감귤산업에 있어서 국제경쟁력을 갖추기 위하여 개선효과가 큰 분야가 될 것이다. 제주감귤산업에 있어서 지금까지 소외되어왔던 소비자의 기호에 알맞은 품질이 유지된 감귤을 장기간 공급함으로써, 물량조절을 이룰 수 있는 저온저장 기술의 확립과 실용화는 더욱 시급한 일이 될 것이다.

감귤의 저온저장 기술개발은 일본에서 많은 연구[3]가 이루어진 반면에, 국내에서는 저자 등이 수행한 연구결과를 제외하고는 거의 없다. 일본산과 감귤특성이 다른 상태에서 외국에서 수행된 연구결과를 그대로 적용하는데 많은 문제점이 제기되었을 뿐만 아니라, 기존 저온저장고에서의 응용에 시행착오를 겪어 많은 손실을 가져오기도 하였다. 제주지역에는 생산자단체를 중심으로 많은 저온저장고가 신축되었고 장기적으로 더 많은 저장고를 확충하려는 계획이어서[4], 이를 적극적으로 활용해야 할 시점에 와 있는데도 불구하고 농산물 저장기술이 확립되어 있지 않아 이에 대한 연구의 필요성이 요구되고 있다.

지금까지의 감귤저장은 주로 생산농가의 간이창고에서 상온저장을 하여왔다. 상온저장은 저장고의 환경과 저장조건에 따라 다소 차이가 있지만, 2월 중순까지는 어느 정도 상품성을 유지할 수 있다. 그 이후 외기 온도의 상승으로 인하여 부패과의 증가는 물론 호흡작용, 증산작용 등 감귤의 생리활성이 급속히 증가하면서 상품성을 유지하기 어려워 품질이 떨어진 상태에서 출하되고 있다. 수입자유화에 따라 품질이 떨어진 감귤의 소비가 제한된다고 할 때, 품질을 유지하기 위하여 저온저장 체계의 확립은 필연적이라고 여겨지며, 국내에서 생산되는 감귤특성에 알맞은 저장기술이 확립되어야 한다.

본 연구에서는 저장감귤의 특성을 검토하기 위한 상품성이 있는 감귤의 분포도 조사, 지역별로 생산된 온주밀감의 품질에 관여하는 요인 등에 관한 연구수행과 더불어 저장전 처리조건과 저온저장 조건에 따른 품질변화, 감귤조직 연화에 따른 생리적 현상, MA 저장효과, 부패미생물의 증상과 방제, 저온저장에 대한 농가저장고에서의 실증시험, 감귤저장의 경제성 분석 등을 수행하였다.

제 2 절 연구개발의 목적과 범위

제주산 감귤을 소재로 한 저장기술 개발이 미진하여 상온저장에 국한되어있는 바, 실용적인 저온저장 기술의 개발과 실제적인 응용을 위하여 다음과 같은 연구 내용이 이루어졌다.

1) 저장용 감귤의 특성과 저장전 처리기술

○ 크기별, 결점과 등의 분포조사

○ 최적 저장용 감귤의 선택을 위한 생산지역별 품질평가

○ 저장전 처리조건에 따른 저장 중 품질변화

2) 저장감귤의 품질 저하를 유발하는 물리화학적 및 생화학적 분석을 통한 품질저하 요인을 구명

3) 최적저장조건의 설정

○ 저장감귤의 품질 저하에 따른 각 요인 분석

○ 농가 저장시설에서 최적저장조건에 따른 검증시험

4) 저장 중 감귤부패의 증상과 방제법을 제시

5) MA 저장효과 및 부패미생물의 제어

6) 감귤저장의 경제성 분석을 통한 효과분석

7) 저장기술을 중심으로 한 제주감귤산업에 대한 종합적인 기술서를 발간하고 이의 보급을 통한 기술파급효과의 극대화

제 3 절 기술적인 측면에서의 연구개발 필요성

○ 제주지역에 저온저장고는 1999년말 현재 9,584평에 이르고 있다. 온주밀감의 저온저장에 관한 실용적인 기술축적이 이루어지지 않았고 경영주의 위험 부담으로 인하여, 감귤의 저온저장을 기피하고 있어서 신축된 저온저장고가 제대로 활용되

지 않아 예산낭비를 초래하고 있는 실정이다.

○ 본 연구자 등은 학술진흥재단 등으로부터의 연구지원에 의한 감귤저장에 관한 기초적인 연구를 수행한 바 있다. 감귤저장의 실용화 기술에 대한 연구비 지원을 통하여 종합적인 연구결과를 도출하고, 이를 활용함으로써 부가가치를 창출할 수 있다.

제 4 절 경제 산업적 측면에서의 필요성

○ 감귤가격의 안정은 고품질 감귤의 생산과 더불어 생산조정, 선도유지를 위한 저장기술 개발에 따른 실용화로 물량조절 기능의 강화를 통하여 많은 효과를 얻을 수 있다.

○ 70만 톤 이상이 생산되었던 1989년도와 1992년도의 감귤 조수익이 각각 2,020억 원과 2,623억 원인데 비하여 50만 톤 정도를 생산한 1990년도와 1991년도에는 각각 3,151억 원과 4,251억 원이었다[5]. 특히 1996년산은 감귤생산량의 감소로 인하여 조수익이 6,079억 원이었음을 감안할 때, 본 연구에 대한 실용화 기술개발과 그 응용은 많은 경제적 이익을 농가에서 얻을 수 있다.

○ 1999년산 기준으로 63만 톤에 이르는 감귤생산량의 55.2%, 그리고 2000년산은 56만 톤 생산에 48.5%가 수확 후 1개월 이상 출하조절을 위하여 상온저장이 이루어졌으며, 저장기술 개선을 통하여 손실율을 줄여 부가가치를 향상시킬 수 있다.

○ 1999년과 2000년에 만감류인 청견, 부지화(한라봉) 등이 각각 7,317톤과 10,617톤이 생산되어 수확시기에 출하되는 양을 제외하고는 전량 저온저장이 이루어지고 있다. 이에 따라 저장기술 개발에 관한 연구가 종합적으로 수행함으로써 부가가치를 향상시킬 수 있다.

제 5 절 사회 문화적 측면에서의 필요성

○ 생산농가와 생산자단체에서는 저온저장에 대한 실용화 기술이 시급히 요구되고 있음에도 불구하고, 이 분야에 대한 지금까지 연구지원의 부족으로 저온저장에 대한 연구가 제대로 이루어지지 않았다.

○ 생활수준의 향상과 식습관의 다변화로 식품의 고품질화를 지향하는 소비자층이 증가함에 따라, 소비자의 기호도를 충족시키고 감귤의 소비 안정화를 유도하기 위하여 저장감귤의 선도유지 기술이 요구된다.

제 6 절 인용문헌

1. 고정삼, 강영주, 제주농업과 감귤가공산업, p. 88, 광일문화사(1994)
2. 고정삼 외, 감귤진흥 장기발전계획 연구보고서(감귤가공분야), 제주도(1991)
3. 日本農林省 食品綜合研究所, 食糧普及シリズ, 第10號, 溫州ミカンの貯藏と輸送(1978)
4. 제주도, 감귤수입개방대책 협의회 자료(1994)
5. 농협중앙회 제주지역본부, 감귤유통처리실태분석(2001)

제 2 장 감귤의 분포조사와 저장감귤의 특성

제 1 절 서 설

제주지역의 감귤생산에서 해거리 현상이 주기적으로 나타나고 있다. 1999년은 풍작년도에 해당하며, 2000년은 흉작년도라고 할 수 있다. 풍작년도에는 결실과가 많아 소형과가 많이 생길 수 있어서 열매솎기가 권장된다. 이에 비하여 흉작년도에는 결실과가 적어 대형과의 발생이 많아져, 열매솎기가 거의 이루어지지 않는다. 따라서 감귤생산 조정을 통하여 가격안정을 유지하기 위한 방법으로서, 1999년에 모든 행정력을 동원하여 감귤열매솎기가 이루어졌다. 이에 비하여 2000년에는 대형과의 발생이 많아 감귤 크기에 따른 가격이 차이를 보였다.

현재 크기별 선과에 따라 이루어지고 있는 상품과의 발생비율을 포함하여, 병해충과, 크기별 분포 등을 분석함으로써 저장감귤의 특성과 저장에 미치는 영향을 검토할 필요가 있었다.

제 2 절 재료 및 방법

제주지역의 대표적인 주산지 과수원에서 감귤나무에 달려있는 감귤의 분포조사를 위하여, 1999년과 2000년에 각각 10~15년생 감귤나무를 기준으로 관행수확시기에 전체를 수확한 다음 크기별, 병해충과, 풍상과, 미숙과 등 상품과의 비율 등을 조사하였다.

1999년에는 남제주군 남원읍 한남리에 위치한 농가 과수원에서 열매솎기를 실시한 나무와 그렇지 않은 나무로 구분하여 15~20년 생 궁천조생 온주밀감 나무에

달려있는 감귤을 전부 수확하여 크기별 분포와 병해충과 등의 분포를 조사하였다. 크기별 분포는 현재 선과장에서 이루어지고 있는 9개의 구간으로 나누어 구분하였다. 그리고 결점과는 껍질에 나타난 형태로 구분하여, 전체 중 그 비율로 표시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1999년산 감귤은 특수한 상황으로서 감귤 생육시기에 유례없는 강수량과 일조량 부족이 지속되었으며, 이에 따라 병해충 방제에 대한 어려움이 있었다. 겉보기에 의한 상품성을 평가하는 일은 평가자의 주관적인 요인이 크게 작용하기 때문에 객

Table 1. Size distribution of citrus fruit by fruit thinning and non fruit thinning

Size	Fruit thinning				Non fruit thinning			
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average
47~51 mm	18(3.6)	32(8.0)	8(2.2)	4.6	12(3.9)	28(16.2)	80(13.1)	11.1
52~54 mm	22(4.4)	29(7.3)	5(1.4)	4.4	19(6.1)	18(10.4)	56(9.2)	8.6
55~56 mm	91(18.3)	80(20.1)	34(9.2)	15.9	75(24.3)	42(24.3)	143(23.4)	24.0
57~58 mm	110(22.2)	76(19.1)	45(12.2)	17.8	49(15.9)	46(26.6)	142(23.2)	21.9
59~60 mm	64(12.9)	46(11.6)	73(19.8)	14.8	61(19.7)	20(11.6)	65(10.6)	14.0
61~62 mm	36(7.3)	31(7.8)	32(8.7)	7.9	27(8.7)	8(4.6)	38(6.2)	6.5
63~66 mm	86(17.3)	69(17.3)	82(22.2)	18.9	50(16.2)	9(5.2)	61(10.0)	10.4
67~70 mm	48(9.7)	27(6.8)	38(10.3)	8.9	13(4.2)	2(1.2)	13(2.1)	2.5
71~77 mm	21(4.2)	8(2.0)	52(14.1)	6.8	3(1.0)	0(0)	13(2.1)	1.0
Total	496(100)	398(100)	369(100)	100	309(100)	173(100)	611(100)	100

( ) : ratio.

관적인 기준을 도출하기 어려운 점이 있다. 1999년 11월 20일 수확을 기준으로 하여 우선 풍상과, 병해충과, 미숙과를 제외한 상품성이 있다고 판단되는 감귤의 크기별 분포도는 Table 1과 같으며, 비규격 감귤의 분포도는 Table 2와 같다.

열매솎기에 따라 감귤의 비대가 촉진되었음을 알 수 있었으며(Table 3), 열매솎기로 상품성이 떨어지는 대과의 발생이 우려되어 열매솎기에는 기술적인 접근이 필요함을 알 수 있었다.

특히 1999년산 감귤은 생육기간 중 기상조건이 매우 나빠 병해충과에 의한 비상품감귤의 발생비율이 42.1~46.2%로서 매우 높았다(Table 2). 특히 흑점병에 의한 피해가 심하여 51.1~53.7%를 차지하였다. 조생온주밀감의 경우 11월 중순이후 착색이 되는 것을 기준으로 이루어지고 있으며, 착색이 덜된 미숙과가 비상품과 중 11.4~14.6%에 이르렀다.

Table 2. Distribution of non-commodity citrus fruit

Defected fruit	Fruit thinning				Non fruit thinning		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average	Sample 1	Sample 2	Average
Wounded fruit by wind	17(3.6)	9(2.4)	21(7.3)	4.4	39(10.0)	18(3.5)	6.7
Melanose like blemish	244(51.9)	199(53.9)	158(55.2)	53.7	180(46.2)	284(55.9)	51.1
Fire blight	46(9.8)	41(11.1)	47(16.4)	12.4	27(6.9)	58(11.4)	9.2
Infected fruit by insect	0(0)	26(7.0)	1(0.3)	2.4	3(0.8)	40(7.9)	4.3
Infected fruit by moth	1(0.2)	0(0)	0(0)	0.1	0(0)	0(0)	0
Infected fruit by mold	69(14.7)	49(13.3)	25(8.7)	12.2	110(28.2)	33(6.5)	17.3
Unripened fruit	93(19.8)	45(12.2)	34(11.9)	14.6	31(7.9)	75(14.8)	11.4
Total	470(100) 48.3[a]	369(100) 47.7[a]	286(100) 42.7[a]	46.2[a]	390(100) 39.7[a]	508(100) 44.5[a]	42.1[a]

( ) : ratio.

a : defected fruit ratio.

Table 4는 크기별 주요 감귤성분을 분석한 결과이다. 감귤이 클수록 당과 산 함량이 감소하였으며, 열매솎기를 한 경우 그렇지 않는 경우에 비하여 당 함량이 낮아져 저장감귤을 선택하는데 유의해야 할 것으로 여겨졌다.

Table 3. Distribution of infected fruits on non-commodity citrus fruits

Size (total fruit)	Fruit thinning				Non fruit thinning			
	Sample 1 (504)	Sample 2 (405)	Sample 3 (384)	Average	Sample 1 (415)	Sample 2 (178)	Sample 3 (633)	Average
Below 46 mm	0(0)	4(1.0)	5(1.3)	0.7	5(1.2)	5(2.8)	12(1.9)	2.0
Over 78 mm	8(1.6)	3(0.7)	10(2.6)	1.6	1(0.2)	0(0)	10(1.6)	0.6

( ) : ratio.

Table 4. Proximate compositions of citrus fruits by fruit thinning and non fruit thinning

Size (mm)	Fruit thinning					Non fruit thinning				
	Flesh ratio (%)	Brix	Acid content (%)	Firmness (kg-force)	Vitamin C (mg/100g)	Flesh ratio (%)	Brix	Acid content (%)	Firmness (kg-force)	Vitamin C (mg/100g)
47~51	80.39	10.62	1.15	503.57	38.96	81.53	11.24	1.34	371.32	29.33
52~54	79.39	10.66	1.09	469.99	39.90	80.27	11.02	1.18	390.38	29.09
55~56	79.97	10.53	1.23	465.55	40.21	79.95	10.59	1.22	410.97	30.38
57~58	80.32	9.93	1.15	481.57	37.80	80.56	10.53	1.25	349.25	31.46
59~60	79.77	10.12	1.12	502.73	37.96	80.96	10.78	1.25	386.93	26.63
61~62	79.11	9.93	1.11	489.43	40.77	79.88	10.31	1.19	357.38	30.26
63~66	77.62	9.94	1.13	458.27	39.91	79.93	10.19	1.19	339.51	31.17
67~70	77.48	9.71	1.16	460.73	38.88	79.66	10.07	1.26	373.89	28.65
71~77	78.21	9.79	1.13	482.53	38.11	78.76	9.44	1.08	311.19	27.85

1999년과는 달리 2000년도는 해거리 현상에 따른 흉작년도이며, 이에 따른 감귤의 특성을 조사한 결과는 Table 5와 Table 6에서 보는 바와 같다.

Table 5. Citrus fruit distribution by size

Size	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Average	Ratio
below 47 mm	0	0	0	0	0
47~51 mm	4	0	1	1.7	0.5
52~54 mm	9	8	4	7.0	2.2
55~56 mm	11	16	14	13.7	4.2
57~58 mm	22	22	22	22.0	6.9
59~60 mm	31	42	30	34.3	10.7
61~62 mm	41	44	49	44.7	14.0
63~66 mm	59	34	43	45.3	14.2
61~70 mm	62	69	78	69.7	21.8
71~77 mm	34	50	55	46.3	14.5
over 78 mm	27	18	61	35.3	11.0
Total	300	303	357	320	100

Table 6. Distribution by non-commodity fruits

Sample	Total	Wounded fruit by wind	Melanose like blemish	Infected fruit by moth	Fire blight	Infected fruit by insects	Unripened fruit
1	300	29	17	2	2	8	85
2	303	45	18	4	4	7	75
3	357	46	46	4	2	3	89
Average	320	40	27	3.3	2.7	6	83
Ratio(%)		12.5	8.4	1.0	0.8	1.9	25.9

소과로서 비상품과는 없었으며, 상대적으로 대형과는 11.0%로서 감귤의 비대(肥大) 현상이 뚜렷하였다. 이에 따라 흉작년도에는 풍작년도에 비하여 대형과의 비율이 높아 저장감귤을 선택하는데 어려움이 예상되었다.

풍상과와 병해충과의 비율은 24.6%이었으나, 이 중에 상태가 가벼운 감귤은 그대로 상품화되고 있음을 알 수 있었다. 미숙과의 비율이 25.9%로서, 상온저장을 위하여 완전히 착색되기 이전에 생산농가에서는 수확을 하고 있음을 알 수 있었다. 저온저장을 위하여 수확시기를 늦추는 일이 필요할 것으로 판단되었다. 풍작년도와 흉작년도에 따른 각각의 감귤분포도를 조사함으로써 저장감귤의 특성과 유통과정에서의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

제 3 장 생산지역과 고도별 궁천조생 온주밀감의 품질특성

제 1 절 서 설

저자 등[1]은 제주지역에서의 지역별, 고도별 홍진조생의 품질특성을 보고한 바 있다. 제주감귤산업은 농산물 개방화에 따라 품질에 따른 규격화로 소비안정을 유도해야 하며, 조생온주밀감 계통에서 홍진조생과 더불어 생산량이 많은 궁천조생 온주밀감에 대한 비교를 통하여 생산지역에 따른 품질특성을 검토할 필요가 있다. 이는 등급화를 위한 생산조정을 정착시키기 위한 기초적 연구로서 뿐만 아니라 대부분 소규모 형태로 산재해있는 감귤 선과장에서의 단순한 선과만으로는 소비자의 구매선택과 기호도를 충족시키지 못하는 점을 개선해야 할 필요가 있기 때문이다.

따라서 품질 등급화를 위한 기초적인 연구가 선결되어야만 생산에서 유통까지 체제 개선에 도움을 줄 수 있을 것이다. 이에 관련하여 국내에서 수행된 연구결과는 아직까지 부분적이고 단편적인 내용[1-8]에 불과한 실정이다. 제주산 감귤의 경우 같은 과수원이라고 할지라도 재배되고 있는 품종이 반드시 같지 않을 뿐만 아니라 다른 과일에 비하여 겉보기에 그 구분이 분명하지 않다. 지금까지는 경험적으로 인식되고 있는 소비자의 구매경향에 대한 실험적 근거가 제시된 적이 거의 없다.

본 연구에서는 생산지역별로 세분하여 궁천조생 온주밀감의 상품성과 관련이 많은 요인들을 분석하였으며, 품질평가에 기준이 될 수 있는 기초적인 자료를 제공함으로써 유통체제 개선을 통한 소비안정에 도움을 주기 위하여 이루어졌다. 또한, 출하물량의 조절을 위한 감귤저장이 점차 요구되고 있으며, 생산량이 많았던 1997년을 기준으로 57.4%가 수확 후 1개월 이상 저장하게 됨으로써[9] 저장용 감귤을

선택하는데 지역별로 생산되는 온주밀감의 품질특성을 파악할 필요가 있었다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 감귤시료

제주지역에서 주로 재배하고 있는 대표적인 품종으로 조생온주밀감 계통인 궁천조생(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*)을 시료로 하였다. 분석시료의 수확은 12월 7일을 기준 하였으며, 제주지역을 행정단위인 시, 읍 또는 면을 하나로 간주하여 전체를 12개 지역으로 크게 구분하였고 감귤 주산지인 서귀포시와 남원읍은 2개소씩으로 하였다.

그리고 해발 100 m 이하인 지역과 150 m 이상인 지역으로 나누어 각 지역별 2개소씩 대표적인 감귤원을 선정하여 합계 28개소에서 감귤을 직접 수확하였다[(1)]. 감귤나무 수령을 10년 이상으로 하였으며, 육안으로 판단하여 비슷한 숙도의 감귤로서 달려있는 위치가 비슷한 감귤나무 중간 부위에서 중간 크기(직경 55~65 mm)인 감귤을 선정하였다.

제 2 항 감귤의 성분분석

지역별로 수확한 감귤은 각 처리구당 10개씩을 취하여 비중, 과육율, 과피두께를 측정하였다. 그리고 과육 부분을 골고루 혼합되도록 하여 mixer기로 분쇄한 다음 나일론포로 착즙한 주스를 시료로 하여 총산, 가용성고형물(°Brix), pH를 각각 측정하였다. 가용성고형물은 Abbe굴절계(RA-510, Kyoto Electronic, Japan)에 의해 측정하였으며, 산 함량은 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 정량한 다음 구연산으로 환산하였다[(10)]. 총산 함량과 당도와의 관계를 당산비(Brix/acid ratio)로 나타내었다.

관능검사요원은 식품의 관능검사에 대한 경험이 있는 대학생 15명을 선발하였으

며, 외관에 의한 관능평가는 착색 정도, 겉보기, 크기 등을 종합하여 7점 스마일테스트(7-point scale with smiling, 1=dislike extremely, 7=like extremely)로 평가하였다[11]. 각 처리구간의 통계처리는 Duncan (SAS, 분산분석)에 준하여 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 당도 및 산 함량

감귤재배가 서귀포시를 중심으로 한 산남지역에서부터 시작하여 제주도 전지역으로 확대됨에 따라 분석시료의 채취장소를 행정구역별로 나누어 세분하였다[8]. 감귤시료의 경우 성분분석에서 개체간의 각 성분 함량의 차이가 많기 때문에 시료 개체간의 성분 함량의 변화를 표시하는 방법은 의의가 없어서, 전체적인 경향을 파악하고자 각 시료의 일부분을 채취하여 전체를 혼합하여 분석한 평균값으로 나타내었다. Fig. 1는 고도별 감귤원 위치에 따른 지역별 감귤의 가용성고형물을 나타내었다.

감귤당도의 분포는 해안지역(해발 100 m 이하)에서 9.32~12.50°Brix(평균 11.46°Brix)이었으며, 중산간지역(해발 150 m 이상)에서는 10.32~12.17°Brix(평균 11.29°Brix)로서 일반적으로 고도가 낮은 지역에서 생산된 감귤이 당도가 높았다. 제주시 및 성산읍~구좌면에 이르는 지역에서 생산된 감귤의 경우 평균값에 비해 당도가 떨어지는 것을 알 수 있었으며, 홍진조생에 비하면[1] 지역간 차이가 적었다. 이는 품종에 따라서 차이가 있음을 나타내는 것으로 궁천조생이 제주지역 환경에 비교적 적응이 많이 된 것으로 여겨진다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 수확 직후 산 함량은 애월읍 해안지역에서 높게 나타났다. 전체적으로 볼 때 해안지역에서는 0.95%~1.26%(평균 1.12%)이었으며, 중산간지역에서는 1.02%~1.39%(평균 1.18%) 범위였다. 홍진조생에 비하여[1] 산 함량이 약간 높았으며, 일반적으로 중산간지역에서 생산된 감귤이 해안지역에 비해

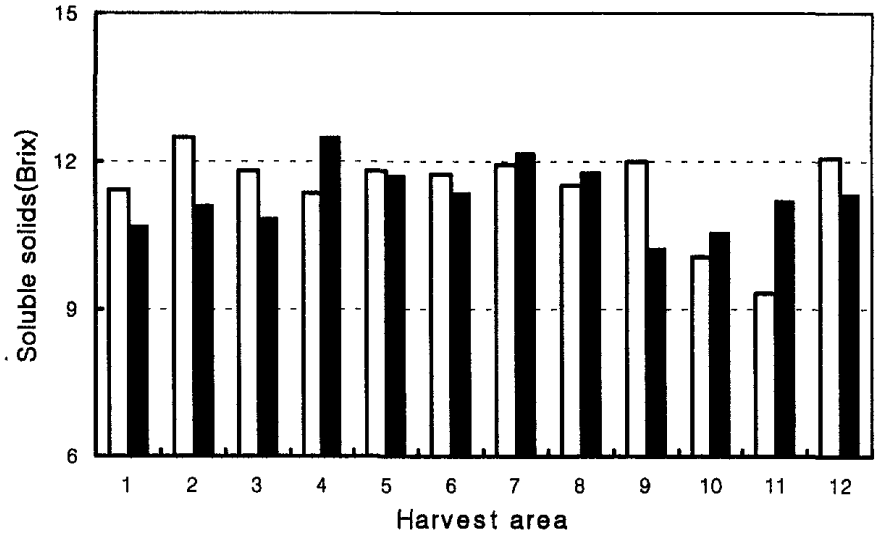


Fig. 1. Soluble solids(°Brix) of satsuma mandarin by harvest area and sea level altitude. □: below 100 m sea level altitute, ■ : over 150 m sea level altitute. Harvested areas are as follows. 1: Jeju-si, 2: Aewol-eup, 3: Hanrim-eup, 4: Hankyung-myun, 5: Daejung-eup, 6: Anduk-myun, 7: Seogwipo-si, 8: Namwon-eup, 9: Pyosun-myun, 10: Sungsan-eup, 11: Gujwa-eup, 12: Chochun-eup.

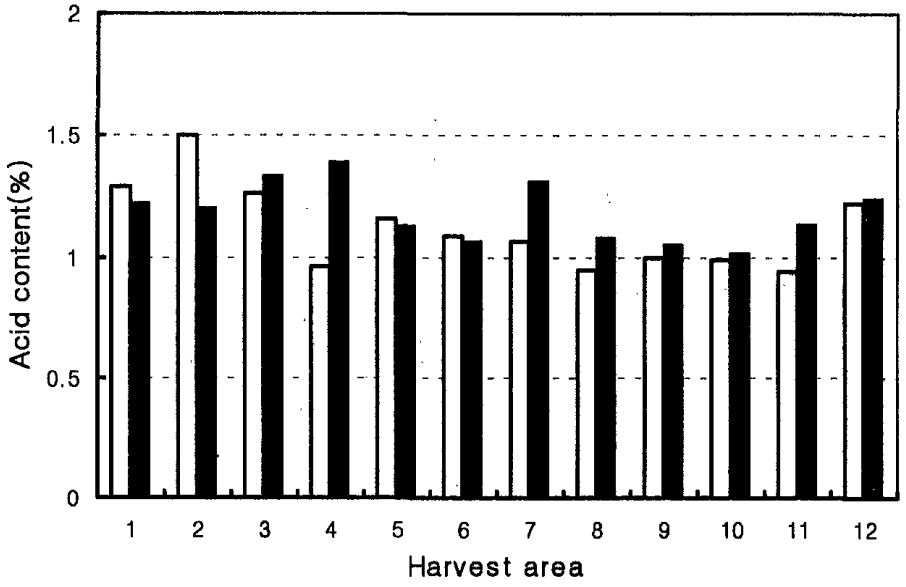


Fig. 2. Acid content of satsuma mandarin by harvest area and sea level altitude. □ : below 100 m sea level altitude, ■ : over 150 m sea level altitude. Harvest areas refer to Fig. 1.

산 함량이 높음을 알 수 있었다.

한라산을 중심으로 한 산남지역에서 생산된 감귤이 산북지역에 비하여 산 함량이 비교적 낮게 나타났으며, 이는 기상조건에 영향을 받는 것으로 여겨진다. 이에 따라 당산비는 해안지역에서 생산된 감귤의 경우 8.33~12.13(평균 10.38), 중산간지역에서는 8.16~10.87(평균 9.60)로서 홍진조생에 비하여[1] 약간 낮았고 해안지역에서 생산된 감귤이 당산비가 높은 것을 알 수 있었다.

산남지역에서 생산된 감귤이 비교적 높았으며 한경면, 남원읍 및 표선면 해안지역을 제외하고는 기호도에 충족되는 12.0에 못 미치는[8] 낮은 수준이었다. 또한, 중산간지역에서 생산된 감귤일수록 당산비가 낮은 것을 알 수 있었다(Fig. 3).

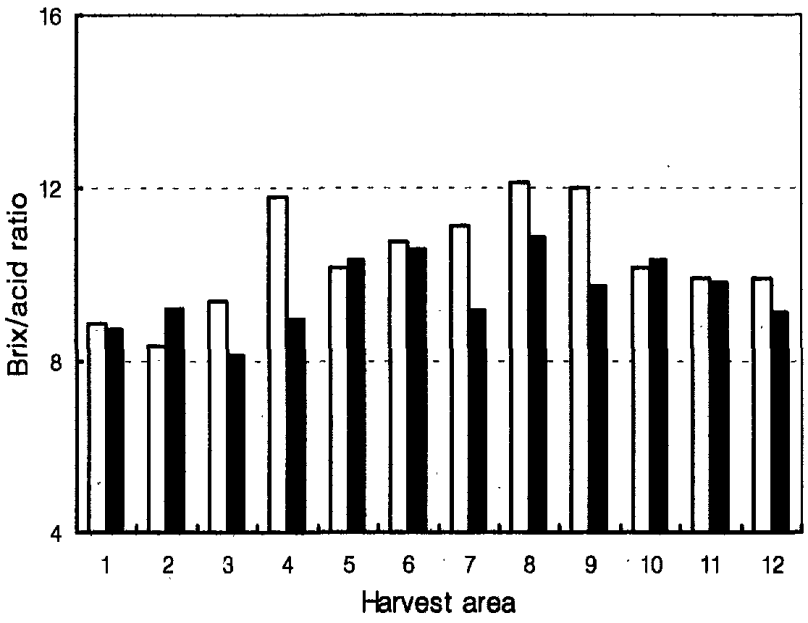


Fig. 3. Brix/acid ratio of satsuma mandarin by harvest area and sea level altitude. □ : below 100 m sea level altitude, ■ : over 150 m sea level altitude. Harvest areas refer to Fig. 1.

제 2 항 물리적 특성

Fig. 4는 고도별 감귤원 위치에 따른 지역별 과육율을 나타내었다. 해안지역에서 생산된 감귤의 과육율은 75.95~81.03%(평균 78.75%)이었으며, 중산간지역은 77.35~80.29%(평균 78.45%)로서 지역간 차이를 보였다.

과육율은 감귤의 껍질두께와 내용성분의 충실도와 연관을 갖는다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 해안지역에서 생산된 감귤의 껍질두께는 2.31~2.99 mm(평균 2.70 mm)이었으며, 중산간지역은 2.43~3.16 mm(평균 2.75 mm)이었고 일부 지역을 제외하고는 지역간 차이는 없었다. 홍진조생에 비하여[1] 껍질이 약간 두꺼웠으며, 이에 따라 과육율도 약간 낮은 값을 나타내었다.

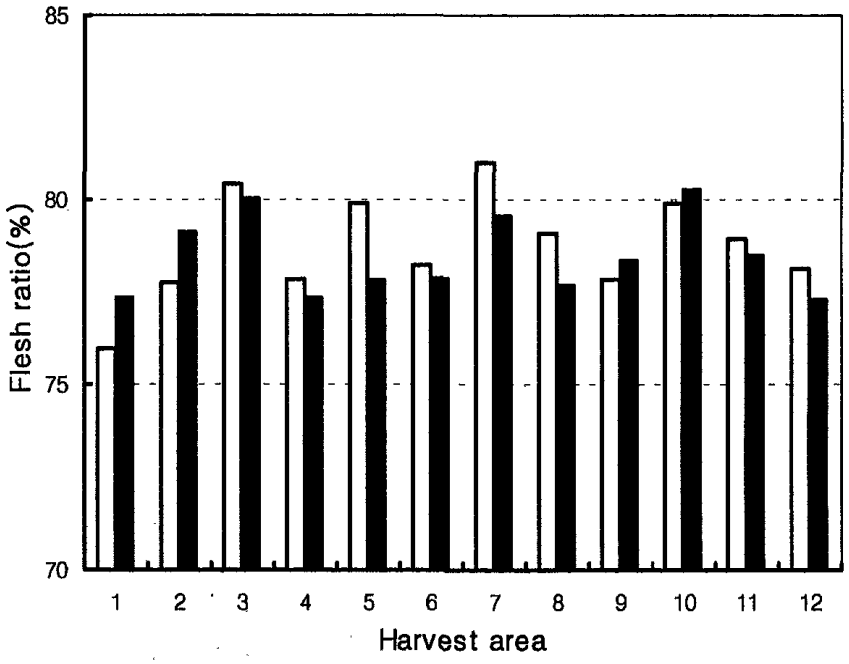


Fig. 4. Flesh ratio of satsuma mandarin by harvest area and sea level altitude. □ : below 100 m sea level altitude, ■ : over 150 m sea level altitude. Harvest areas refer to Fig. 1.

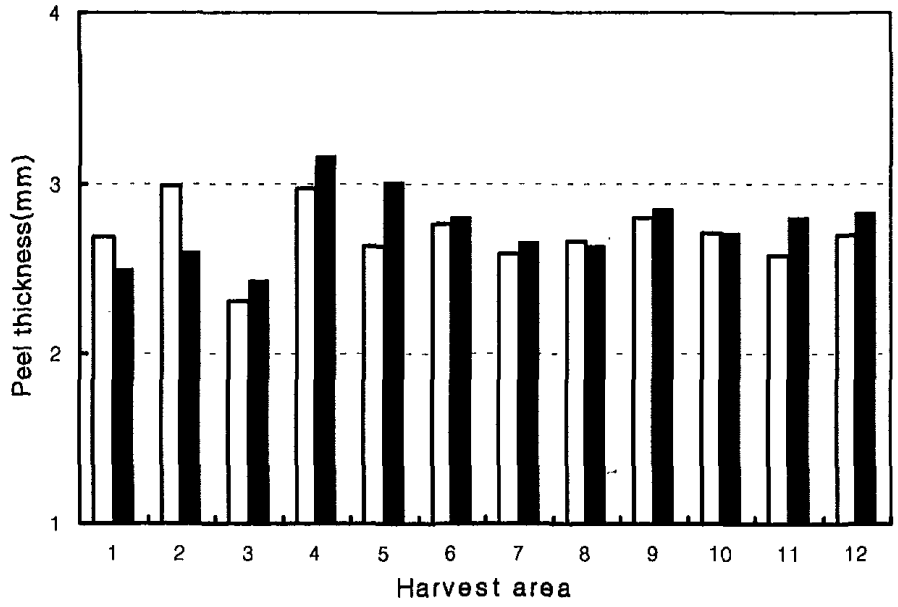


Fig. 5. Peel thickness of satsuma mandarin by harvest area and sea level altitude. □ : below 100 m sea level altitude, ■ : over 150 m sea level altitude. Harvest areas refer to Fig. 1.

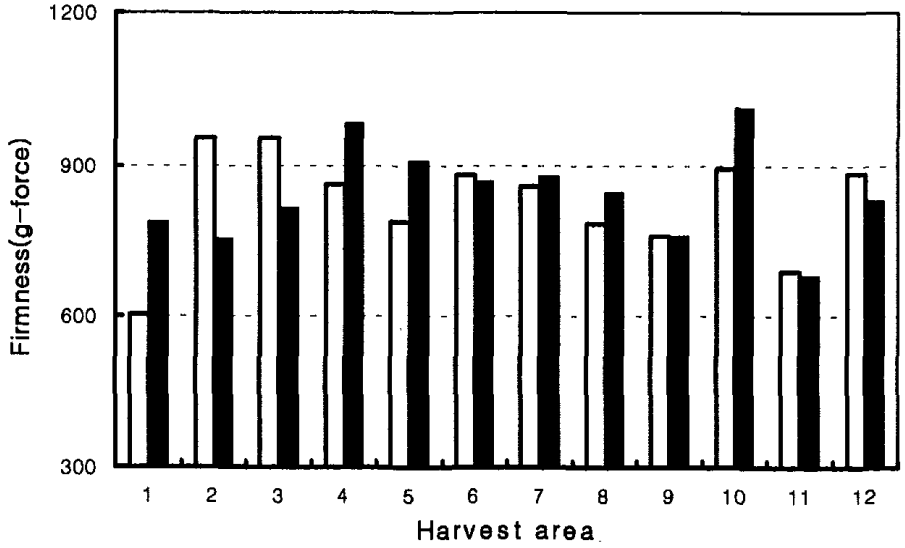


Fig. 6. Firmness of satsuma mandarin by harvest area and sea level altitude. □ : below 100 m sea level altitude, ■ : over 150 m sea level altitude. Harvest areas refer to Fig. 1.

Fig. 6은 고도별 감귤원 위치에 따른 지역별 감귤의 경도를 나타내었다. 해안지역에서 생산된 감귤의 경도는 604.33~955.95 g-force(평균 826.97 g-force)이었으며, 중산간지역은 681.87~1012.91 g-force(평균 844.58 g-force)이었고 지역간 차이를 보였다. 제주시와 구좌읍에서 생산된 감귤의 경도가 낮았으며, 이외의 지역은 비슷한 값을 나타내었다.

제 3 항 수확시기에 따른 영향

계통출하의 경우 지역별 단위농협을 중심으로 이루어지기 때문에 생산지역의 고도별로 구분되지 않고 있으며, 수확시기에 따른 고도별 감귤원 위치에 따른 4개 지역군으로 구분하여 분석한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같다.

Table 1. Average values of soluble solids(°Brix), acid content and Brix/acid ratio for 10 days after November 23th by sea level altitude of harvest area groups in Jeju

Harvest area	Below 100 m sea level altitude						Over 100 m sea level altitude					
	Soluble solids (°Brix)		Acid content (%)		Brix/acid ratio		Soluble solids (°Brix)		Acid content (%)		Brix/acid ratio	
Date	11/23	12/7	11/23	12/7	11/23	12/7	11/23	12/7	11/23	12/7	11/23	12/7
Northern areas (Aewol-eup to Chochun-eup)	11.58	12.00	1.33	1.34	8.73	9.03	10.88	11.04	1.12	1.16	9.77	8.74
Eastern areas (Gujwa-eup to Pyosun-myun)	11.02	11.72	1.15	1.09	9.71	11.47	10.89	11.73	1.37	1.19	8.41	9.82
Southern areas (Namwon-eup to Seogwipo-si)	9.67	10.46	0.99	0.98	9.72	10.57	10.29	10.66	1.09	1.07	9.47	9.97
Western areas (Anduk-myun to Hankyung-myun)	10.77	11.68	1.23	1.07	8.96	10.54	11.08	11.60	1.43	1.22	7.74	9.53

제주지역은 농업환경 여건에 따라 한라산을 중심으로 한 산북지역과 산남지역, 그리고 비교적 경사가 완만하고 평지가 많아 채소류 재배가 많이 이루어지고 있는 동부지역과 서부지역으로 구분된다. 홍진조생과는 달리 지역간 차이가 크지 않았으며, 산남지역에서 생산된 감귤이 산북지역에 비해 산 함량이 낮음을 알 수 있었다.

생산지역에 따라 다소 차이가 있었으나 수확시기가 늦어짐에 따라 당도가 증가하고 산 함량이 감소함에 따라 품질이 향상됨을 알 수 있었다. 일반적으로 수확시기가 늦어질수록 당 함량은 증가하고 산 함량이 감소하여 당산비가 증가하는 경향을 나타내며[7,14], 또한 수확 후 일정 기간동안 저장한 감귤은 산 함량의 감소로 당산비가 증가하게 되며[15], 수확시기가 다르거나 수확 후 출하시기에 따라 기호도에 미치는 결과가 달라질 수 있다.

특히 수확시기가 늦을수록 감귤품질이 좋아지나 일반적으로 산북지역, 동부및 서부지역에서는 산남지역에 비해 수확시기가 다소 빠르며 대부분 수확 후 바로 출하되고 있다는 점에서 후기 수확을 유도하는 방안도 감귤품질 향상을 위하여 권장되어야 할 것이다. 또한, 이들 지역에 저장시설의 확충과 더불어 수확 후 관리기술의 접근을 통한 품질향상에 힘을 기울여야 할 것이다.

제 4 항 관능평가

Table 2는 외관에 따른 지역별 감귤의 관능평가 결과를 나타내었다. 감귤의 구매선택에서 중요하게 작용하는 것은 외관으로서 착색도, 과형지수, 껍질두께 등을 포함하여 생산관리 정도에 따라 나타나는 종합적인 평가라고 할 수 있다. 외관에 의한 평가만으로 감귤의 품질을 결정할 수는 없지만, 구매욕구를 결정할 수 있는 요인으로 작용한다. 감귤원의 고도에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 홍진조생에 비하여[1] 다소 낮은 값을 나타내었으며 조천읍을 제외하고는 지역간 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Average values of sensory evaluation on appearance by sea level altitude

Harvest area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Below 100 m	4.67	3.89	4.00	4.33	4.89	4.56	5.22	5.89	4.89	4.78	2.38	3.00
Over 150 m	5.78	4.22	4.67	4.22	4.44	6.22	4.44	5.17	5.56	4.44	5.89	3.00
Average	5.23	4.06	4.34	4.28	4.47	5.39	4.83	5.53	5.23	4.61	4.14	3.00

*Harvest areas refer to Fig. 1.

제 5 항 통계분석

각 처리구간에 얻어진 자료를 SAS 분산분석에 의한 통계처리를 하였다. 한라산을 중심으로 한 산북지역(산북)과 산남지역(산남) 사이에서 생산된 감귤의 경우 횡경은 산남이 68.03 mm로 산북의 64.52 mm보다 크게 나타나 통계적으로 5% 수준의 유의성이 인정되었으며, 이에 따라 과중도 유의성이 인정되었다. 또한, 산 함량은 산남이 1.08%, 산북이 1.23%로서 통계적인 유의성이 인정되었으며, 이에 따라 pH와 당산비에서도 유의성이 인정되었다. 그러나 껍질두께, 당도는 유의성이 없었다.

해안지역과 중산간지역의 경우 횡경, pH, 당산비에서 5% 수준에서 유의성이 인정되었으나, 다른 요인에서는 유의성이 없었다. 감귤 주산지인 서귀포시와 남원읍의 경우 중산간지역에서 생산된 감귤의 산 함량이 통계적으로도 높은 것을 알 수 있었으나, 다른 요인에서는 통계적인 유의성이 인정되지 않아 감귤품질이 다른 요인에 영향을 받고 있음을 알 수 있었다.

감귤의 성분 및 품질은 품종[2,4,5], 생산지역[6], 수확시기[7], 생산시기의 기상조건[14], 과일의 크기[2,4], 나무에 달려 있는 위치 등에 따라 차이가 있기 때문에 이를 간단히 나타내기가 매우 어려운 실정이다. Fig. 1에서 Fig. 6까지의 결과는 과수원의 위치가 고도에 따라 차이를 나타내고 있음을 알 수 있어서 지역별 품질의 차이

를 규정하는 경우 감귤원의 위치에 따른 품질평가의 기준을 설정할 필요가 있음을 알 수 있었다.

그리고 수확시기와 출하시기에 따른 영향을 검토하여 이를 종합하여 보완한다면 생산지역별 감귤품질의 예측이 가능할 것으로 보이며, 이에 따라 감귤 부적지의 판정이나 감귤산업의 발전지표를 설정하기 위한 기초자료로서 활용에 유용할 것으로 판단된다. 또한, 감귤을 장기간 저온저장하는 경우는 고도가 낮은 산남지역에서 생산된 품질이 좋은 온주밀감이 유리하며, 이외의 지역에서 생산된 온주밀감은 상온에서 저장하면서 산 함량을 낮추어 출하하는 편이 바람직한 것으로 판단된다.

제 4 절 참고문헌

1. 고정삼, 좌창숙, 김영휘, 생산지역과 고도별 홍진조생 온주밀감의 품질특성, 한국농화학회지, 42(2), 147-151(1998)
2. 고정삼, 양영택, 제주산 온주밀감의 품질평가에 미치는 영향, 농산물저장유통학회지, 1(1), 9-14(1994)
3. 고정삼, 고정은, 양상호, 안성웅, 제주산 온주밀감의 특성과 관능평가, 한국농화학회지, 37(3), 161-167(1994)
4. 고정삼, 양영택, 송은영, 제주산 보통온주의 품질특성, 농산물저장유통학회지, 2(2), 251-257(1995)
5. 고정삼, 김성학, 제주산 감귤류의 성분과 그 특성, 한국농화학회지, 38(6), 541-545(1995)
6. 고정삼, 양영택, 강순선, 선과장을 중심으로 한 주요 생산지역별 조생온주의 품질특성, 농산물저장유통학회지, 4(1), 53-59(1997)
7. 송은영, 최영훈, 강경희, 고정삼, 제주산 감귤류의 품종 및 수확시기별 품질특성, 한국농화학회지, 40(5), 416-421(1997)
8. 고정삼, 송상철, 생산지역별 온주밀감의 품질특성, 농산물저장유통학회지,

6(1), 7-10(1999)

9. 농협중앙회 제주지역본부, 감귤유통처리실태분석, p. 33(1999)
10. 小原哲二郎 編, 食品分析ハンドブツク, 建帛社, p. 17(1973)
11. 이철호, 채수규, 이진근, 식품공업품질관리론, 유림문화사, p. 153(1993)
12. 고정삼, 양영택, 송상철, 강영주, 수확시기에 따른 조생온주밀감의 품질과 수상저장 효과, 농산물저장유통학회지, 4(2), 131-137(1997)
13. 고정삼, 양영택, 송상철, 김성학, 김지용, 처리조건에 따른 조생온주밀감의 저온저장 특성, 한국농화학회지, 40(2), 117-122(1997)
14. 고정삼, 양영택, 송상철, 김지용, 김완택, 수확년도에 따른 조생온주밀감의 품질변화, 농산물저장유통학회지, 5(1), 1-6(1998)

제 4 장 온주밀감의 저장 중 성분과 펙틴분해효소의 변화

제 1 절 서 설

1960년대부터 급성장하기 시작한 제주감귤산업은 연평균 생산량이 60만 톤에 이르면서 생산연도에 따라서는 처리에 어려움을 겪고있다. 1970년대 중반부터 국내 음료회사들에 의해 이루어졌던 감귤가공산업은 1994년 이후 오렌지와 오렌지농축주스의 수입자유화에 의해 거의 중단된 상태이다.

이에 따라 제주감귤산업은 감귤의 생산량 증가에 비하여 소비확대가 이루어지지 않아, 물량 조절을 위한 저장, 가공, 유통 등 생산에서 소비까지 종합적이고 효율적인 체제로의 개선이 요구되고 있다. 특히 소비자의 기호에 알맞은 감귤을 장기간 공급함으로써 물량조절을 할 수 있는 저온저장기술의 확립과 실용화는 더욱 시급한 일이 될 것이다.

과일의 연화(softening)는 세포벽 분해효소의 작용에 의하여 세포벽 성분이 분해되어 일어나며, 세포벽 구성성분의 조성과 형태, 세포벽 분해효소의 종류, 칼슘의 함량, pH 등에 영향을 받는다[1]. 식물조직 내에는 polygalacturonase (PGase)와 pectinmethylesterase(PEase)가 있다. PGase는 유리카르복시기가 존재하는 펙틴 물질을 분해하여 직접적으로 식물조직을 연화시키는 것으로, 이 효소는 펙틴 중의 메톡시기를 분리시켜 유리 카르복시기를 형성하는 역할을 한다.

따라서 식물조직의 연화를 방지하려면 PGase의 작용을 억제시키고 PEase를 활성화시킴으로써, 펙틴이 Ca^{+2} 이온과 cross-linkage를 형성시켜야 하는 것으로 알려져 있다[2]. 과일의 연화에 관여하는 효소에는 PGase, PEase, cellulase, glycosidase 등이 있으며, 이들 효소는 과일의 성숙과 후숙하는 동안에 활성이 증

가한다. 특히 PGase는 세포벽 중 middle lamella의 구성성분인 펙틴질을 분해시켜 유리시킴으로써 불용성 펙틴질은 감소하고 가용성 펙틴질이 증가하게 되며, 이때 세포벽의 middle lamella가 용해되어 연화를 촉진한다[3].

본 연구는 감귤에 들어있는 펙틴분해효소들이 성숙과 저장 중에 일어나는 연화 현상에 미치는 영향을 알아보고자 온주밀감의 경도, 펙틴분해효소의 활성의 변화 등을 검토하였다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 저장조건

저장용 감귤시료는 제주도 남원읍 한남리에서 1999년 11월에 생산된 55~70 mm인 중간 크기의 궁천조생(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*)을 시료로 사용하였다. 감귤을 인다센(유효성분 4-chlorophenyl-butylnitrile 1.5%와 ethylene bis dithiocarbamate 65%) 1,300배(유효농도 기준 0.05%) 용액에 2분간 침지 처리한 다음 풍건하였다.

결점과를 선별한 후 감귤을 용량이 26 L인 플라스틱 컨테이너에 약 12 kg씩 넣고, 저온저장고에 입고하기 전에 30℃에서 24시간 저장전 처리를 하였다. 내부공간이 160 x 190 x 235 cm인 농촌진흥청 감귤시험장의 저온저장고에서 저장 중 내부온도를 3±0.5℃, 분사식 노즐로 상대습도를 85±5%가 되도록 조절하였다. 분석시료는 12월부터 5월까지 저장하면서 15일 간격으로 반복 처리구마다 감귤을 각각 4~5개씩을 선정하여 일부분씩을 고루 취하여 혼합한 다음 분석시료로 사용하였다.

제 2 항 분석방법

저장기간 중 발생하는 부패율은 임의로 선정한 2~3상자에 대한 총과실수당 부패과 발생량을 백분율로 나타내었다. 과실의 중량감소는 반복당 10개의 과실을 선

정하여 각각의 중량을 15일 간격으로 측정하였고, 초기의 중량에서 매회 측정된 중량을 뺀 수치를 초기 중량에 대한 총 감소중량을 백분율로 나타내었다.

과실의 경도는 직경이 각각 2 mm probe가 부착된 texture analyzer(TA-XT2, UK)를 사용하여 중간 부위의 경도를 측정한 후, 최대값과 최소값을 제외한 평균값으로 나타내었다. 과피율은 조사시기별로 과피와 과육을 분리한 다음 각각의 중량을 측정하여 과실중량에 대한 백분율로 표시하였으며, 수분 함량은 각 시료를 일정량 취하여 105℃ 건조법에 의해 측정하였다.

과즙의 가용성고형물은 Abbe굴절계(RA-510, Kyoto Electronic, Japan)로 측정하였으며, 과즙의 pH는 pH meter(Orion 310, USA), 산 함량은 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 정량한 다음 구연산으로 환산하였다[4]. 총산 함량과 당도와의 관계를 당산비(Brix/acid ratio)로 나타내었다.

총당은 과육을 homogenizer로 분쇄한 다음 0.7 N HCl로 가수분해한 용액을 0.7 N NaOH로 중화한 다음 정용한 후 여과한 여액을 Somogyi-Nelson 방법[5]으로 정량하였다. 비타민 C는 시료 10 g를 5% metaphosphoric acid 50 ml를 가한 후 마쇄하여 감압여과하고 찌꺼기는 소량의 물로 세척하여 추가로 추출한 후 100 ml로 한 다음 2,4-dinitrophenyl hydrazine 비색법[6]에 준하여 분석하였다.

제 3 항 효소의 추출

효소의 추출은 손 등[1]이 행한 방법에 따라 시료 200 g에 증류수 400 ml를 가하여 균질화한 다음, 여기에 1 M이 되도록 NaCl를 가하고 pH 6으로 맞추어 3시간 동안 추출한 후 miracloth로 여과하였다. 여과액에 85% $(NH_4)_2SO_4$로 염석하여 원심분리하고, 침전물을 0.15 N NaCl 용액에서 48시간 투석한 다음, 12,000 rpm으로 원심분리한 상징액을 조효소액으로 하였다. 모든 효소의 추출 조작은 4℃에서 이루어졌다.

제 4 항 exo-polygalacturonase의 활성

exo-polygalacturonase의 활성 측정은 손 등[1]의 방법에 준하였다. 즉, 효소반응은 1% PGase 용액 200 μL와 증류수 100 μL의 혼합액에 효소액 100 μL를 가하여 30℃에서 30분간 반응시킨 다음, 100 mM borate 용액 2 ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 1% 2-cyanoacetamide 용액 400 μl를 가하여 잘 혼합하고, 10분간 끓인 후 냉각하여 276 nm에서 흡광도를 측정하였다. 30℃에서 30분 동안에 1 μmol의 환원당을 생성하는 효소량을 1 unit로 하였으며, 다음 식에 의해 효소활성을 계산하였다.

$$\text{효소활성(units/100 g)} = A \times B \times 100/C \times 1{,}000$$

A : 표준곡선에서 구한 효소액 0.1 μL 중의 무수 galacturonase의 양(μL).

B : 희석배수.

C : 효소추출에 사용한 감귤의 무게(g).

제 5 항 pectinmethylesterase의 활성

pectinmethylesterase(PEase)의 활성 측정은 허 등[7]의 titrimetric assay법을 수정한 방법으로 하였다. 즉, 0.1 M NaCl을 포함하는 1% pectin 용액 10 ml에 추출한 조효소 1 ml를 가하여 1시간 동안 40℃에서 반응을 시킨 다음 10분간 가열하여 반응을 정지시켰다. blank와 조효소액을 pH 8까지 0.02 N NaOH로 적정하였다. blank는 반응을 시키지 않은 용액을 사용하여 같은 방법으로 측정하였으며, PEase의 활성단위는 40℃에서 1시간 동안 반응시킨 카르복시기에 20을 곱하여 계산한 값을 1 μmol로 하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 저장 중 감귤성분의 변화

Table 1은 궁천조생 온주밀감의 저장 중 가용성고형물(°Brix), pH, 산 함량, 당산비, 총당, 환원당과 비타민 C의 변화를 나타내었다. 고 등[8]은 궁천조생의 평균 가용성고형물이 10.7 °Brix라고 보고하였으며, 본 실험에서도 저장 중 가용성고형물이 9.47~11.37 °Brix로서 저장기간 중 큰 차이가 없었다. pH와 산 함량의 경우 저장 90일 동안 각각 3.49~3.63과 0.88~0.77%로서 큰 변화를 보이지 않았으나, 그 이후에는 산 함량이 급속히 감소함을 알 수 있었다. 총당은 7.75%에서 9.38%까지로 점차 증가하였으며, 이는 증산작용에 의한 중량감소로 주스 중 당 함량의 농축효과에 기인하는 것으로 여겨졌다. 비타민 C는 저온저장에서 큰 변화 없이 유지되고 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Physicochemical properties of satsuma mandarin during storage

Storage days	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Soluble solids (° Brix)	9.47	9.63	10.21	10.24	9.85	9.61	9.76	10.64	9.99	11.37
pH	3.49	3.62	3.87	3.46	3.68	3.63	3.89	3.94	4.19	4.23
Acid content (%)	0.88	0.79	0.70	0.80	0.76	0.77	0.53	0.53	0.57	0.38
Brix/acid ratio	10.76	12.19	14.59	12.80	12.96	12.48	18.42	20.08	17.53	8.95
Total sugar (%)	7.75	7.57	7.98	8.37	7.55	7.73	8.15	9.02	8.09	9.38
Reducing sugar(%)	2.73	2.71	2.75	2.85	2.22	2.41	2.72	2.61	2.56	2.57
Ascorbic acid (mg/100 g)	38.97	40.52	47.68	47.78	49.24	44.08	40.43	ND*	41.49	44.76

* ND : Not determined.

제 2 항 부패율과 중량감소

궁천조생의 부패율 및 중량감소는 Fig. 1과 같다. 감귤의 부패는 저장 30일 후부터 나타나기 시작하였다. 발생원인으로는 미숙과, 미생물에 오염된 감귤이나 수확 중 또는 전처리 과정 중에 물리적인 손상에 의한 영향 등이 주요 요인이라고 할 수 있다. 저장 45일부터는 미생물에 의한 부패과가 발생하기 시작하였으며, 90일 이후부터 급속히 증가하였다. 이는 감귤조직의 연화와 더불어 미생물 발육에 알맞은 습도를 유지하게 되어 부패과 발생이 일어나기 시작한 것으로 판단된다. 저장 기간에 따른 중량감소는 저장 15일에 2.34%에서 저장 150일에 24.50%까지 계속하여 완만하게 증가하였다.

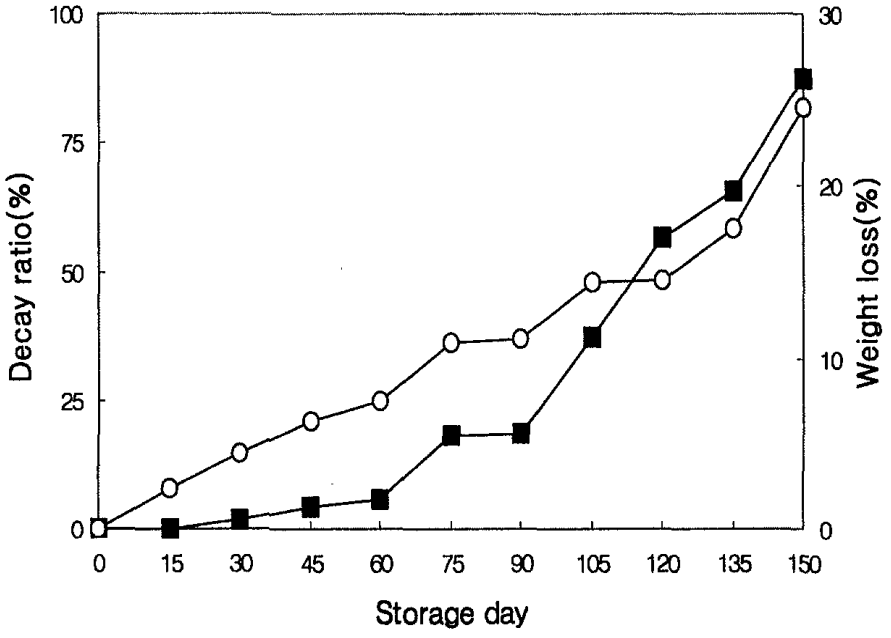


Fig. 1. Changes in decay ratio and weight loss of satsuma mandarin during storage. -○- : weight loss, -■- : decay ratio.

제 3 항 경도와 수분 함량

Fig. 2는 성숙 중 감귤의 경도변화를, 그리고 Fig. 3은 저장 중 경도변화를 나타내었다. 성숙 중에는 2 mm probe로 측정한 경도 값이 1,176.8 g-force에서 503.6 g-force로 과일이 비대하면서 급속히 감소하였다. 또한, 경도변화는 저장기간이 길어질수록 538.9 g-force에서 336.9 g-force까지로 완만하게 낮아졌다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 부패율이 증가하는 것과, Fig. 3에서 보는 바와 같이 경도가 낮아지는 것은 일치하고 있어서 감귤의 생리적 작용에 의하여 껍질조직이 물러지고 있음을 알 수 있었다.

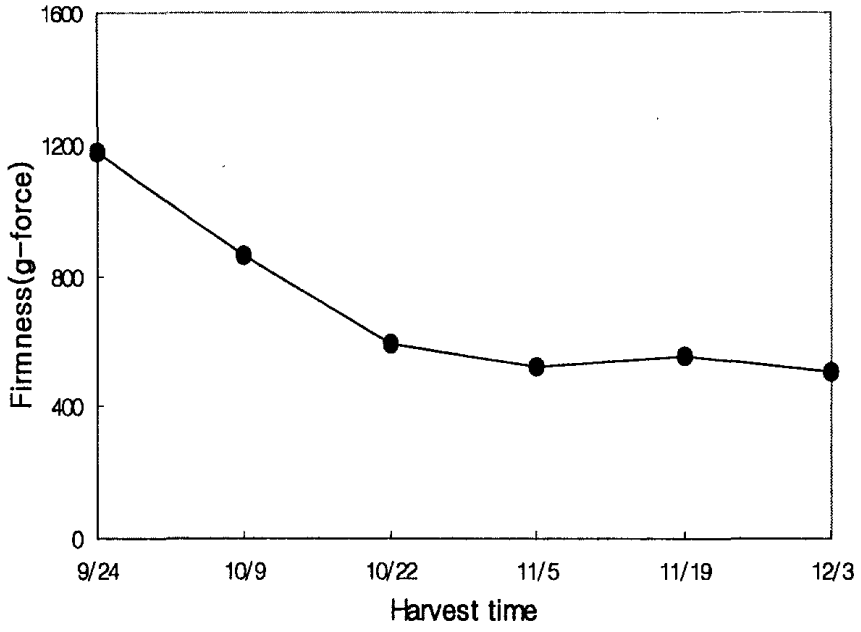


Fig. 2. Firmness changes of satsuma mandarin during maturation(g-force).

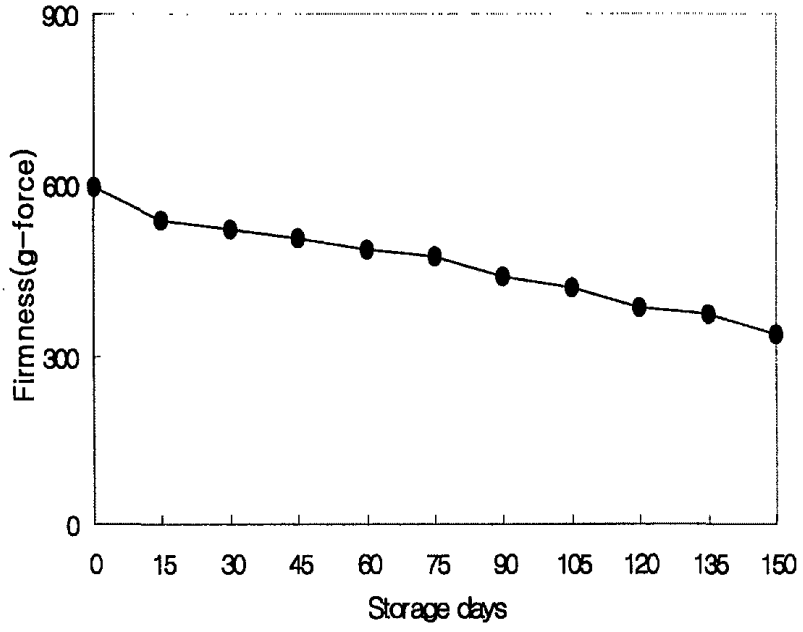
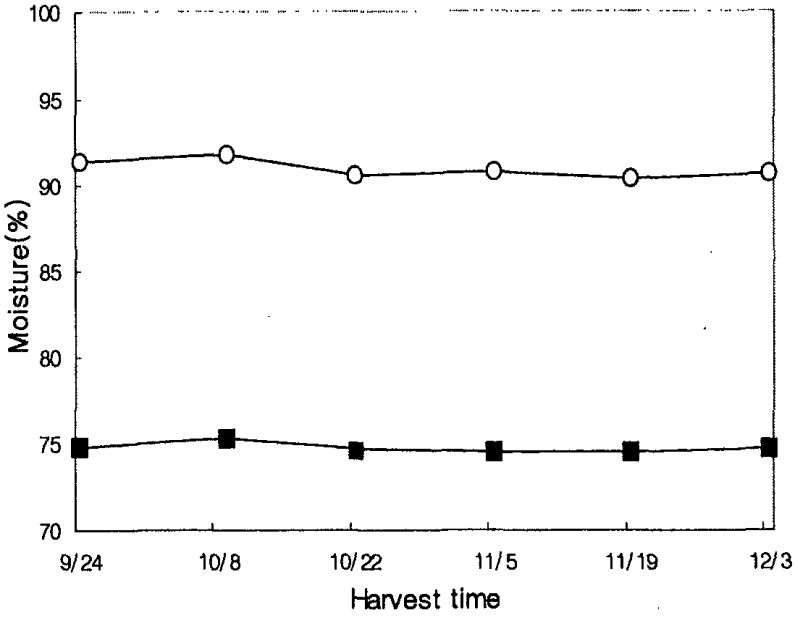
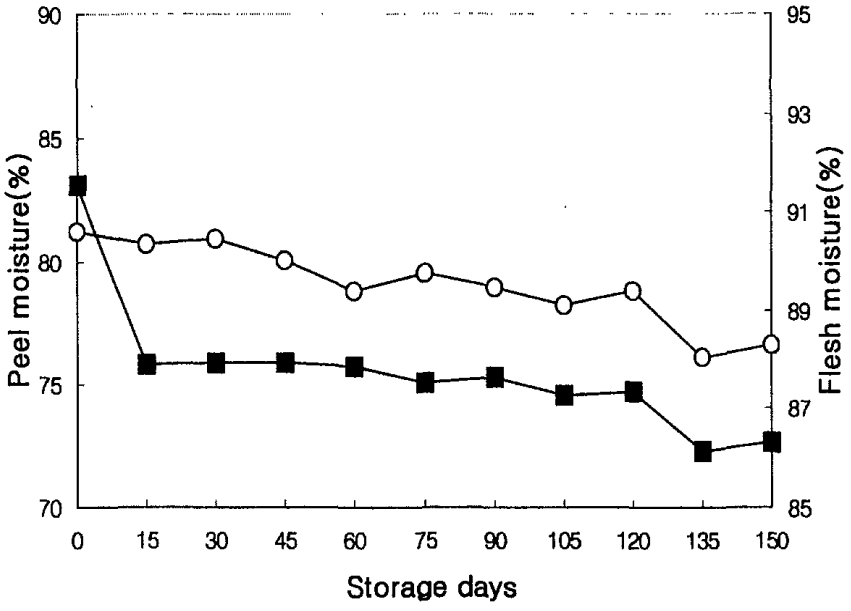


Fig. 3. Firmness changes of satsuma mandarin during storage.

Fig. 4는 성숙과정과 저장 중 껍질과 과육 부위에 대한 수분 함량의 변화를 나타내었다. 성숙 중 감귤의 과피와 과육의 수분 함량은 각각 75.3%에서 74.9%로, 91.8%에서 90.7%로 약간 감소하였다. 그리고 저장감귤에서는 저장용 감귤의 저장 전 처리로 인하여 초기에 과피에서 감소되었던 수분은 저장기간에 따라 과피와 과육의 수분 함량이 각각 75.8%에서 72.6%까지로, 90.3%에서 88.3%까지로 약간 감소하였다. 감귤은 수확 후에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분의 변화와 더불어 과육에서부터 과피로 수분이 이동되고, 표면에서의 수분증발이 일어나 저장기간 중 중량감소가 지속되는 것으로 판단된다.[9]



(a)



(b)

Fig. 4. Moisture content changes of satsuma mandarin during maturation(a) and storage(b). -○- : flesh, -■- : peel.

제 4 항 pectinmethylesterase의 활성

PEase는 고등식물에 널리 분포되어 있으며, 펙틴의 메틸기를 유리시키는 효소로서 연화 초기에 중요한 역할을 한다[10]. 과일의 PEase의 활성은 성숙 중에 증가한 후 일정하게 유지되거나 감소하며, 다른 효소들과 함께 과실의 연화에 관여하는 것으로 보고되고 있다[3]. PEase는 PGase와 같이 많은 과실에서 여러 isoenzyme 형태로 존재한다. 미숙과에서 PEase의 출현과 높은 활성은 연화와 관련이 없는 다른 세포벽 대사에 관여하는 것이라고 하였다[3]. PEase는 세포벽의 polygalacturonan의 methoxyl기를 제거하여 PGase의 작용을 쉽게 해주는 역할을 한다.

Fig. 5는 감귤 저장 중에 PEase 활성의 변화를 나타내었다. 과피에서 저장 60일에는 14.4 μmol에서 39.0 μmol까지로, 과육은 26.0 μmol에서 38.8 μmol까지로 각각 증가하였다. 그러나 이후 감소하기 시작하여 저장 150일에는 8.2 μmol과 6.0 μmol로 각각 감소하였다. 신 등[3]의 보고에 의하면 과일 세포벽에서의 pectin methylation의 정도는 연화 중에 일정하게 유지된다고 하였으나, 본 실험 결과와는 다소 차이가 있었다.

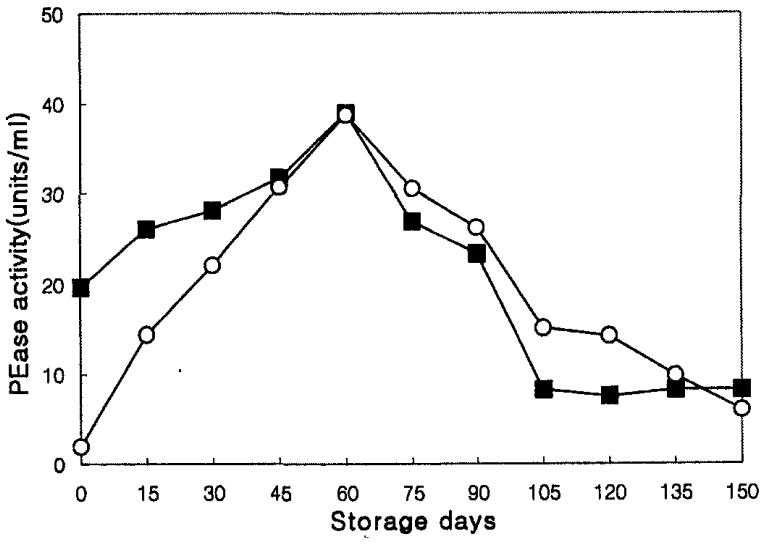


Fig. 5. Changes in pectinmethylesterase activity of satsuma mandarin during storage. -○- : flesh, -■- : peel.

제 5 항 exo-polygalacturonase 활성의 변화

호흡상승형 과실의 주된 연화효소로 알려져 있는 PGase는 세포벽의 middle lamella를 구성하는 pectin질을 분해하여 저분자의 polyuronide를 유리시켜 연화를 초래한다. 불용성 pectin질이 가용성 pectin질로 전환되며, 가용성 pectin질에는 중성 단당류의 비율이 낮다고 하였다[3]. PGase의 활성은 미숙과에서 매우 낮거나 거의 나타나지 않으나, 과일의 성숙으로 급속히 증가하여 연화되는 시기 동안에 가장 높게 나타난다. 연화 중 PGase의 활성 증가는 세포벽 단백질의 유리와 관련이 있다고 보고되고 있다[11].

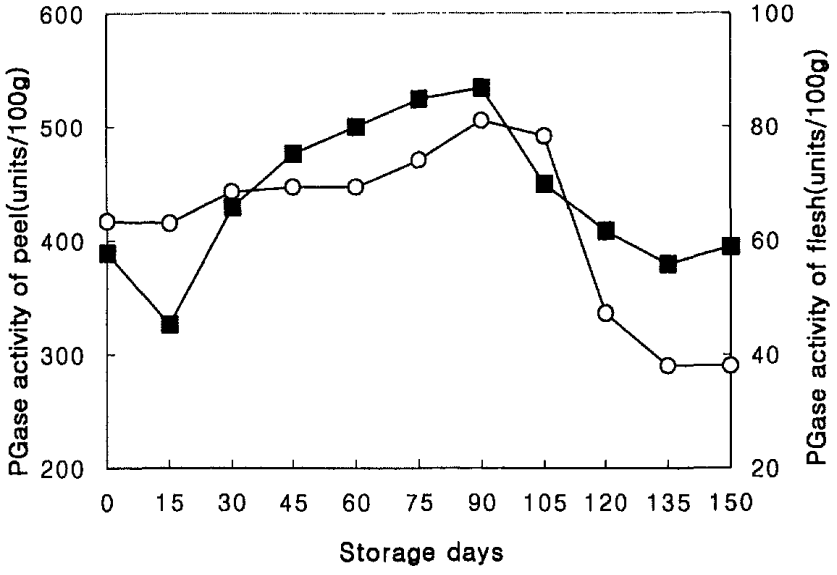


Fig. 6. Changes in exo-polygalacturonase activity of satsuma mandarin during storage. -○- : flesh, -■- : peel.

Fig. 6은 감귤의 저장 중 연화에 영향을 미치는 세포벽 분해효소인 exo-polygalacturonase 활성 변화를 나타내었다. exo-polygalacturonase 활성은 과피에서 325.95 units/100 g에서 저장 90일에 534.94 units/100 g까지로, 과육에서 63.14 units/100 g에서 81.0 units/100 g까지로 각각 증가를 하다가 저장 후 150일에는

393.98 units/100 g과 38.01 units/100 g으로 급속히 감소하였다. 조생온주밀감의 경우 저장 90일까지 효소활성이 증가하다가, 그 이후 감소하는 것으로 미루어 신선도를 유지할 수 있는 기간은 90일 정도가 알맞을 것으로 판단되었다.

제 4 절 참고문헌

1. Son, M. A., Seo, C. H., Kim, M. H., Shin, S. R., Kim, J. N. and Kim, K. S., Changes in the cell wall components and cell wall-degrading enzyme activities of jujube fruits during maturation, *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agric. Products* 2(1), 185-193(1995)
2. Lui, Y. C., Kwon, K. and Park, K. H., Infusion of pectinesterase for preventing softening of *Kimchi* tissue, *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(2), 393-395(1996)
3. Shin, S. R. and Kim, K. S., Changes in cell wall components and cell wall-degrading enzymes during softening of fruits, *Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agric. Products* 3(1), 93-104(1996)
4. Gohara, T. ed., Food analysis Handbook, Kenpakusha, Japan, p. 334-335 (1973)
5. Hatanaka, C. and Kobara, Y., Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method. *Agric. Biol. Chem.* 44(12), 2943-2949(1980)
6. Chu, H. K. et al., Food Analysis, Hak Moon Pub. Co., Seoul, p. 355-359 (1995)
7. Hou, W. N., Kim, M. H. and Go, E. K., Partial purification of fig pectinesterase and characterization of its *in situ* activity, *Korean J. Food Sci. Technol.* 30(5), 1169-1178(1998)
8. Koh, J. S. and Kim, S. H., Physicochemical properties and chemical

compositions of citrus fruits produced in Cheju, *Agric. Chem. Biotechnol.* 38(6), 541-545(1995)

9. 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(2), 117-122(1997)
10. Seo, C. H., Shin, S. R., Jeung, Y. J. and Kim, K. S., Changes in polygalacturonase during softening of persimmon and jujube fruits, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26(2), 180-185(1997)
11. Lee, K. H., Kim, K. S., Kim, M. H., Shin, S. R. and Yoon, K. Y., Studies on the softening of strawberry during circulation and storage, (1) Changes of cell wall components, protein and enzymes during ripening, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27(1), 29-36(1998)

제 5 장 제주산 만감류 청견의 저장 중 성분과 펙틴분해효소 활성의 변화

제 1 절 서 설

과실의 연화(softening)에 관여하는 효소로는 polygalacturonase(PGase), pectin-methylesterase(PEase), cellulase, glycosidase 등이 있으며, 이들 효소는 과실의 성숙하는 동안에 활성이 증가한다. 특히 PGase는 세포벽 중 middle lamella의 구성성분인 펙틴질을 분해시켜 저분자화로 유리됨으로써 난용성 펙틴질은 감소하고 가용성 펙틴질이 증가하게 되며, 이때 세포벽의 middle lamella가 용해되어 연화를 촉진한다[91]. 따라서 식물조직의 연화조직을 방지하려면 PGase의 작용을 억제시키고 PEase를 활성화시킴으로써, 펙틴이 Ca^{+2} 이온과 cross-linkage를 형성하도록 하는 것으로 알려져 있다[(2)].

과실의 연화에 대한 연구는 주로 세포벽의 구조, 세포벽 구성 성분과 조성, 성숙과 저장 중에 일어나는 세포벽 구성성분의 변화와 세포벽 분해효소들의 조성과 활성의 변화, 그리고 이들 효소의 작용기작을 구명하는데 초점을 두고 있다. 연화의 정도는 세포벽 분해효소의 활성과 세포벽 구성성분의 조성과 결합방법, 이들의 상호작용, 다당류의 크기, 측쇄 결합의 정도와 분해 정도, 수소결합의 정도, 칼슘의 함량에 영향을 받는다.

국내산 감귤의 펙틴 함량 및 세포벽 분해효소에 대한 연구는 미흡한 편이다. 제주에서 생산되는 만감류인 청견은 대부분 출하 전에 저온저장이 이루어지고 있으며, 저장 중 품질유지를 위한 연구가 필요한 실정이다. 저자 등에 의해 온주밀감의 저장 중 펙틴 함량[(3)]과 펙틴분해효소의 활성변화[(4)]에 대하여 발표한 바 있으나, 만감류에 대한 연구는 발표된 바 없다. 따라서 본 연구는 청견의 저온저장 중 펙틴

함량과 펙틴분해효소의 활성의 변화를 통하여 연화현상을 구명하고, 저장 중에 신선도를 유지할 수 있은 방법을 찾기 위한 기초연구로서 수행되었다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 재료 및 저장조건

본 실험에 사용된 감귤은 제주도 서귀포시 토평동 소재 과수원에서 무가온 시설재배하여 수확한 만감류인 청견(kiyomi tangor, *Citrus unshiu* x *sinensis*)을 시료로 하였고, 중간 크기인 감귤을 사용하였다. 저온저장고에 입고하기 전에 결점과를 선별한 후, 청견을 용량이 26 L인 플라스틱 컨테이너에 약 12 kg씩 넣었다. 내부공간이 160 x 190 x 235 cm인 농촌진흥청 감귤시험장의 저장고에 내부온도를 3±0.5 ℃가 되도록 조절하였으며, 분사식 노즐로 상대습도를 85±5%가 되도록 조절하였다. 저장감귤은 2월 25일부터 8월 25일까지 15일 간격으로 감귤을 각각 4~5개씩 분석시료로 사용하였다.

제 2 항 부패율과 중량감소

저장기간 중 발생하는 부패율은 임의로 선정한 2상자(12 kg/상자)에 대한 총과실수당 부패과 발생량을 백분율로 나타내었다. 중량감소는 처리 전에 반복당 10개의 과실을 선정하여 각각의 중량을 15일 간격으로 측정하였고, 초기의 중량에서 매회 측정된 중량을 뺀 수치를 초기 중량에 대한 총 감소중량의 백분율로 나타내었다.

제 3 항 과피율과 수분함량

과피율은 조사시기별로 과피와 과육을 분리한 다음 각각의 중량을 측정하여 과실 중량에 대한 백분율로 표시하였으며, 수분 함량은 각 시료를 일정량 취하여 105℃ 건조법에 의해 측정하였다.

제 4 항 경 도

과실의 경도는 직경이 각각 2 mm probe가 부착된 texture analyzer(TA-XT2, UK)를 사용하여 중간 부위의 경도를 측정한 후, 최대값과 최소값을 제외한 평균값(g-force)으로 나타내었다.

제 5 항 알코올불용성 고형물(AIS)의 정량

眞部와 猶原[6]의 방법에 따라 감귤시료를 세절하고, 여기에 99% 에탄올을 2~3배 가하여 15분간 역류냉각기가 설치된 후라스크에서 끓인 후 냉각하고 Buchner 여과기로 흡입 여과시켰다. 잔사는 motor에서 마쇄한 후 뜨거운 70% 에탄올을 사용하여 여과기에 옮기고, 여과를 반복하였다. 당 반응이 없어지면, 99% 에탄올로 씻어내고 칭량한 200 ml 비커에 잔사를 옮긴 다음, 풍건하여 에탄올을 날려보낸 후 하룻밤 동안 감압 건조시켜 AIS를 정량하여 습량기준(wet basis)으로 나타내었다.

제 6 항 효소의 추출

효소의 추출은 손 등[7]의 방법에 따라 시료 200 g에 증류수 400 ml를 가하여 균질화한 다음 여기에 1 M 되도록 NaCl를 가하고 pH 6으로 맞추어 3시간 동안 혼합한 후 miracloth로 여과하였다. 추출한 여과액에 85% $(NH_4)_2SO_4$로 염석하여 원심분리하고, 침전물을 0.15 N NaCl 용액에서 48시간 투석한 후, 12,000 rpm로 원심분리 한 상징액을 조효소액으로 하였다. 모든 효소의 조작은 4℃에서 행하였다. 단백질의 정량은 Lowry법[5]에 따라 측정하였으며 표준단백질은 bovine serum albumin을 사용한 표준곡선을 구하고, UV파장이 500nm에서 측정하여 단백질 함량을 구하였다.

제 7 항 exo-polygalacturonase(exo-PGase)의 활성

exo-PGase의 활성의 측정은 손 등[7]의 방법에 준하였다. 즉, 효소반응은 1%

PGase 용액 200 μL와 증류수 100 μL의 혼합액에 효소액 100 μL를 가하여 30 ℃에서 30분간 반응시킨 다음, 100 mM borate 용액 2 ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 1% 2-cyanoacetamide 용액 400 μL를 가하여 잘 혼합하고, 10분간 끓인 후 냉각하여 276 nm에서 흡광도를 측정하였다. PGase의 활성은 30℃에서 30분 동안에 1 μmole의 환원당을 생성하는 효소량을 1 unit로 하였으며, 다음 식에 의해 효소활성을 계산하였다.

$$\text{효소활성 (units/100 g)} = A \times B \times 100/C \times 1{,}000$$

A : 표준곡선에서 구한 효소액 0.1 μL 중의 무수 galacturonase의 양(μL).

B : 희석배수.

C : 효소추출에 사용한 감귤의 무게(g).

제 8 항 endo-polygalacturonase(endo-PGase)

효소액 100 ml를 비이커에 담아 spindle (No.1), motor speed를 12로 하여, viscometer(Model DV-Ⅱ, USA)계로 측정하였다.

제 9 항 pectinmethylesterase(PEase)의 활성

PEase의 활성의 측정은 허 등[8]의 titrimetric assay법으로 하였다. 즉, 0.1 M NaCl을 포함하는 1% pectin용액 10 ml에 추출효소는 1 ml를 가하여 1시간 동안 40℃에서 반응을 시킨 다음 10분간 가열하여 반응을 정지시켰다. blank와 효소추출액을 pH 8까지 0.02 N NaOH로 적정하였다. blank는 반응을 시키지 않은 용액을 사용하여 같은 방법으로 측정하였으며, PEase의 활성 단위는 40℃에서 1시간 동안 반응시킨 카르복실기에 20을 곱하여 계산한 값을 1 μmole로 하는 효소를 1 unit로 하였다.

제 9 항 펙틴질의 분획 및 정량

펙틴질의 분획은 眞部와 猶原[6]의 방법에 따라 AIS 1 g에 증류수 200 ml를 가하여 추출한 것을 수용성 펙틴(water soluble pectin, WSP)으로 하였다. 잔사에 4% hexametaposphate 용액 25 ml를 가하고 전체 용량을 250 ml로 맞춘 다음 여과한 여액을 헥사메타인산 가용성펙틴(hexametaposphate soluble pectin, HMP)으로 하였다.

염산가용성 펙틴(hydrochloric acid soluble pectin, HSP)은 남은 잔사를 0.05 N 염산농도가 되도록 1 N HCl 용액 10 ml를 가한 뒤, 증류수를 가하여 내용물 총량이 200 g이 되도록 하였다. 환류 냉각기를 부착한 다음 비등욕 중에서 1시간 가열한 후 냉각시킨 다음 여과하여 250 ml가 되도록 맞춘 여액을 HSP로 하였다.

각각의 분획물은 carbazole 비색법[9]에 따라 각 시료용액 0.5 ml와 진한 황산 3 ml를 잘 혼합한 다음 20분간 중탕가열하고 냉각시켰다. 여기에 carbazole 시약 100 μL를 가하여 2시간 동안 정색시킨 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하여 galacturonic acid 검량선에 의해 함량을 산출하였다.

$$\text{Pectin content(mg/100 g-fruits)} = Y \times \text{희석배수} \times A/B \times 1{,}000$$

Y : 표준곡선에서 구한 추출액 0.5 ml 중 무수 galacturonic acid의 양(μL).

A : 알코올 불용성 고형물(AIS)의 양(g).

B : 펙틴 추출에 사용한 AIS의 무게(g).

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 감귤의 물리적 특성

저장감귤의 과형지수, 껍질두께, 과중, 비중, 과피율은 Table 1에 나타내었다. 본 실험에서는 비교적 상품성이 큰 중간 크기의 감귤을 분석시료로 사용하였다. 이는

Table 1. Physical properties of kiyomi tangor during storage

Storage days	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Width/ Length (mm)	76.07/ 67.12	74.01/ 63.32	73.57/ 64.03	75.34/ 69.66	78.51/ 66.81	78.50/ 65.37	80.71/ 67.58	78.80/ 63.37	76.15/ 66.71	78.62/ 66.19	78.55/ 65.76	76.36/ 66.18	76.51/ 65.18
Fruit index	1.13	1.17	1.15	1.08	1.17	1.20	1.19	1.24	1.14	1.19	1.19	1.15	1.17
Thick-ess (mm)	3.57	3.95	4.79	4.23	3.94	4.13	4.13	3.71	4.17	4.86	4.19	4.32	4.23
Fruit weight (g)	200.7	176.58	173.02	181.01	202.5	192.1	211.7	193.7	186.9	196.7	193.1	178.9	187.8
Specific gravity	0.97	0.98	0.93	0.95	0.92	0.89	0.92	0.91	0.89	0.86	0.88	0.85	0.89
Rate of flesh(%)	74.83	74.29	75.08	75.54	74.00	73.00	73.86	76.37	74.00	72.00	74.33	72.45	73.40

감귤이 커질수록 과중 및 껍질두께가 비례적으로 증가하고, 경도 및 과육율은 감소한다. 청견의 과형지수는 1.13에서 1.24까지로 타원형의 형태를 유지하였으며, 고와 김[10]은 궁천조생의 평균 과형지수가 1.28로 보고된 것과 비교할 때 청견이 대체로 원형에 가까운 타원형을 유지하고 있다.

제 2 항 감귤의 물리화학적 특성

Table 2는 청견의 저장 중 가용성고형물(°Brix), pH, 산 함량, 당산비, 총당, 환원당과 비타민 C의 변화를 나타내었다. 송 등[11]은 제주산 감귤의 평균 가용성고형물 9~10°Brix라고 하였고, 고와 김[10]은 궁천조생의 평균 가용성고형물이 10.7°Brix라고 보고하였다. 본 실험에서는 저장 중 가용성고형물이 10.58~12.12°Brix이었으며, 궁천조생 온주밀감보다 약간 높게 나타났다. 이밖에 pH와 당산비는 각각 3.21%에서 3.73%까지로, 7.00%에서 12.02%까지로 증가하였지만, 유기산은 1.51에

서 0.96 %까지로 감소하였다.

Table 2. Physicochemical properties of kiyomi tangor during storage

Storage days	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Soluble solids (°Brix)	10.58	11.69	10.92	11.21	11.25	11.37	12.12	11.62	11.43	11.97	11.70	11.65	11.54
pH	3.21	3.27	3.37	3.25	3.78	3.44	3.92	3.70	3.94	3.57	3.96	3.52	3.73
Acid content(%)	1.51	1.59	1.42	1.31	1.21	1.27	1.10	1.31	1.19	1.18	1.14	1.09	0.96
Brix/acid ratio	7.00	7.35	7.69	8.56	9.30	8.95	11.02	9.02	9.61	10.14	10.26	10.69	12.02
Total sugar(%)	8.47	8.73	8.24	8.73	8.68	9.42	9.45	9.34	9.40	9.14	9.43	9.38	8.67
Reducing sugar(%)	2.56	3.43	3.15	3.17	3.14	3.34	3.70	3.40	3.56	3.50	3.35	3.70	3.29
Ascorbic acid (mg/100g)	54.5	64.34	59.99	26.32	59.27	59.75	58.17	53.67	66.96	60.09	51.39	61.37	56.44

제 3 항 부패율과 중량감소

Fig. 1은 저장기간 중 청견의 부패율 및 중량감소를 나타내었다. 약간 미숙한 상태에서 수확한 일부 감귤이 내용성분이 충실하지 못하여 저온 중에서 생리적 장해로 인하여 일어나는 경우와 수확 및 전처리 과정 중에 물리적인 충격 등에 의해 영향을 받은 감수성이 예민한 감귤에서 나타날 수가 있다[12]. 본 실험에서는 2월말에 저장한 감귤이 저장 150일부터 부패과가 나타나기 시작하였다. 이는 발육에 알맞은 습도를 유지하게 되어 부패과 발생이 이루어진 것으로 판단된다. 저장기간 중 과습하게 되면 푸른곰팡이병, 회색곰팡이병, 흑부병 등이 발생한다[13].

저장기간 중 중량감소는 저장 150일까지 매우 완만하게 진행되어 약 8%에 이르

렀으며, 온주밀감에 비하여 매우 저장성이 좋은 것을 알 수 있었다. 온주밀감의 경우는 주로 습도가 높은 저온에서 생리적인 장해에서 오는 부패과의 발생이 많은 반면 청견의 경우는 냉해발생이 거의 없어서 저장성이 상대적으로 좋았으며, 이는 감귤의 특성이 저장성에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

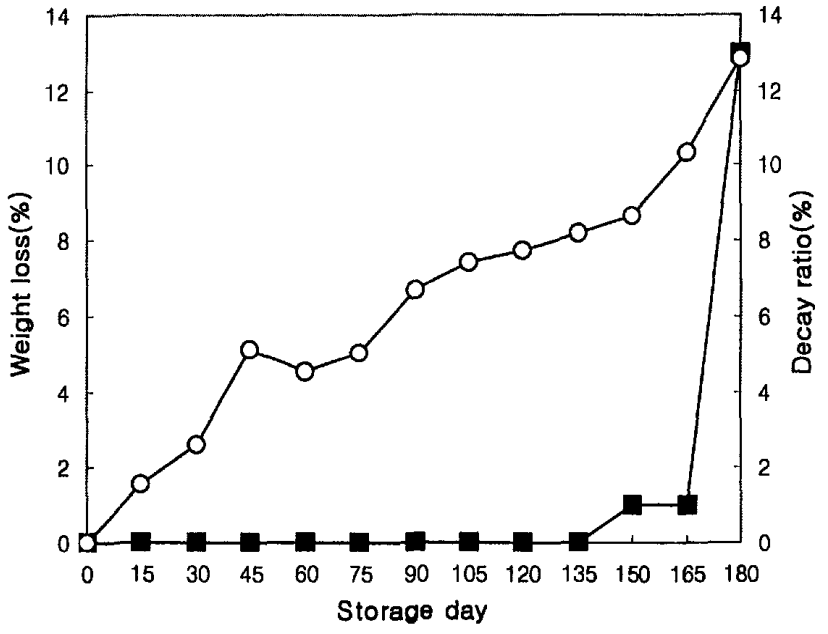


Fig. 1. Changes in decay ratio and weight loss of kiyomi tangor during storage.

-○- : weight loss, -■- : decay ratio.

제 4 항 경도와 수분 함량

저장감귤의 신선도를 평가하기 위하여 껍질의 경도 변화와 수분 함량의 변화를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 경도 변화는 저장 중에 저장기간이 길어질수록 2 mm와 6.2 mm probe가 각각 808.7 g-force에서 406.4 g-force까지로, 1,962.0 g-force에서 1,183.8 g-force까지로 완만하게 낮아지고 있어 감귤의 생리적 작용에 의해

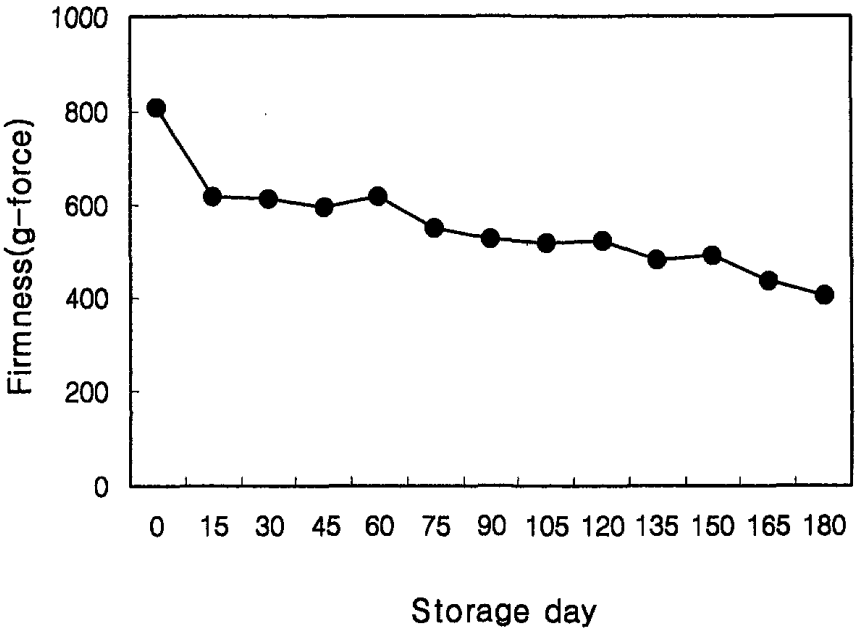


Fig. 2. Changes in firmness of kiyomi tangor during storage.

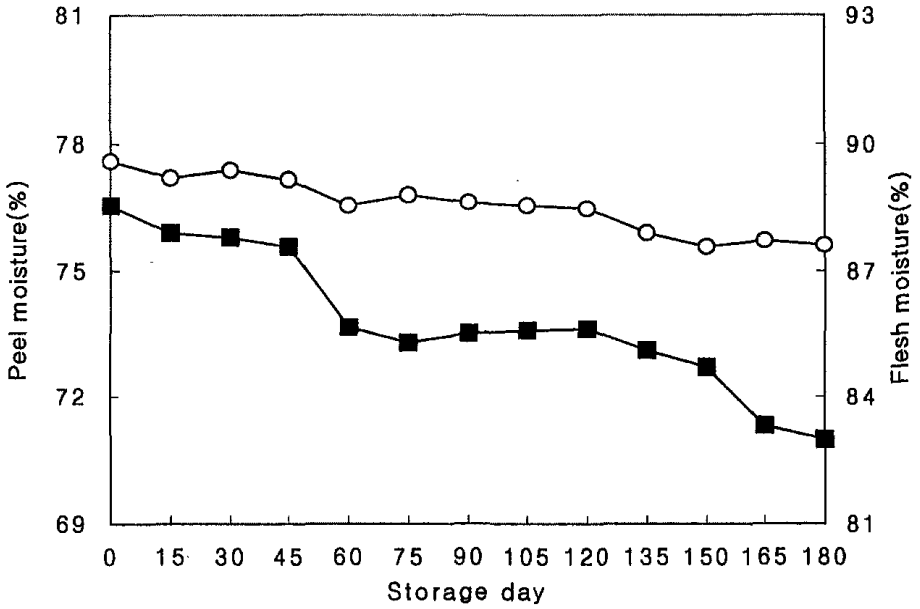


Fig. 3. Changes in moisture of kiyomi tangor during storage.

-○- : flesh, -■- : peel.

껍질조직이 부드러워졌다. 이러한 현상은 5월 초순인 저장 75일부터 심해지는 것을 알 수 있었다. 과실은 수확 후에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분의 변화 및 과피로부터 수분증발이 일어난다. 저장용 감귤의 전처리(豫措)로 인하여 15일에 약간 감소되었던 수분은 저장기간에 따라 과피와 과육이 각각 76.54%에서 70.98%까지로, 89.61%에서 87.61%까지로 약간 감소하였다. 신선도를 유지한 상태에서 8월 말까지 상품성은 충분한 것으로 보였다.

제 5 항 알코올불용성 고형물(AIS) 정량

감귤의 과피는 두껍고 펙틴질이 풍부한 흰 스폰지상의 albedo 층과 정유성분이 다량 축적된 flavedo 층으로 이루어져있다. 이들 2가지 층을 서로 분리하게 되면 각각의 특성에 맞는 유용물질을 쉽게 분리, 회수할 수 있게 된다[14]. 과실의 성숙과 연화 중에 알코올불용성 물질이 감소하는 것은 세포벽 분해효소의 작용에 의해 불용성인 고분자물질이 가용성의 저분자 물질로 전환되었기 때문이다[7].

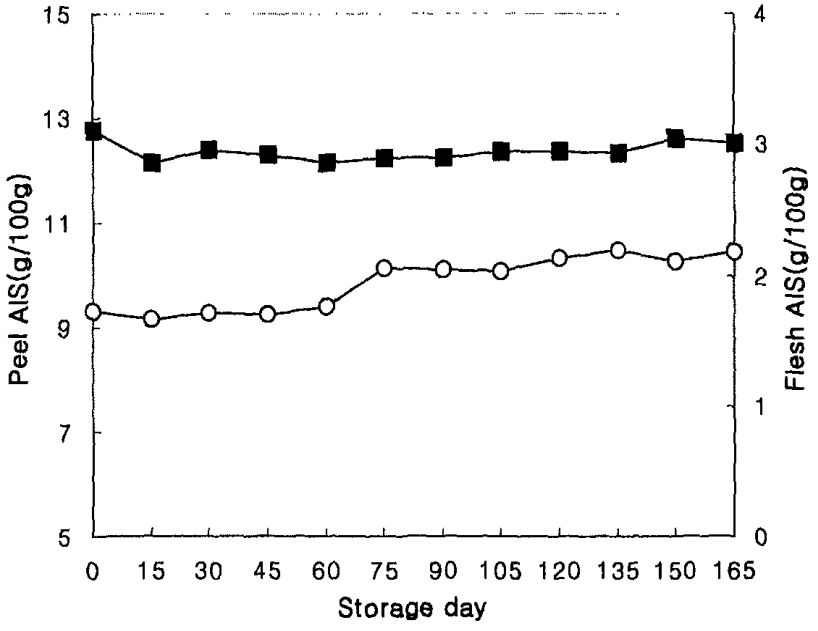


Fig. 4. Changes in alcohol insoluble solid of kiyomi tangor during storage.
-○- : flesh, -■- : peel.

Fig. 4는 감귤 저장 중 알코올불용성 고형물의 변화를 나타내었다. 이 등[15]은 과실의 성숙과 연화 중에 알코올불용성 물질과 세포벽 성분이 감소한다고 보고하는 것과 같이 감귤 저장 중에는 과피가 12.74 g/100 g에서 12.42 g/100 g까지로 큰 차이는 없었지만, 과육에서는 1.72 g/100 g에서 2.15 g/100 g까지로 약간 증가하였다.

제 6 항 pectinmethylesterase(PEase)의 활성

PEase는 고등식물에 널리 분포되어 있다. 과실의 PEase의 활성은 성숙 중에 증가하여 일정하게 유지되거나 감소하며 다른 효소들과 함께 과실의 연화에 관여하는 것으로 보고되고 있다[1]. PEase는 PGase와 같이 많은 과실에서 여러 isoenzyme 형태로 존재한다. 미숙과에서 PEase의 출현과 높은 활성은 연화와 관련이 없는 다른 세포벽 대사에 관여한다고 하였다[1]. 그리고 PEase는 세포벽의 polygalacturone의 methoxyl기를 제거하여 PGase을 작용을 쉽게 해주는 역할을 한다. Liu 등[16]은 PEase 활성이 온도의 변화에 따라 45~85℃로 갈수록 감소한다고 하였고, Cameron 등[17]은 95℃까지 PEase 활성을 가진다고 하였다.

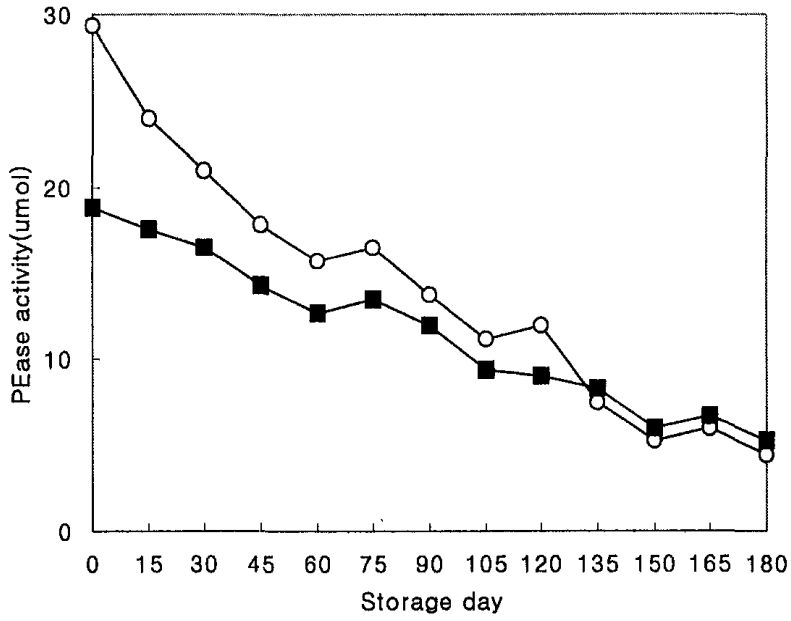


Fig. 5. Changes in PEase activity of kiyomi tangor during storage.
-○- : flesh, -■- : peel.

Fig. 5은 감귤 저장 중에 PEase 활성의 변화를 나타내었다. 과피와 과육은 각각 생과를 기준으로 14.7 units/g에서 2.3 units/g까지로, 9.4 units/g에서 2.7 units/g까지로 감소하였다. 신 등[1]의 보고에 의하면 과실 세포벽의 pectin methylation의 정도는 연화 중에 일정하게 유지된다고 하였는데, 본 실험 결과와는 차이가 있었다.

제 7 항 endo-polygalacturonase (endo-PGase)의 활성

pectin질 분해효소는 PGase이며, 무작위로는 작용하는 endo 형태와 말단에 작용하는 exo 형태가 존재한다. 과실의 종류와 품종에 따라 endo-PGase, exo-PGase의 조성에는 차이가 있다. 즉, 2형태의 효소 모두를 함유한 것은 복숭아, 배, 오이, 바나나, 파파야 등이 있으며, 이 중에서 exo-PGase가 pectin질 분해에서 우세한 과실은 배, 바나나, 점핵성 복숭아, 파파야 등이다[1].

Table 3는 감귤 저장 중에 endo-PGase의 변화를 나타내었다. endo-PGase는 미숙과실에서는 활성이 없거나 매우 낮으며, 성숙과 연화할 때에 급격히 증가한다고 보고하였는데[1], 본 실험에서는 과피와 과육이 각각 0.5~04%, 0.5~0.3%로 거의 차이가 없었다.

Table 3. Changes in endo-PGase activity of kiyomi tangor during storage (%)

Storage days	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
Peel	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
Flesh	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3

제 8 항 exo-polygalacturonase (exo-PGase) 활성의 변화

호흡상승형 과실의 주된 연화효소로 알려져 오랫동안 많은 연구의 대상이 된 PGase는 세포벽의 middle lamella를 구성하는 pectin질을 분해하여 저분자의 polyuronide를 유리시켜 연화를 초래한다. PGase의 활성은 미숙과에서 매우 낮거

나 거의 나타나지 않으나, 과실의 성숙으로 급속히 증가하여 연화되는 시기 동안에 가장 높게 나타난다. 이러한 연화 중에서 PGase의 활성 증가를 연화현상의 하나인 세포벽 단백질의 유리와 결부시킨 연구도 있다[18].

exo-PGase는 protopectinase의 일종으로서 프로토펙틴으로부터 펙틴을 방출하며, 식물의 부패에 관여하는 미생물과 토양 미생물에 많이 존재한다[19]. PGase의 활성 증가는 과실이 성숙함에 따라 PGase가 생체 내에서 생합성됨과 더불어 세포벽에 glycoprotein 형태로 결합되어 있는 비활성형의 PGase가 유리되어 활성형으로 전환되기 때문인 것으로 알려져 있다[7].

Fig. 6은 감귤의 저장 중 연화에 영향을 미치는 세포벽 분해효소인 exo-PGase 활성 변화를 나타내었다. exo-PGase 활성은 과피에서 저장 150일에 558.09 units/100 mg로, 과육에서는 26.99 units/100 mg로 과피와 과육이 큰 폭으로 증가와 감소하였다. 과피에서는 과실의 성숙과 저장 중에 PGase 활성이 증가한다는 보고[7]와 일치하고 있다.

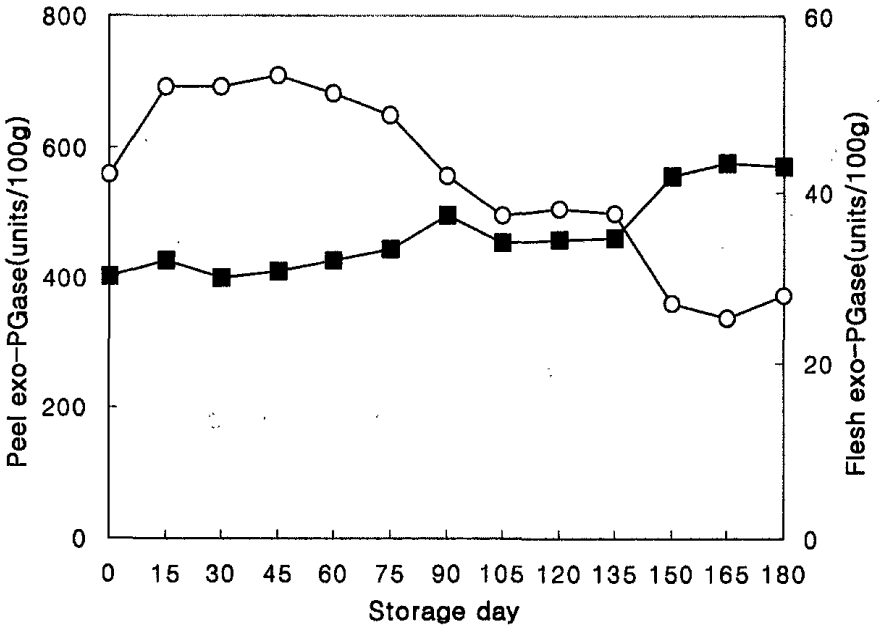


Fig. 6. Changes in exo-PGase activity of kiyomi tangor during storage.

-○- : flesh, -■- : peel.

One unit of activity is expressed as 1 μmole of reducing sugar released for 30 min at 30℃

제 9 항 단백질

세포벽을 구성하고있는 단백질은 xylose와 포도당을 함유하고 있는 당단백질로서 세포벽의 중층을 안정화시키고, 세포의 성장시 세포벽의 신장을 조절하는 것으로 알려져 있다. 세포벽 단백질은 hydroxyproline 잔기를 많이 함유하고 있으며 hydroxyproline 잔기는 아라비노오스와 결합하고 serine은 갈락토오스와 결합하여 세포벽을 구성하고있다. 이러한 세포벽 단백질은 과실의 연화 중에 PGase와 같은 펙틴분해효소에 의해 세포벽의 중층을 구성하고있는 펙틴질이 분해됨으로써 가용성 단백질로 유리된다[15].

Fig. 7에서는 저장기간 동안 과피와 과육이 각각 223.0 mg/100 g에서 147.61 mg/100 g로, 36.93 mg/100 g에서 21.27 mg/100 g로 감소하였다. 신 등[20]은 감의 성숙 중에 세포벽 단백질의 함량은 증가하나 연화할 때에 급속히 감소한다는 보고와 일치하였다.

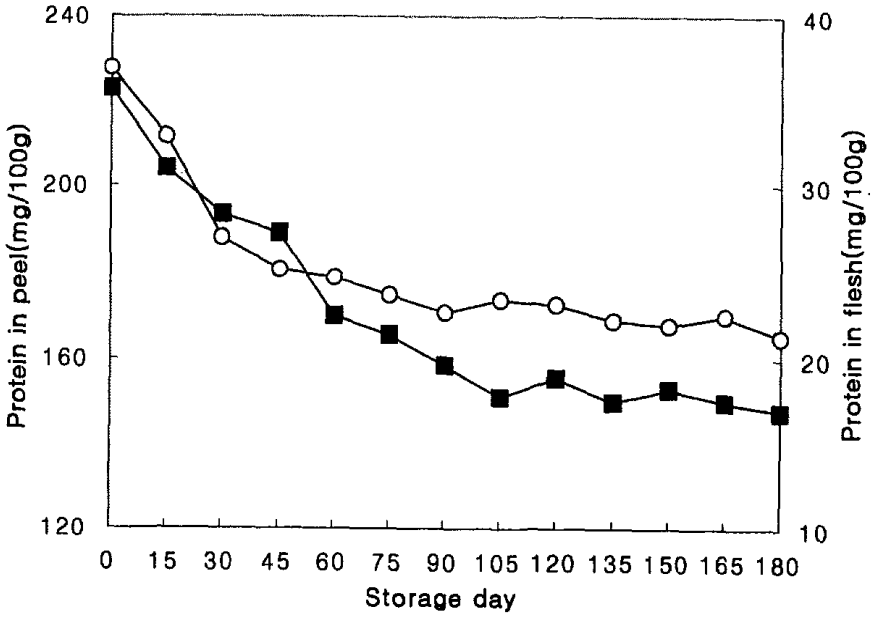


Fig. 7. Changes in protein content of kiyomi tangor during storage.

-○- : flesh, -■- : peel.

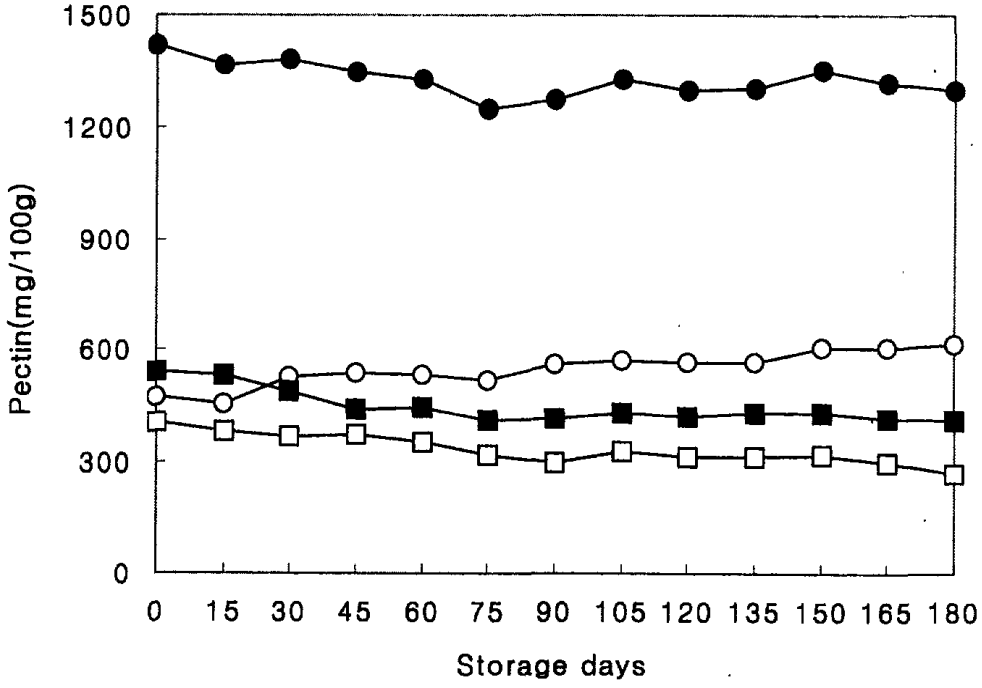
제 10 항 pectin 함량의 변화

Fig. 8은 감귤저장 중 과피와 과육에서 가용성 펙틴의 함량과 총펙틴 함량의 변화를 측정한 결과이다. 감귤 저장 중 과실의 조직 내에서 유리된 상태로 존재하는 수용성 펙틴(water soluble pectin, WSP)은 과피와 과육이 각각 474.49~614.29 mg/100 g로, 66.91~92.74 mg/100 g로 증가하였다.

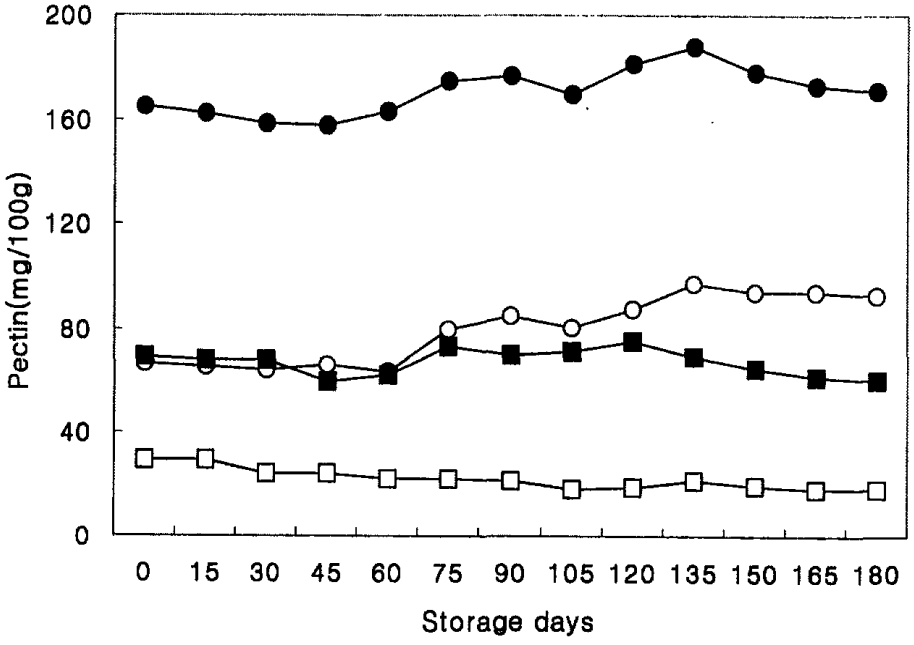
그리고 저장 중 펙틴산이 Ca 또는 Mg 등의 금속이온과 결합하여 불용성 펙틴으로 존재하는 헥사메타인산 가용성 펙틴(hexametaphosphate soluble pectin, HMP)은 과피와 과육이 각각 405.5 mg/100 g에서 270.43 mg/100 g로, 29.43 mg/100 g에서 18.39 mg/100 g로 감소하였다. 펙틴산이 cellulose 등과 결합하여 불용성 펙틴으로 존재하는 염산 가용성 펙틴(hydochloric acid soluble pectin, HSP)은 과피와 과육이 각각 544.02 mg/100 g에서 412.64 mg/100 g로, 69.17 mg/100 g에서 60.41 mg/100 g로 감소하였다.

총펙틴(total pectin substance, TPS)의 함량은 WSP, HMP, HSP 함량을 합한 것으로 과피와 과육이 각각 1,424.01 mg/100 g에서 1,297.36 mg/100 g로, 증가하였고, 165.51 mg/100 g에서 171.54 mg/100 g로 약간 증가하였다. 일반적으로 청과물은 수확 후 저장기간이 경과함에 따라 조직은 점차 연화된다. 이와 함께 불용성의 HSP, HMP 등의 함량은 감소하는 반면, 유리형태의 WSP 함량은 증가하게 되므로 청과물의 육질 특성은 펙틴의 질적, 양적 관계에 따라 좌우하게 된다[14].

박 등[14]은 각각의 가용성 펙틴의 구성비는 albedo 층과 과피는 염산가용성 > 수용성 > 염가용성 > 알칼리 가용성 펙틴의 분획 순으로 높은 구성비를 보인다고 하였다. 이는 Table 4에 나타난 실험 결과가 수용성 > 염산가용성 > 헥사메타인산 가용성 펙틴의 분획 순서와 차이가 있었다



(a)



(b)

Fig. 8. Changes in peel pectin(a) and flesh pectin(b) of kiyomi tangor during storage. -○- : WSP, -□- : HMP, -■- : HSP, -●- : TPS.

Table 4. Changes in pectin of kiyomi tangor during storage(mg/100 mg-AIS)

Storage days	Peel				Flesh			
	WSP[1]	HMP	HSP	TPS[2]	WSP	HMP	HSP	TPS
0	3.72 (474.49)[3]	3.18 (405.50)	4.27 (544.02)	11.17 (1424.01)	3.89 (66.91)	1.71 (29.43)	4.02 (69.17)	9.63 (165.51)
15	3.72 (452.92)	3.14 (381.74)	4.38 (532.84)	11.24 (1367.50)	3.93 (65.17)	1.77 (29.42)	4.10 (68.01)	9.16 (162.60)
30	4.24 (525.37)	2.97 (367.82)	3.95 (489.42)	11.16 (1382.61)	3.29 (56.17)	1.43 (24.48)	3.99 (68.29)	8.71 (148.94)
45	4.37 (536.70)	3.03 (372.31)	3.57 (438.54)	10.97 (1347.55)	3.72 (74.42)	1.41 (24.03)	3.50 (59.52)	8.63 (157.97)
60	4.37 (531.09)	2.92 (354.03)	3.67 (446.14)	10.96 (1331.26)	3.62 (63.64)	1.25 (21.94)	3.51 (61.86)	8.38 (147.44)
75	4.25 (519.95)	2.61 (318.92)	3.36 (409.99)	10.22 (1248.86)	3.90 (79.98)	1.08 (22.04)	3.56 (72.96)	8.54 (174.98)
90	4.61 (564.14)	2.44 (298.90)	3.38 (413.96)	10.43 (1277.00)	4.17 (85.09)	1.06 (21.56)	3.44 (70.20)	8.67 (176.85)
105	4.65 (573.62)	2.64 (325.81)	3.49 (430.55)	10.78 (1329.98)	3.96 (80.33)	0.90 (18.37)	3.50 (71.08)	8.36 (169.78)
120	4.61 (569.12)	2.52 (310.50)	3.41 (420.81)	10.54 (1300.43)	4.11 (87.55)	0.89 (19.08)	3.53 (75.30)	8.53 (181.93)
135	4.60 (566.99)	2.52 (311.26)	3.47 (428.52)	10.59 (1306.77)	4.43 (97.15)	0.99 (21.64)	3.17 (69.35)	8.59 (188.14)
150	4.80 (604.57)	2.53 (318.85)	3.43 (431.98)	10.76 (1355.40)	4.49 (94.33)	0.93 (19.50)	3.07 (64.50)	8.49 (178.33)
165	4.83 (604.21)	2.38 (297.70)	3.34 (417.16)	10.55 (1319.07)	4.30 (93.80)	0.84 (18.35)	2.80 (61.18)	7.94 (173.33)
180	4.95 (614.29)	2.18 (270.43)	3.32 (412.64)	10.45 (1297.36)	4.31 (92.74)	0.85 (18.39)	2.81 (60.41)	7.97 (171.54)

1. WSP : water soluble pectin, HMP : hexametaphosphate soluble pectin, HSP : hydrochloric acid soluble pectin.
2. TPS : Sum of WSP, HMP and HSP(TPS, total pectin substance).
3. The values in parenthesis were calculated as mg/100 g of citrus fruits.

제 4 절 참고문헌

1. 신승렬, 김광수, 과실의 연화중에 세포벽 성분과 세포벽분해효소의 변화, 농산물저장유통학회지, 3(1), 93-104(1996)
2. 나일성, 권기성, 박관화, Pectinesterase 주입처리에 의한 김치조직의 연화방지, 한국식품과학회지, 28(2), 393-395(1996)
3. 강문장, 고경수, 고정삼, 온주밀감의 성숙과 저장 중 펙틴 함량의 변화, 농산물저장유통학회지, 7(1), 38-43(2000)
4. 강문장, 김지용, 고정삼, 온주밀감의 저장 중 펙틴분해효소 활성의 변화, 한국농화학회지, 43(2), 106-109(2000)
5. Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall, Protein measurement with the folin phenol reagent, *J. Biol. Chem.*, 193, 265-275 (1951)
6. 眞部正敏, 猶原順, 溫州ミカンのペクチンの性狀, 日本食品工業學會誌, 33(8), 602-608(1986)
7. 손미애, 서지형, 김미현, 신승렬 김주남, 김광수, 대추 성숙중의 세포벽성분과 세포벽 분해효소의 활성 변화, 농산물저장유통학회지, 2(1), 185-193 (1995)
8. 허원녕, 김명화, 고은경, 무화과 펙틴에스테라제의 부분 정제 및 in situ 상태에서의 활성 특성, 한국식품과학회지, 30(5), 1169-1178(1998)
9. 고정삼, 식품분석실험, 제주대학교 출판부, 34-39(1998)
10. 고정삼, 김성학, 제주산 감귤류 성분과 그 특성, 한국농화학회지, 38(6), 541-545(1995)
11. 송은영, 최영훈, 강경희, 고정삼, 제주산 감귤류의 품종 및 수확시기별 품질특성, 한국농화학회지, 40(5), 416-421(1997)
12. 고정삼, 양상호, 김성학, 제주산 홍진조생의 저온저장, 농산물저장유통학회지, 3(2), 105-111(1996)

13. 김성학, 고정삼, 저장온도 및 포장재에 따른 온주밀감의 저장특성, 산업식품공학, 2(1), 42-48(1998)
14. 박용곤, 강윤한, 차환수, 김홍만, 석호문, 밀감 가공부산물에서 추출한 펙틴의 특성, 한국식품과학회지, 25(4), 659-664(1996)
15. 이광희, 김광수, 김미현, 신승렬, 윤경영, 딸기의 유통·저장시 연화현상에 관한 연구, Ⅰ. 세포벽 성분, 단백질 및 효소의 변화, 한국식품과학회지, 27(1), 29-36(1998)
16. Liu, K., R.D. Phillips and Yen-Con Hung, Development of hard-to-cook defect in cowpeas, Role of pectin methylesterase, *J. Agric. Food Chem*, 40(6), 949-952(1992)
17. Cameron, R.G., R.P. Niedz, and K. Grohmann, Variable heat stability for multiple forms of pectin methlesterase from citrus tissue culture cells, *J. Agric. Food Chem*, 42(4), 903~908(1994)
18. 서지형, 신승렬, 정용진, 김광수, 감과 대추의 연화중 Polygalacturonase의 변화, 한국식품영양과학회지, 26(2), 180-185(1997)
19. 이승철, 육현균, 배성문, 황용일, 최정선, 조용진, Exo-Polygalacturonase를 이용한 사과박의 펙틴 추출, 한국식품과학회지, 31(1), 68-73(1999)
20. 신승렬, 김주남, 김순동, 김광수, 감과실의 성숙과 추숙 중 염가용성 및 세포벽 단백질의 변화, 한국농화학회지, 34(1), 38-42(1991)

제 6 장 키토산 및 칼슘처리가 온주밀감 저장 중 품질에 미치는 영향

제 1 절 서 설

2000년을 기준으로 제주도에서 생산되는 감귤 중 재배면적 비율은 88.2%가 조생온주밀감이다. 조생온주밀감은 저장성이 약하고 출하시기가 짧아, 심각한 처리난과 가격안정에 문제점으로 지적되고 있다. 따라서 물량조절을 통한 가격안정을 위하여 저장방법의 개선과 더불어 선도유지에 관심이 높아지고 있다. 현재 제주지역에는 상온저장고가 19,528동에 360,227평과 저온저장고가 144동에 9,584평으로 연평균 감귤 생산량의 65%인 39만 톤 정도를 저장할 수 있는 시설을 보유하고 있다[1].

피막제 처리는 증산작용을 억제함으로써 중량감소에 의한 품질저하를 지연시키고[2], 빛깔을 좋게 하는 효과를 나타낸다. 지금까지는 파라핀 계열의 왁스를 주로 사용되어 왔다. 그러나 2001년부터 감귤에 대한 왁스 처리를 제한하고 있어서, 그 대체물질을 찾을 필요가 있다.

키토산은 갑각류 껍질에서 추출한 천연 항균활성물질로서 토마토, 오이, 딸기, 피망 등에서 수확 후 부패를 지연시키는 효과가 있는 것으로 보고되었다[3]. 칼슘의 식물체내에서 성숙과 노화를 지연시키며, 과실품질, α-amylase 분비, 광합성, 세포분열 및 세포신장을 촉진한다[4]. 또한, 칼슘은 과실의 연화와 색깔 발현을 지연시키고 호흡을 억제시키는 방법으로 성숙을 조절하는 것으로 알려졌다[5]. 그리고 과실이나 채소의 조직은 세포벽이 붕괴됨으로써 연화가 일어나며, 세포벽 성분 중에서 펙틴 사슬에 칼슘이 이온결합을 하게 되면 세포벽 붕괴가 억제되어 연화가 지연되므로 성숙이 조절된다[6]. 김과 김[7]은 이와는 달리 감귤에서 탄산칼슘제를 살

포하면 칼슘이 기공에 끼게 되어 호흡 및 증산작용을 촉진시켜 과실 착색 및 당도가 향상된다고 하였다. 칼슘제 살포에 대한 원예적 이용은 과실의 품질향상[8,9]과 과실 및 채소의 저장성에 초점을 맞춰져있다[10]. 국내의 경우에도 이에 따른 연구가 수행되고 있다[11,12].

본 연구는 감귤의 수확 후 생리작용을 최소화할 수 있는 키토산과 칼슘제 처리가 감귤의 저장 중 품질에 미치는 영향을 검토함으로써, 제주산 온주밀감의 신선도 유지와 저장기간을 연장하기 위한 저장방법을 찾고자 하는데 있었다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 감귤시료

11월 하순 제주도 남제주군 남원읍에 소재한 과수원에서 수확한 궁천조생 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*)을 시료로 하여, 상품성이 큰 중간 크기인 감귤을 선별하여 시료로 사용하였다.

제 2 항 저장조건

항균제로서 농가에서 사용하고 있는 베프란(iminoctadime-triacetate) 2000배 희석액과 키토산(탈아세틸화도 45±5%) 1.5%에 0.5% $CaCl_2$를 혼합한 용액에 감귤을 충분히 침지하였다. 풍건시킨 후 26ℓ인 플라스틱 컨테이너에 감귤을 12kg 정도씩 담아 30℃에서 24시간 저장전 처리를 하였다. 감귤저장은 내부온도를 4±1℃가 되도록 조절하였으며, 상대습도는 87±3%로 유지하면서 품질변화를 측정하였다.

제 3 항 감귤의 성분분석

감귤의 부패율은 각 처리별로 저장고에 적재된 위치에서 상, 중, 하 3곳에 선정한 감귤상자로부터 부패과를 조사하고, 총 과실수로 나누어 백분율로 환산하고 누

계로 표시하였다. 중량감소의 경우 부패율 조사와 마찬가지로 3곳을 정하고, 10개 과실의 초기 무게를 측정하여 시기별 손실량을 백분율로 환산하였다.

저장 중 성분분석은 가용성고형물, 산 함량, pH, 경도, 과피수분율, 비중 등을 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 감귤을 박피하여 착즙한 다음 과즙의 가용성 고형물은 Abbe 굴절당도계(Attago PR-100, 일본)를 사용하여 측정하였으며, 산 함량은 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 정량한 다음 구연산으로 환산하였다[13].

총당은 0.1 N HCl로 가수분해하여 여과한 여액을 Somogyi-Nelson 변법[14]으로 정량하였다. 비타민 C는 시료 10 g을 5% metaphosphoric acid 50 ml를 가한 후 마쇄하여 감압여과하고, 찌꺼기는 소량의 물로 세척하여 추가로 추출한 후 100 ml로 하여 hydrazine비색법에 준하여 분석하였다[15].

유리아미노산 분석은 감귤을 착즙한 여과액 10 ml을 sulfosalic acid 25 ml을 첨가하여 4℃에서 4시간 동안 방치시킨 후 원심분리(50,000 rpm, 30분)하여 단백질 등을 제거하였다. 0.45 ㎛ membrane filter로 여과한 후 Li 용액(pH 2.2)을 이용하여 5배 희석하여 분석시료로 사용하였다[16]. 아미노산 표준품 45종을 사용하여 비교하였으며, ion chomatograpy 분석조건은 Table 1과 같다.

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 부패율

저장기간 중 홍진조생의 부패율은 Fig 1과 같다. 2월 중순경부터 부패과 발생이 완만하게 진행되었다. 그러나 키토산에 $CaCl_2$을 처리한 감귤과 베프란을 침지처리한 감귤은 1개월 정도 늦은 3월 상중순경부터 부패과 발생이 일어났다. 이는 농가에서 현재 저장감귤의 부패 방지를 위하여 사용하고 있는 기존 농약과 비슷한 효과를 보여 천연화합물질로 대체가 가능할 것으로 예상된다.

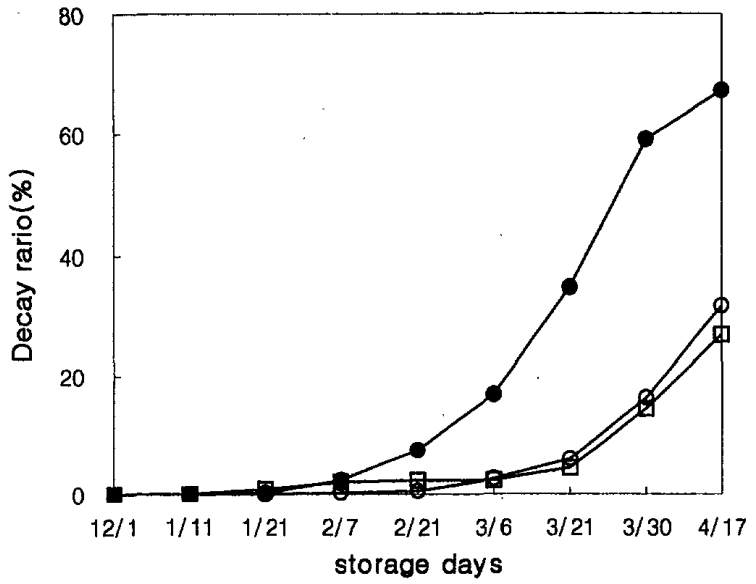
Table 1. Analytical conditions of free amino acid by ion chromatograpy

Parameter	Condition
Column	Lithium cation exchange amino acid column(3 x 150 mm)
Detecr	570 nm
Injection	50㎕
Flow rate	0.3 ml/min
Temperature	Column 40℃, Reactor 130℃

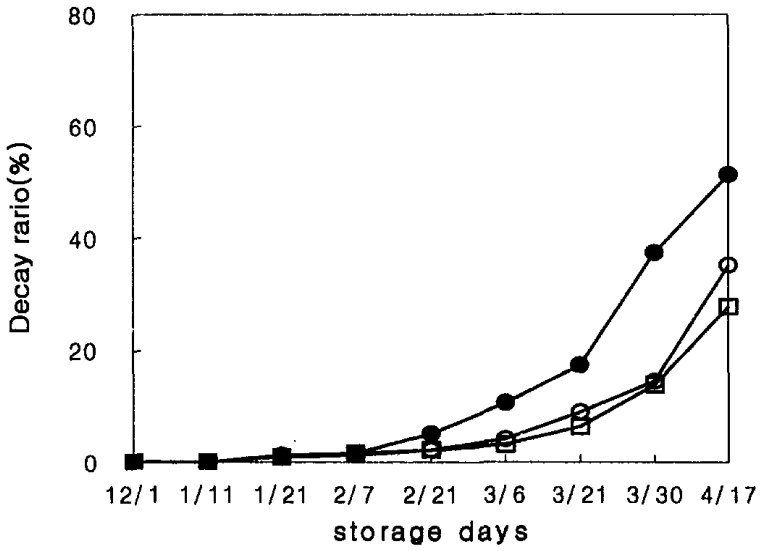
Mobile phase(gradient)			
Time (min)	Li Eluent (pH 2.8)%	Li Eluent (pH 7.4)%	LiOH 0.4%+ LiCL 0.6% (pH 13)%
0	100	0	0
12	100	0	0
48	65	35	0
90	0	100	0
95	0	100	0
120	0	94	6
130	100	0	0

* amino acid standard : 45 kinds of acidic, neutral and basic amino acid, 0.25 μmol

고 등[17]은 감귤을 저장할 경우 초기에 부패가 발생하는 것은 저장환경 요인과 미숙감귤에서 발생한다고 하였는데, 본 실험에서는 이런 요인들을 사전에 제외시켜 나온 결과로 보인다. 특히 2월 중순부터 상온 및 저온저장의 경우 무처리에서 빠르게 부패가 진행되었으나, 베프란과 키토산 처리한 것은 다른 감귤로 부패병원균이 오염되는 속도가 느려 주위에 놓인 감귤이 부패되는 정도가 적었다. 이는 키토산이 천연 항균활성물질로 부패를 지연[13]시킨다는 보고와 유사하였다.



(a)



(b)

Fig. 1. Changes in decay ratio of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage.

(a) stored at room temperature, (b) stored at 4℃. ●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan.

제 2 항 중량감소

Fig. 2는 저장기간에 따른 중량감소를 나타내었다. 저장기간에 따라 중량감소는 완만하게 증가하였으나, 다른 처리에 비하여 키토산 처리가 상온저장과 저온저장에서 중량감소를 억제하는 효과를 나타내었다. 황 등[18]은 사과에서 감량효과가 있는 것으로 보고한 내용과 비슷한 것으로, 키토산이 과실의 증산 작용을 억제하는 효과가 있는 것으로 예상된다.

저장 감귤의 신선도를 평가하기 위하여 껍질의 수분 함량을 측정한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 저장기간 중 껍질의 수분 함량은 4℃의 저장에서는 완만하게 감소되었으나, 2월 상순부터 다소 증가되는 것은 과육에서 과피로 수분이 이동된다는[17] 내용과 비슷한 경향이었다.

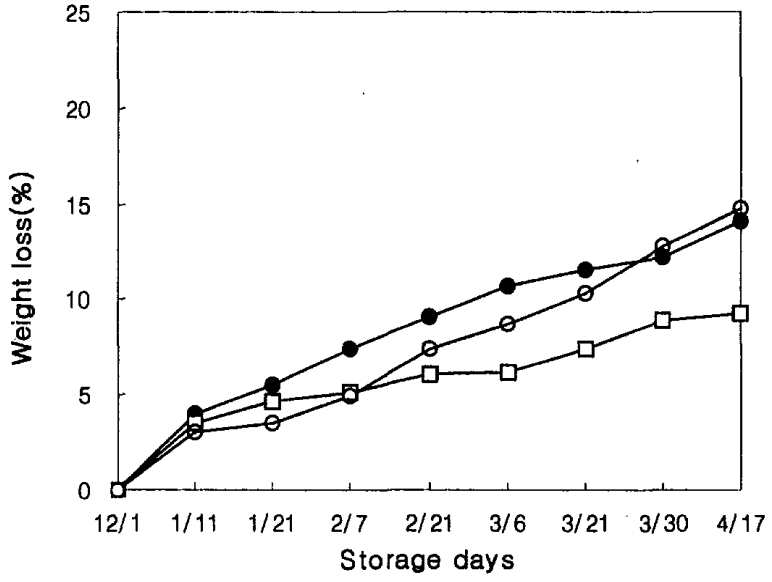
그리고 상온저장에서는 저장초기 무처리에서 과피수분 함량이 낮아졌는데, 이는 외부 온도에 많은 영향을 받는 것으로 판단되었다. 저장기간이 길어질수록 과피수분은 완만하게 감소되는 경향을 나타내었다. 2월 상순부터는 껍질이 마르는 현상을 볼 수 있었는데, 외부의 상대습도가 매우 낮게 유지되고 있어 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 현재 상품의 판단기준이 외관에 많이 의존하고 있어서 저장할 경우 습도조절에 주의해야 할 것으로 판단된다.

제 3 항 성분변화

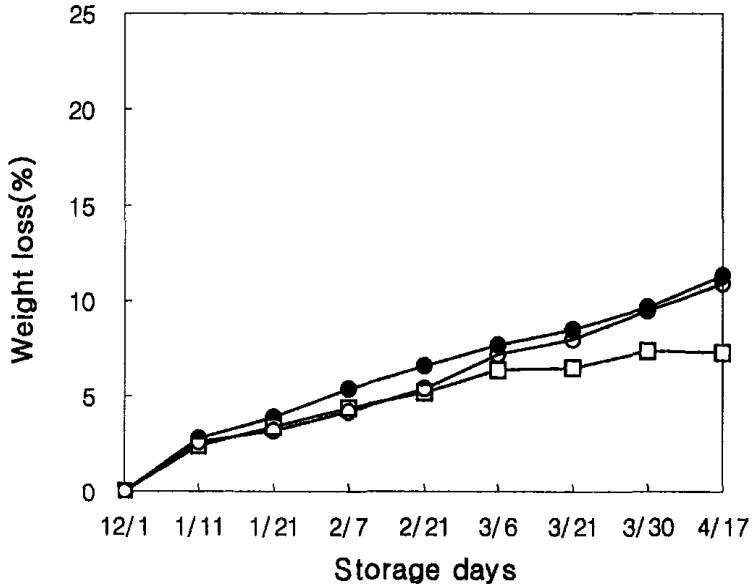
감귤의 내용성분인 가용성고형물과 산 함량의 변화를 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. 감귤의 경우 개체간 성분 함량이 차이가 많아 동일한 시료로 분석할 수 없으며, 실제 분석시료가 일정하지 않아 각 시료간 차이에 의해 분석값은 약간 변화가 있었다.

가용성고형물은 실제로 조금씩 감소되었지만, 수분의 감소량이 많아 내용성분이 농축됨으로써 오히려 높아지는 경향이라는 내용[19]과 같이 거의 일정하게 유지되었다. 무처리에 비하여 키토산 처리한 것에서 약간 높게 나타났으나 그 유의성이 없었다. 장기저장에서는 증산작용이 많고 산 함량 감소가 심하여, 당산비가 증가되는 경향이 뚜렷하였다. 산 함량은 상온저장에 비하여 저온저장에서 감소되는 폭이

적었으며, 처리간에 일정한 경향을 볼 수 없었다.



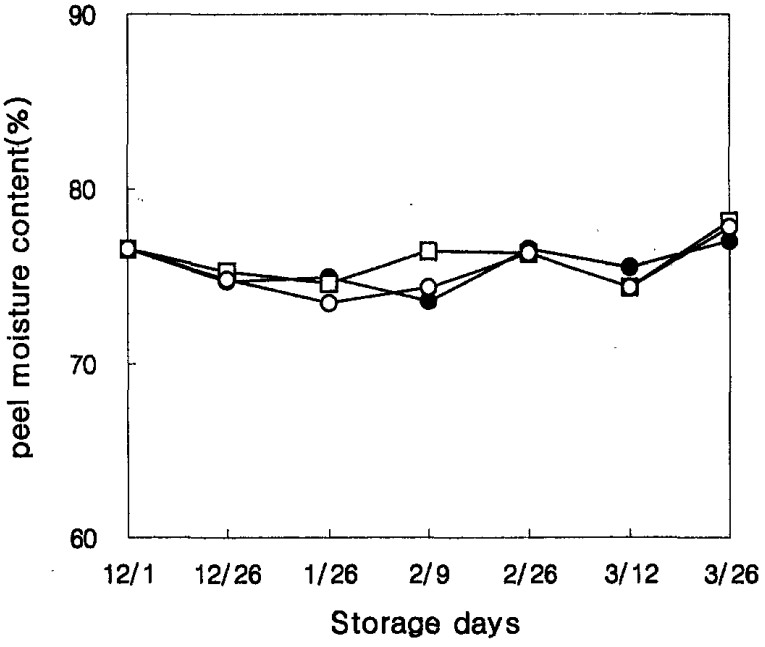
(a)



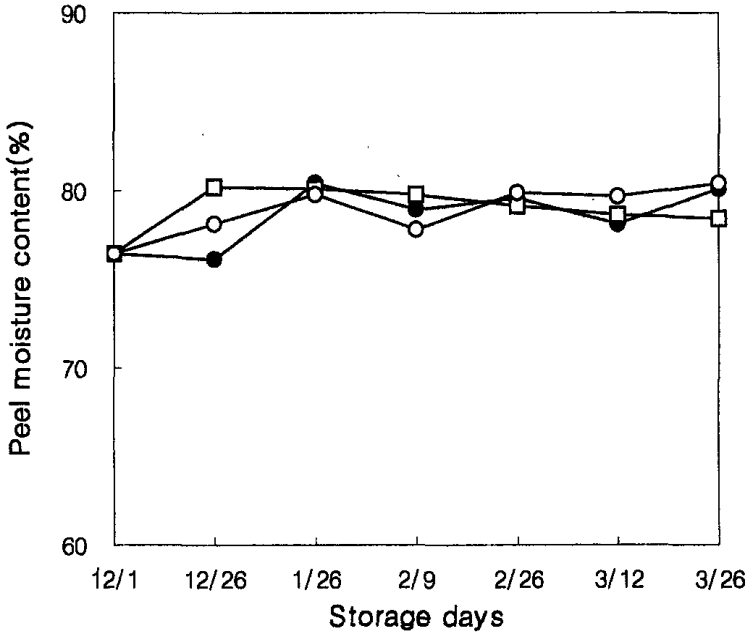
(b)

Fig. 2. Changes in weight loss of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage.

(a) stored at room temperature, (b) stored at 4℃. ●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan.



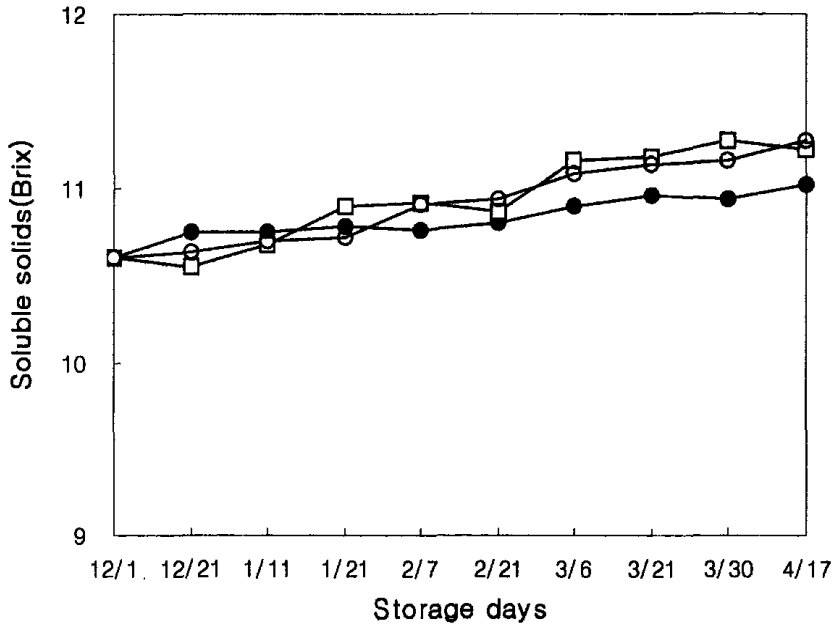
(a)



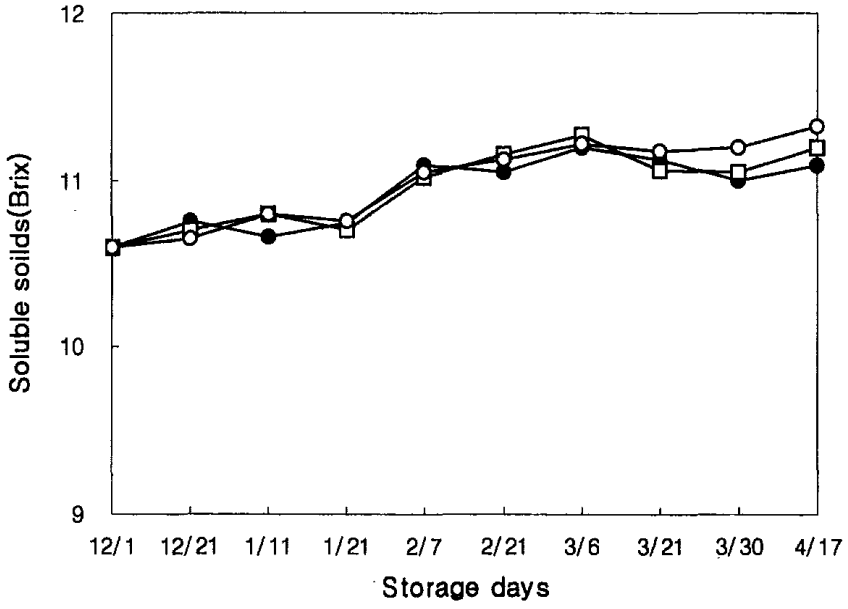
(b)

Fig. 3. Changes in peel moisture content of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage.

(a) stored at room temperature, (b) stored at 4℃. ●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan.



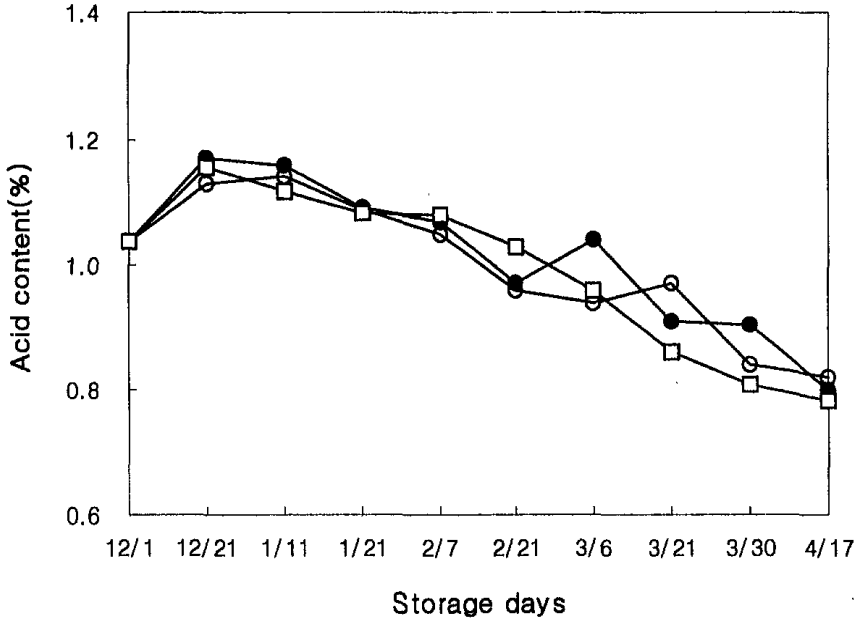
(a)



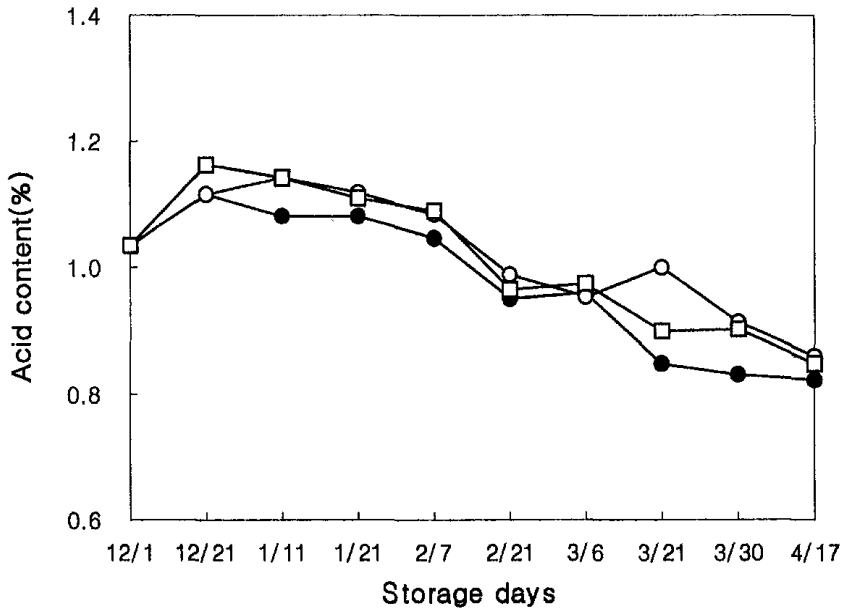
(b)

Fig. 4. Changes in soluble solids of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage.

(a) stored at room temperature, (b) stored at 4℃. ●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan.



(a)



(b)

Fig. 5. Changes in acid content of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage.

(a) stored at room temperature, (b) stored at 4℃. ●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan.

Table. 2. Changes in free amino acid of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage (μ mol)

Amino acid	Before Storage	Storage temperature for 115days					
		Room Temp.			4℃		
		Non-treatment	Iminoctadime-triacetate	Chitosan	Non-treatment	Iminoctadime-triacetate	Chitosan
D,L-O-phospho-serine	0.12	0.19	0.20	0.29	0.18	0.16	0.17
Taurine	0.17	0.09	0.19	0.23	0.14	0.13	0.22
Urea	0.20	0.09	0.33	0.12	0.23	0.23	0.23
L-threonine	1.87	1.65	1.77	1.23	1.87	1.43	1.49
L-serine	1.79	1.63	2.08	1.36	2.01	2.25	1.77
L-aspragine	0.68	0.57	0.39	0.26	0.69	0.57	0.59
L-glutamic acid	2.98	1.78	1.77	1.06	2.46	1.34	1.15
Glycine	0.29	0.22	0.27	0.20	0.24	0.22	0.22
L-alanine	1.92	1.66	1.60	1.07	1.96	1.65	1.49
Citrulline	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
L-α-amino-n-butyric acid	0.07	0.05	0.06	0.04	0.07	0.05	0.05
L-caline	0.33	0.20	0.29	0.21	0.27	0.21	0.20
L-methionine	0.08	0.03	0.06	0.04	0.08	0.06	0.05
L-isoleucine	0.12	0.05	0.11	0.08	0.10	0.06	0.07
L-leucine	0.17	0.08	0.17	0.11	0.15	0.12	0.14
L-tyrosine	0.39	0.24	0.34	0.28	0.25	0.16	0.17
L-phenylalanine	0.37	0.21	0.35	0.25	0.31	0.23	0.27
β-alanine	0.06	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
γ-amino buryric acid	2.33	1.53	1.45	1.85	1.16	1.38	1.29
L-tryptophan	0.06	tr*	tr	tr	tr	tr	tr
Ethanolamine	0.39	tr	tr	tr	0.39	0.37	0.27
D,L & allo-hydroxylysine	0.52	tr	0.50	0.35	0.66	0.22	0.57
Ammonia	0.87	tr	tr	tr	1.15	1.06	1.22
Creatinine	0.49	tr	tr	tr	tr	tr	tr
L-ornithine	0.14	0.08	0.15	0.09	0.14	0.09	0.09
L-α-amino-β-guanidinopropio-nic acid	0.05	0.04	0.03	0.04	tr	tr	tr
Total	16.77	10.85	12.61	9.51	15.05	12.45	15.08

*tr : trace.

제 4 항 유리아미노산

감귤의 유리아미노산의 함량은 Table 2와 같다. 감귤의 주요 구성아미노산은 glutamic acid, threonine, serine, alanine, γ-amino buryric acid, aspragine 등 26종이 검출되었으며, 필수아미노산 중에서는 threonine, serine, aspragine, glutamic acid, glycine, alanine 등 12종이 함유되어 있었다. 전체적으로 저장기간이 경과할수록 유리아미노산은 감소되는 경향을 보였으며, 상온저장보다 4℃저장에서 감소되는 양이 적었다. 특히 tryptophan, ethanolamine, creatinine, L-α-Amino-β-guanidinopropionic acid은 저장 전에는 검출이 되었으나, 저장 115일 후에는 없어지는 경향이었다.

제 4 절 참고문헌

1. 제주농협지역본부, 감귤유통처리실태분석, p. 21(2000)
2. Banks, N.H., Internal atmosphere modification in Prolong-treated apples, *Acta Hort.* 157(1), 105-112(1984)
3. El Ghaouth, A., Arul, J. Ponnampalam, R. and Boulet, M., Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries, *J. Food Sci.*, 56(6), 1618-1620(1991)
4. Poovaiah, B.W., Role of calcium and calmodulin in plant growth and development, *HortScience,* 20(3), 347-351(1985)
5. Cheour, F., Willemot, C., Arul, J., Desjardins, Y., Makhlouf, J., Harest, P.M. and Gosselin, A., Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.,* 115(5), 789-792(1990)
6. 박세원, 칼슘이 원예작물의 세포벽대사 및 숙성에 미치는 영향, 한국원예과학기술지, 17(3), 377-380(1999)

7. 김용호, 김창명, Ca제의 엽면살포가 하우스 온주밀감의 품질에 미치는 영향, 한국원예학회지, 40(1), 88-92(1999)
8. Conway, W.S., The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112(2), 300-303(1987)
9. Kawase, K., Studies on the commercial application of clefnon in fruit tree, *J. Plant. Growth Regulation,* 26, 386-392(1992)
10. Hopfiner, J.A. and Poovaiah, B.W., Calcium and magnesium gradients in apples with bitter pit, *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.,* 10(1), 57-65(1979)
11. 권혜령, 박권우, 강호민, 수확 후 열 및 칼슘처리가 오이 저장 중 품질에 미치는 영향, 한국원예학회지, 42(2), 183-187(1999)
12. 고정삼, 김완택, 이상용, 김지용, 저장전 Ca 처리가 온주밀감의 저장성에 미치는 영향, 제주대학교 아열대농업연구, 15, 113-119(1998)
13. 小原哲二郎 編, 食品分析ハンドブツワ, p. 334-335, 建帛社(1973)
14. Hatanaka, C. and Kobara, Y., Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method, *Agric. Biol. Chem.*, 44, 2943-2949(1980)
15. 주현규, 식품분석법, 355-359, 학문사(1989)
16. Ohara, I and S. Ariyoshi, Comparison of protein precipitants for the determination of free amino acid in plasma, *Agric. Biol. Chem.*, 43(7) 1473(1979)
17. 고정삼, 양영택, 송상철, 김성학, 김지용, 처리조건에 따른 조생온주밀감의 저온저장 특성, 한국농화학회지, 40(2), 117-122(1997)
18. 황용수, 김요안, 이재창, 수확후 키토산 및 왁스처리와 에틸렌제거가 '쓰가루' 사과의 저장중 품질에 미치는 영향, 한국원예학회지, 39(5), 579-582 (1998)
19. 한해룡, 권오균, 감귤원예신서, 선진문화사, 475-478(1994)

제 7 장 저장 최적화를 위한 저장전 처리조건 및 저장고 형태별 감귤저장 중 품질변화

제 1 절 서 설

제주감귤산업은 온주밀감 중심의 과잉생산구조와 더불어 농산물 개방화에 따라 신선과일을 선호하는 소비자의 구매성향의 변화로, 1999년 이후 제주산 온주밀감의 소비부진과 가격하락으로 심한 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 농가소득의 감소는 시설감귤의 확대로 이어지고 있다. 1998년, 1999년과 2000년에 만감류인 청견, 부지화(한라봉) 등의 생산은 각각 6,154톤, 7,317톤과 10,617톤으로 급속히 증가하고 있다[(1)]. 이들 만감류는 수확시기에 출하되는 양을 제외하고는 전량 저온저장이 이루어지고 있어서, 이에 따른 저장기술 개발에 관한 연구가 종합적으로 검토되어야 할 것이다.

본 연구에서는 감귤의 저장최적화를 위하여 저장전 처리조건을 달리하고, 온도와 습도조절이 비교적 잘 이루어진 제주도농업기술원의 저온저장고와 습도조절이 다소 어려운 농가의 저온저장고 등에서 감귤을 각각 저장하면서 저장 중 품질변화를 측정함으로써 실증실험을 겸하였다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 감귤시료

본 실험에 사용된 감귤은 완전 착색되어 관행수확기로 알려진 시기에 농가 소재

과수원에서 재배되고 있는 감귤을 Table 1과 같이 공시재료를 하였다. 감귤시료는 착색이 95% 이상이고 상품성이 큰 중간 크기인 것으로 가능한 물리적 손상이 없도록 직접 수확하였다. 저장전 처리에 따른 저장실험에서는 온주밀감, 월동온주밀감, 청견을 시료로 하였으며, 저장고별 저장실험에서는 여기에 한라봉을 추가하였다.

Table 1. Citrus stored in this experiment

Species	Harvest date	Stored period	Orchard location
C. unshiu Marc. var. *miyakawa*	Nov. 26	Dec. 1~March 26	Namwon, south Jeju
〃 (over-wintering)	Feb. 23	Feb 26~June 7	Sogwipo, south Jeju
Siranuhi (*C. kiyomi* x *ponkan*)	Feb. 7	Feb. 8~June 7	Sogwipo, south Jeju
C. kiyomi	March 15	March 19~Aug. 18	Sogwipo, south Jeju

제 2 항 저장조건

항균제로서 농가에서 사용하고 있는 베프란(iminoctadime-triacetate) 2,000배 희석액과 키토산(탈아세틸화도 45±5%) 1.5%에 0.5% $CaCl_2$를 혼합한 용액에 감귤을 충분히 침지하였다. 풍건시킨 후 26ℓ인 플라스틱 컨테이너에 감귤을 12kg 정도씩 담아 30℃에서 24시간 4% 정도 감량시키는 저장전 처리를 하였다. 감귤저장은 내부온도를 4±1℃가 되도록 하였으며, 상대습도는 87±3%로 유지하면서 저장 중 품질변화를 측정하였다. 감귤저장은 Table 2와 같이 저장고 형태에 따른 감귤저장 중 품질변화를 측정하였다.

제 3 항 감귤의 성분분석

감귤의 부패율은 각 처리별로 저장고에 적재된 위치에서 상, 중, 하 3곳에 선정

Table 2. Type of stored chamber

Type	Scale (m^2)	Stored temperature(℃)	Remarks
Warehouse (A)	66	-2~18	Namwon, south Jeju, Farmer's
Cold chamber (B)	6.6	3.5~4.5	Aewol, north Jeju, JPATI*
Cold chamber (C)	33~50	3.1~4.7	Aewol, north Jeju, Farmer's Namwon, south Jeju, Farmer's Anduk, south Jeju, Farmer's
Cold chamber (D)	16.5	3.1~4.7	Cheju Nat. Univ., north Jeju

* Jeju Provincial Agricultural Technology Institute.

한 감귤상자로부터 부패과를 조사하고, 총 과실수로 나누어 백분율로 환산하고 누계로 표시하였다. 중량감소의 경우 부패율 조사와 마찬가지로 3곳을 정하고, 10개 감귤의 무게를 측정하여 저장기간에 따른 손실량을 백분율로 환산하였다.

저장 중 성분분석은 가용성고형물, 산 함량, pH, 경도, 과피수분율, 비중 등을 3회 측정하여 평균값으로 나타내었다. 과피율은 조사시기별로 껍질과 과육을 분리한 다음 각각의 중량을 측정하여 감귤 중량에 대한 백분율로 표시하였으며, 과피수분율은 AOAC 방법[2]에 따라 측정하였다. 감귤을 박피하여 착즙한 다음 과즙의 가용성고형물은 Abbe 굴절당도계 (Attago PR-100, 일본)를 사용하여 측정하였으며, 산 함량은 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 정량한 다음 구연산으로 환산하였다[3].

총당은 0.1 N HCl로 가수분해하여 여과한 여액을 Somogyi-Nelson 변법[4]으로 정량하였다. 비타민 C는 시료 10 g을 5% metaphosphoric acid 50 ml를 가한 후 마쇄하여 감압여과하고, 찌꺼기는 소량의 물로 세척하여 추가로 추출한 후 100 ml로 하여 hydrazine비색법에 준하여 분석하였다[5].

부패균의 분리 및 동정은 외관상 부패증상이 나타난 과실의 이병부위의 경계면

0.5 x 0.5 cm를 잘라내었다. 1% 차아염소산나트륨 용액에서 30초간 침지처리한 후 WA(water agar, agar 20 g/water 1 ℓ) 배지에 올려놓고, 25℃의 항온기를 이용하여 7일간 배양하였다. 여기에서 자란 부패미생물을 순수 분리하여 PDA(potato dextrose agar, DIFCO) 배지에서 배양하였으며, 배양된 균을 균사의 격막, 분생자병의 길이 및 분지의 유무, 포자, 정낭, 분생자의 모양과 크기 등 형태적 특성을 현미경 관찰에 의하여 동정하였다.

부패성 검정은 약 2주일동안 28℃ 항온기에서 PDA 배지에 배양한 것을 일정량의 멸균수로 희석하여 포자현탁액을 조제하여 이를 균접종액으로 사용하였다. 건전한 감귤과 인위적으로 상처를 낸 감귤에 포자현탁액을 30 ㎕씩 접종한 후 25℃, 85±2%의 항온항습기에서 15일간 배양하여 감염여부를 조사하였다.

유리아미노산 분석은 감귤을 착즙한 여과액 10 ml을 sulfosalic acid 25 ml을 첨가하여 4℃에서 4시간 동안 방치시킨 후 원심분리(50,000 rpm, 30분)하여 단백질 등을 제거하였다. 0.45 ㎛ membrane filter로 여과한 후 Li 용액(pH 2.2)을 이용하여 5배 희석하여 분석시료로 사용하였다[6]. 아미노산 표준품 45종을 사용하여 비교분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 저장감귤의 성분

본 실험에 사용한 저장감귤의 품종에 따른 성분과 그 표준편차는 Table 3과 Table 4에 각각 나타내었다. 월동감귤은 다른 감귤에 비하여 가용성고형물 함량이 높고 산 함량이 낮았다. 羽田은 완숙재배에 의해서 수확기를 늦추면, 과실의 당도는 높아지고 산 함량은 낮아진다[7]는 내용과 유사하였다.

청견의 산 함량은 온주밀감에 비하여 높았으며, 다른 성분은 큰 차이를 보이지 않았다. 감귤의 부피(puffing) 정도를 나타내는 간이측정 방법은 열매의 비중을 측

Table 3. Physicochemical properties of citrus for storage in this experiment

	C. unshiu (miyagawa)	*C. unshiu* (Over-wintering)	Siranuhi	Kiyomi tangor
Frunit weight(g)	96.96	90.40	241.10	230.47
Fruit index	1.22	1.30	1.06	1.13
Flesh weight(g)	78.52	69.72	175.70	160.53
Flesh ratio(%)	81.32	77.45	72.99	70.29
Density	0.92	0.66	-	-
Peel thickness(mm)	2.21	2.26	4.29	4.80
Peel moisture content(%)	86.51	76.38	73.27	75.57
Soluble soilds(°Brix)	9.72	10.20	17.19	10.49
Acid content(%)	0.92	0.69	1.65	1.03
PH	3.41	3.73	3.77	3.56
Vitamin C(mg/100g)	44.80	45.91	59.40	55.83
Total suger(%)	5.96	5.41	10.70	5.50
Reducing suger(%)	4.34	2.56	6.24	3.30

* - : not determined.

Table 4. Standard deviation of citrus for storage in this experiment

	C. unshiu (miyagawa)	*C. unshiu* (Over-wintering)	Siranuhi	kiyomi tangor
Density	0.043	0.082	1.055	0.922
Peel moisture content(%)	2.148	1.310	0.803	0.537
Soluble soilds(°Brix)	0.543	0.513	0.271	0.097
Acid content(%)	0.138	0.069	0.159	0.105
PH	0.166	0.120	5.415	4.631
Vitamin C(mg/100 g)	21.667	7.303	0.100	0.335
Total suger(%)	0.843	0.516	0.419	0.305
Reducing suger(%)	0.391	0.218	6.240	3.300

정하여 그 수치로 판단하기도 한다. 鳥潟에 의하면 부피가 없는 온주밀감은 비중이 0.90, 약간 부피가 있는 경우 0.82, 부피가 되는 경우 0.80 이하로 판단하였다[8].

제 2 항 부패율

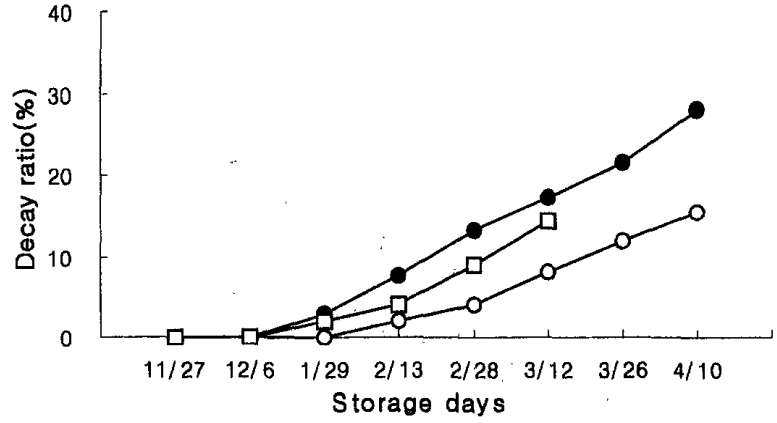
일반농가에서 저장하는 상온저장과 농가에서 관리하는 저온저장고 및 제주도농업기술원에 있는 실험용 저온저장고 등에서 각각 부패율의 변화를 조사한 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

전체적으로 베프란을 처리한 것이 가장 좋았다. 키토산(탈아세틸화도 45±5%) 1.5%에 0.5% $CaCl_2$ 용액을 침지처리한 것도 무처리에 비해 부패율을 ½로 줄일 수 있었다. 키토산 처리는 감귤이 나무에 달려 있을 때 살포하는 것보다 수확 후 침지처리하는 것이 유의성은 인정할 수 없었으나, 부패율을 줄일 수 있는 방법으로 판단된다.

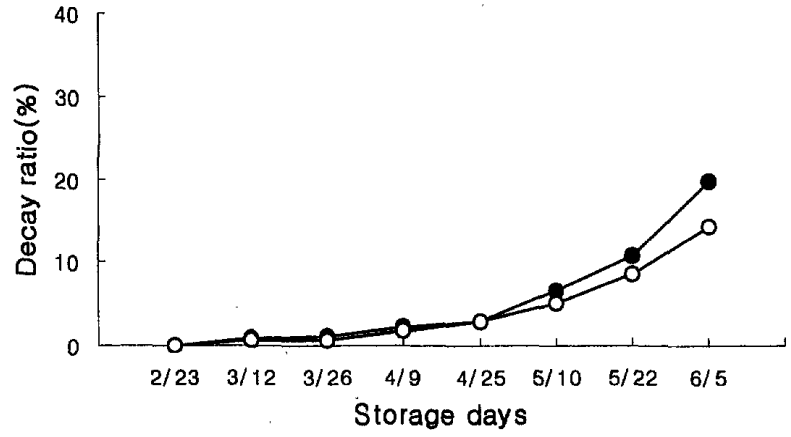
이는 농가에서 현재 저장감귤의 부패방지를 위하여 사용하고 있는 기존의 농약과 비슷한 효과를 보여 천연화합물질로 대체가 가능할 것으로 예상된다. 고 등[9]은 감귤을 저장할 경우 초기에 부패가 발생하는 것은 저장환경 요인과 미숙감귤에서 발생한다고 하였는데, 본 실험에서도 품종에 관계없이 미숙한 감귤, 상처과 등이 주로 부패원인이 되었다.

저장기간 중 부패미생물에 의한 부패과 발생은 저장 30일 후 월동감귤에서, 60일 후에는 조생온주밀감과 한라봉에서, 그리고 75일 후에는 청견에 각각 나타남으로써 월동감귤에서의 부패가 가장 빠르게 진행되었다.

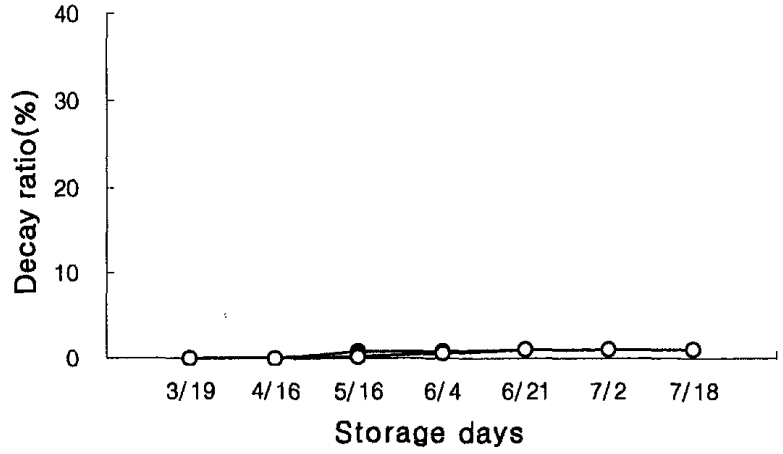
특히 저장 90일 후부터 상온 및 저온저장 모두 무처리에서 빠르게 부패가 진행되었다. 베프란과 키토산+$CaCl_2$를 처리한 것은 다른 감귤로 부패미생물이 오염되는 속도가 느려 주위에 놓인 감귤이 부패되는 정도가 적었다. 이는 키토산이 천연항균활성물질로 부패를 지연시킨다[10]는 보고와 유사하였으나, 박 등[11]이 발표한 극조생온주감귤에서 부패율이 오히려 높다고 한 내용과는 달랐다. 이는 사용한 키토산의 종류에 따른 차이라고 판단되며, 내용성분 중 알카리화도가 다른 것으로 보인다.



(a) miyakawa



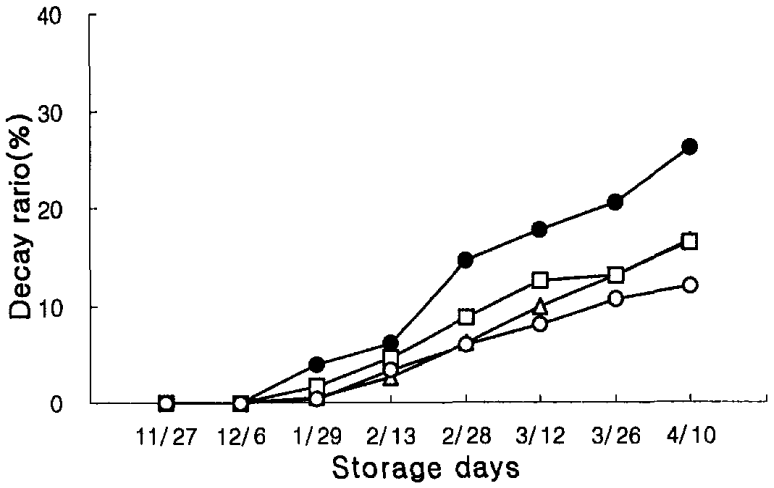
(b) over-wintering miyakawa



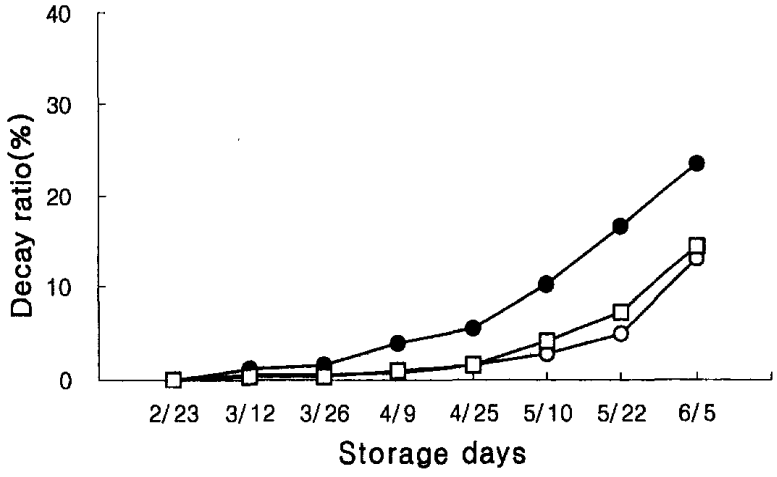
(c) kiyomi tangor

Fig. 1. Changes in decay ratio of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

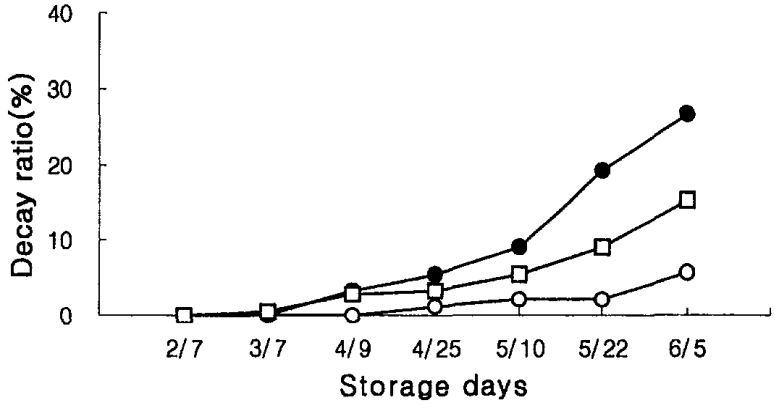
●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$.



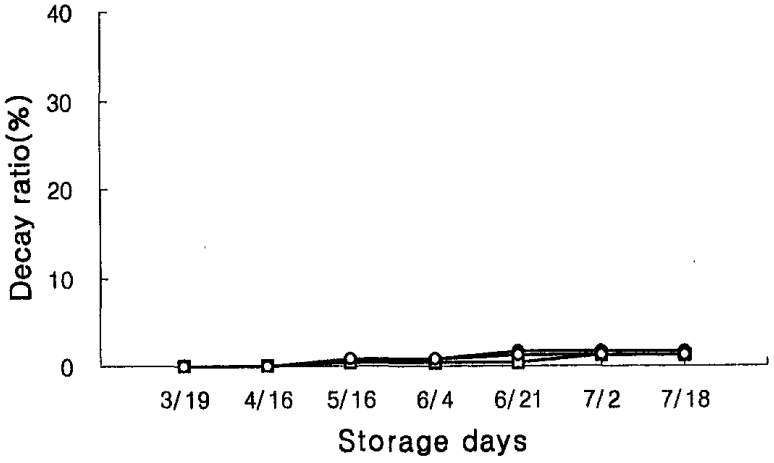
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) siranuhi



(d) kiyomi tangor

Fig. 2. Changes in decay ratio of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type

저장감귤에서 발생하는 부패미생물은 부패감귤로부터 분리한 진균을 동정한 결과 *Penicillium italicum, Monilia candida, Alternaria citri, Mucorhiemalis, Phomopsis citri, Botrytis cinerea, Phoma citricarpa, Glomererella cingulata, Penicillium digitatum* 등이 조사되었다. 감귤껍질에 부착했던 부패미생물, 저장상자에 들어있던 부패미생물, 저장고 내에 존재하고 있던 부패미생물이 저장한 감귤의 저장성을 떨어뜨리는 것으로 판단되었다.

Rhizopus sp.에 의한 부패과는 저온저장에서 발생하였으며, 저장 중 상처가 심한 감귤이나 *Penicillium* 균의 침해를 받아서 부패된 감귤에서 포자를 형성하였다. 부패균으로 분리된 9종을 건전한 감귤과 상처과로 구분하여 접종한 결과, 건전한 감귤에 접종한 것은 접종 15일 후 *P. italicum*은 부패성이 보통정도로 나타났으나 다른 균은 나타나지 않았다. 상처과에 접종한 것은 접종 15일 후에 *P. digitatim, P. italicum*은 심하게 나타났으며, 이외에는 보통정도의 부패성이 있어 감귤에 재접종할 경우 모두 부패성을 확인하였다. 월동감귤은 11월에 수확하여 저장한 감귤보다 부패과 발생시기가 빠르고 부패과도 많이 발생하였으며, 저장 중 중량감소도 많았다.

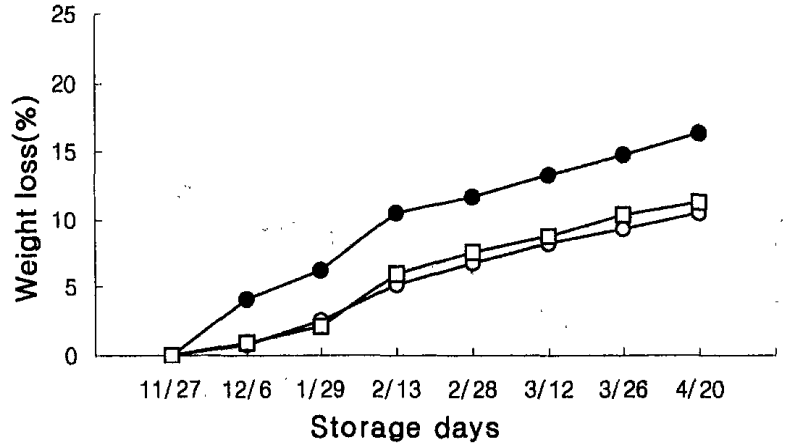
저장방법에 따른 부패율은 Fig. 1과 같이 상온저장에 비해 저온저장에서 부패과 발생을 줄일 수 있었다. 저장고내의 온습도 편차가 적은 저장고 B형에서 가장 낮은 부패율이 나타났으며, 감귤을 저장할 경우 저장온도뿐만 아니라 저장고 내의 온도편차도 고려하여야 할 것으로 판단되었다.

Fig. 2에서는 저장전 처리에 따른 부패율을 나타내었다. 키토산 또는 $CaCl_2$ 처리가 부패율을 억제하고 있음을 알 수 있었다.

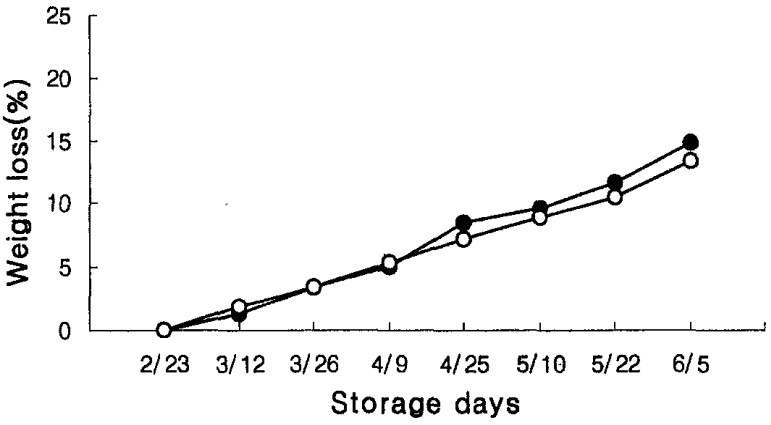
제 3 항 중량감소

Fig. 3과 Fig 4는 저장기간에 따른 처리별 중량감소를 나타내었다. 저장기간에 따라 중량감소는 완만하게 증가하는 경향이었다. 저장 100일 후 중량감소를 품종별로 살펴보면 청견에서 4%, 조생온주밀감 10%, 한라봉 11.5%, 월동감귤 14% 순으로 중량감소가 일어나는 경향으로, 저장감귤에서의 증산작용이 청견에서 가장 적은 것으로 나타났다. 이는 저장기간 중에도 계속되는 호흡작용과 증산작용으로 껍질에서 수분증발 등이 일어나 감귤의 신선도와 중량의 변화에 영향을 주기 때문이다. 그리고 호흡량에 따라 차이가 있었으며, 일본에서 이루어진 연구결과[12]와 일치하였다.

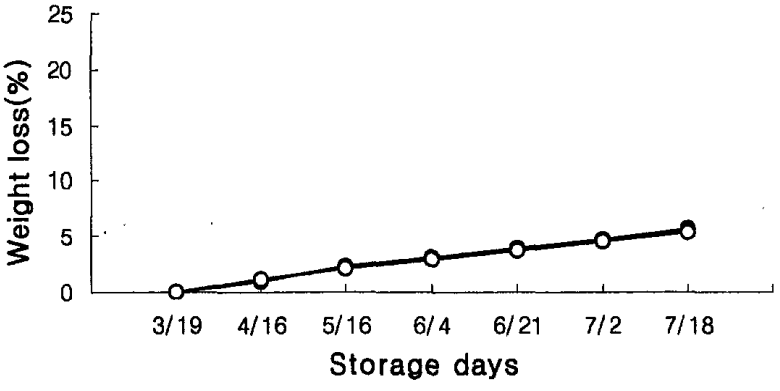
安達[13]에 의하면 11월 10일 수확한 감귤을 135일간 상온저장한 결과 20.2%의 중량감소가 일어났고, 11월 30일 수확하여 115일간 상온저장한 결과 17.8% 감량이 발생하였다는 내용과 비슷한 경향이었다. 西浦[14]는 저장초기인 1개월 동안에 감량이 많이 일어났으며, 그 후 비교적 적게 일어나다가 저장말기에 감량이 많아진다고 하였다. 그리고 중량감소는 온주밀감을 5℃에 저장하였을 때 100g의 감귤이 100일간 호흡작용에 의한 감량은 껍질에서 12%, 과육에서 9.5%가 되었으며, 감귤 표면에서 증산에 의한 수분의 손실량을 합산하면 약 17~20%까지 자연감량이 되었다고 하였다.



(a) miyakawa



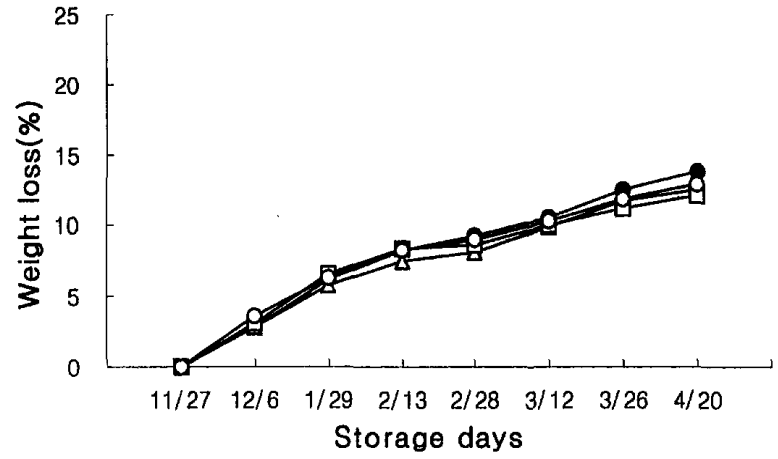
(b) over-wintering miyakawa



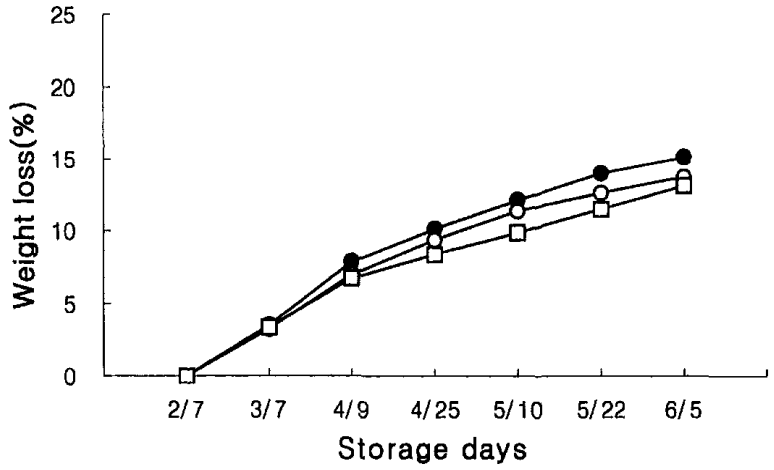
(c) kiyomi tangor

Fig. 3. Changes in weight loss of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

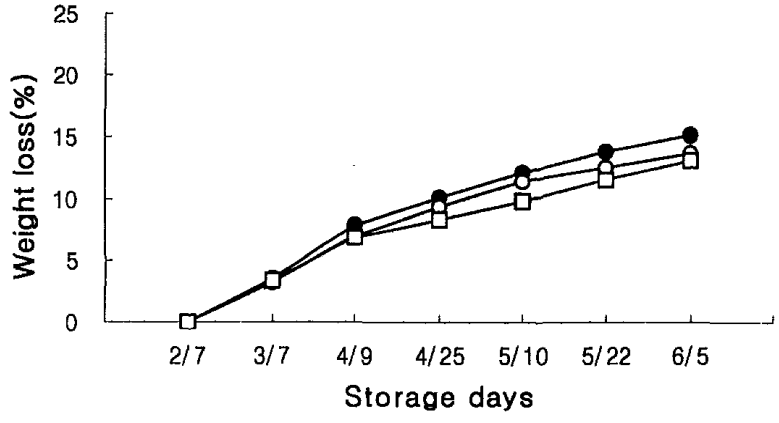
●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$



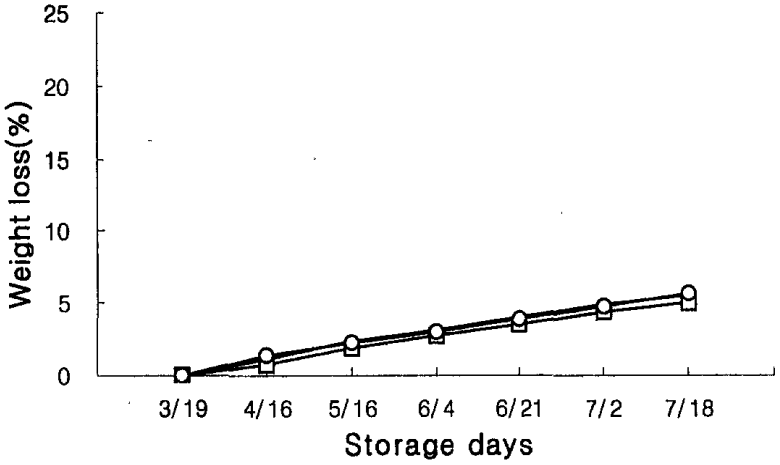
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) siranuhi



(d) kiyomi tangor

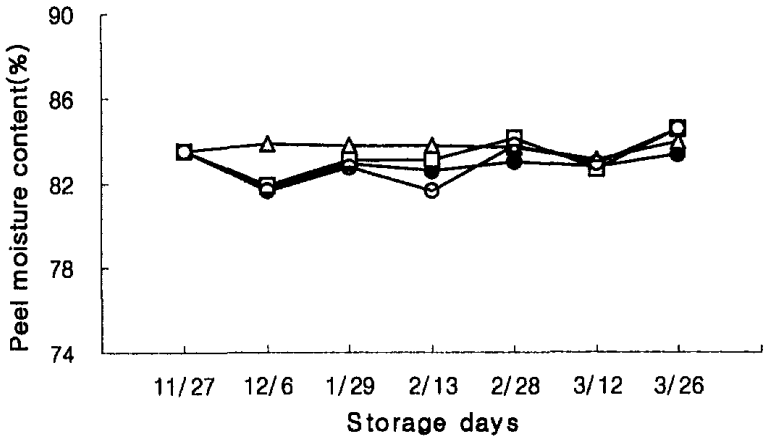
Fig. 4. Changes in weight loss of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type

저장기간 중 중량감소는 西浦[14]가 보고한 내용과 달리 저장초기인 저장 30일에 감량이 적었고, 그 후에 증가되는 경향을 보였다. 저장고 형태별로는 거의 일정한 경향을 나타내었으며, 1일 중량감소율은 0.095%이었다.

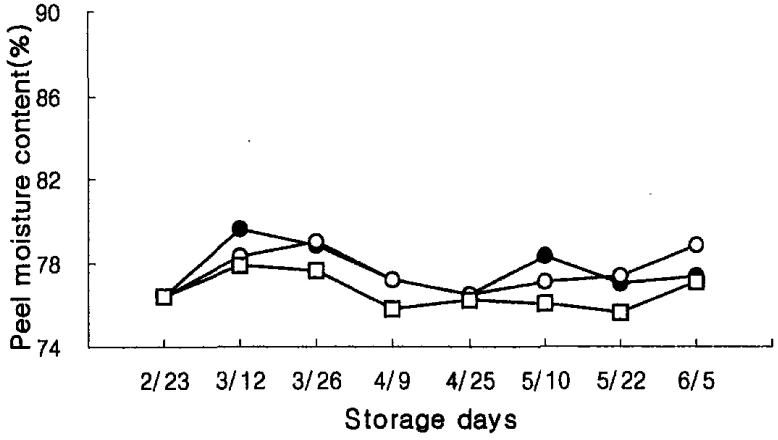
키토산+$CaCl_2$ 처리가 다른 처리에 비하여 상온 및 저온저장 모두에서 중량감소를 억제하는 효과를 나타내었다. 키토산이 사과에서 감량효과가 있는 것으로 보고한 황 등[15]의 내용과 비슷한 것으로, 키토산+$CaCl_2$이 과실의 증산작용을 억제하는 효과가 있는 것으로 보인다.

제 4 항 수분 함량

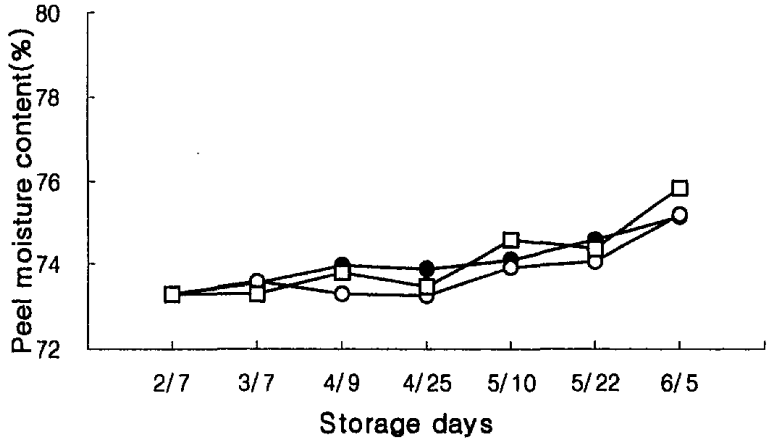
감귤의 신선도를 평가하기 위하여 저장기간 중 감귤껍질의 수분 함량은 Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 저장기간 중 과피수분 변화는 저장용 감귤의 저장전처리로 약간 감소되었다가, 저장 중에 거의 일정하게 유지되었다. 키토산+$CaCl_2$ 처리에서는 큰 변화 없이 일정한 경향을 나타내었으며, 저장초기에 수분 함량이 증가한 것은 저장성을 높이기 위해 실시한 저장전 처리의 결과로 보인다.



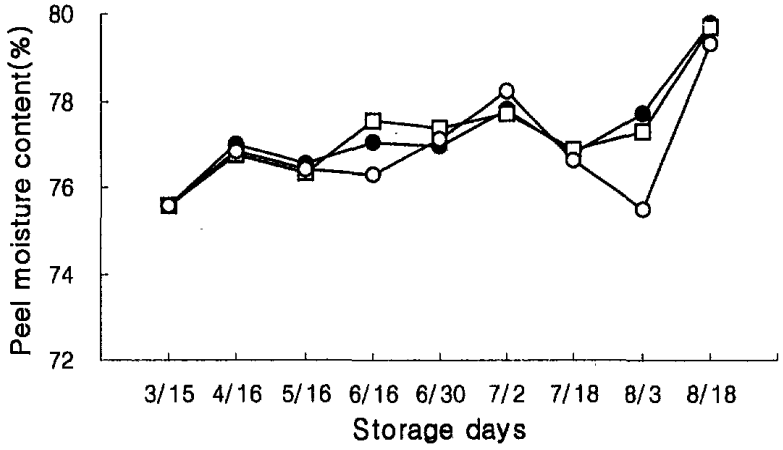
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) siranuhi

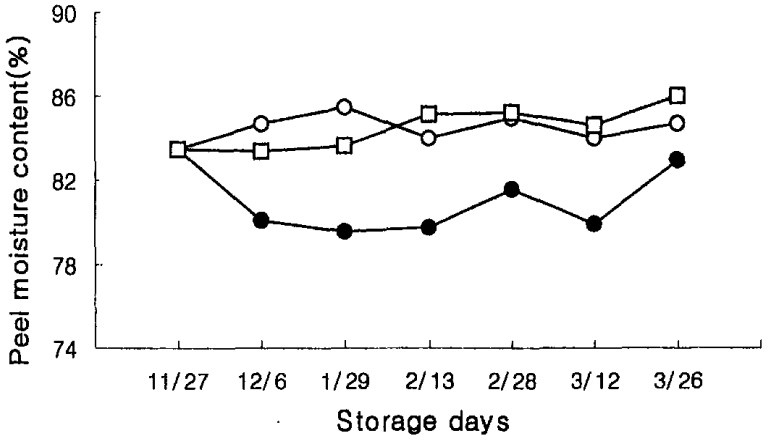


(d) kiyomi tangor

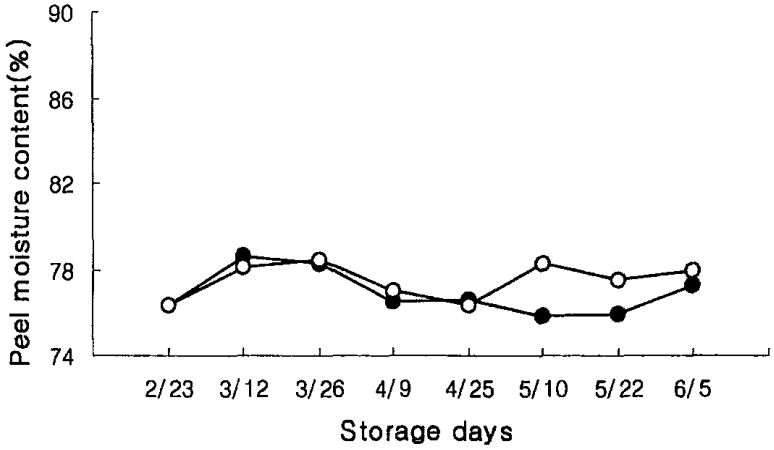
Fig. 5. Changes in peel moisture content of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type

저장고 형태에 따른 껍질수분 함량의 변화는 Fig. 6과 같이 상온저장에서는 저장초기에 급속히 감소되었다. 그러나 이후 다소 증가되는 것은 과육에서 껍질로 수분이 이동된다[9]는 내용과 비슷한 경향이었다. 또한, 이 시기부터 겉보기에 위조현상이 일어나기 시작하였다. 그러나 외부의 상대습도가 매우 낮게 유지되는 경우 겉보기에 껍질이 마르는 현상은 계속되어, 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

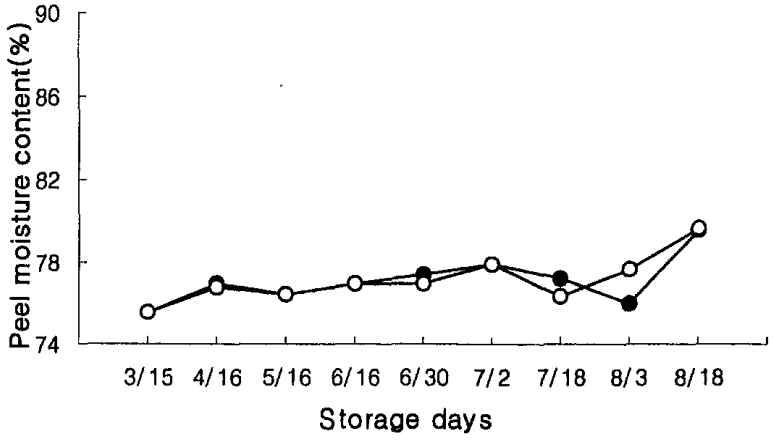
현재 판매되는 감귤의 품질을 판단하는 기준은 외관에 많이 의존하고 있어서, 장기간 저장하는 경우 습도조절에 유의해야 할 것으로 판단된다. 그리고 저온저장에서는 저장초기 과피수분 함량이 키토산+$CaCl_2$ 처리가 다른 처리에 비해 높았는데, 이는 키토산이 사과에서 감량효과가 있는 것으로 보고한 황 등[15]의 내용과 비슷한 것으로, 키토산+$CaCl_2$이 과실의 증산 작용을 억제하는 효과가 있는 것으로 판단된다.



(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



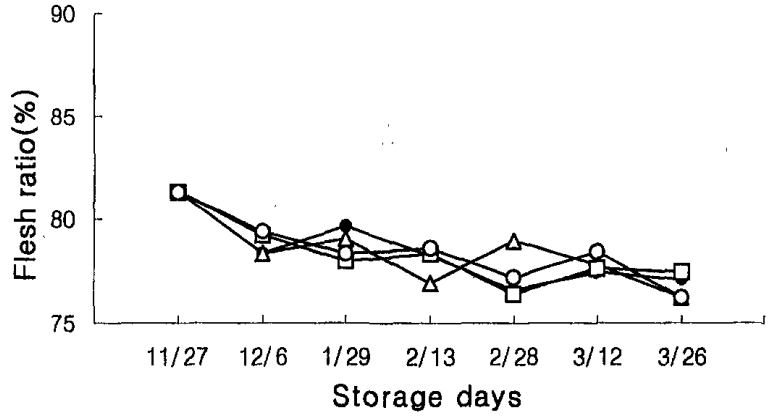
(c) kiyomi tangor

Fig. 6. Changes in peel moisture content of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

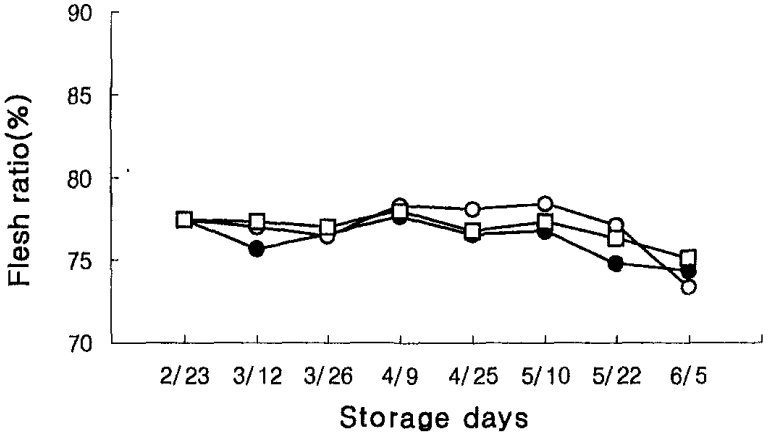
●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$

제 5 항 과육율

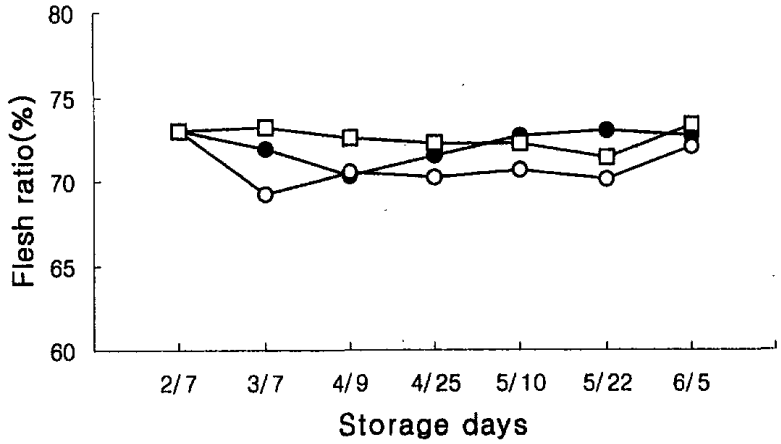
Fig. 7과 Fig. 8은 과육율 변화를 나타내었다. 久本과 萩沼[16]는 감귤은 수확 후에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분의 변화 및 껍질로부터 수분증발이 일어난다고 하였다. 과육율의 변화를 측정한 결과 모든 처리에서 거의 변화 없이 저장기간이 경과함에 따라 약간씩 감소하는 경향을 보였다. 그러나 상온저장에서는 저장초기부터 감소되는 양은 저온저장보다 낮게 나타나는 경향이었으나, 저장 90일 이후부터 감소되는 양이 증가되는 변화를 보였는데 이는 과피수분율 변화와 반대되는 현상을 보였다.



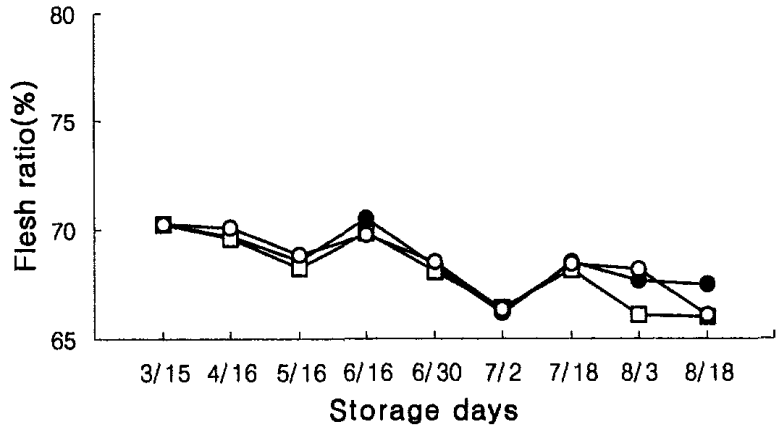
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa

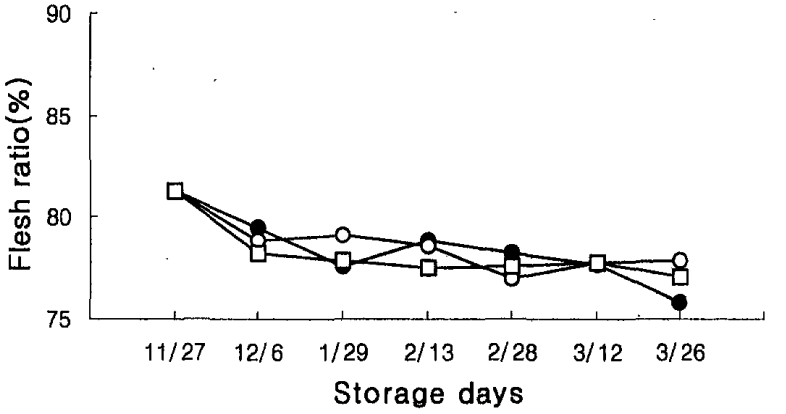


(c) siranuhi

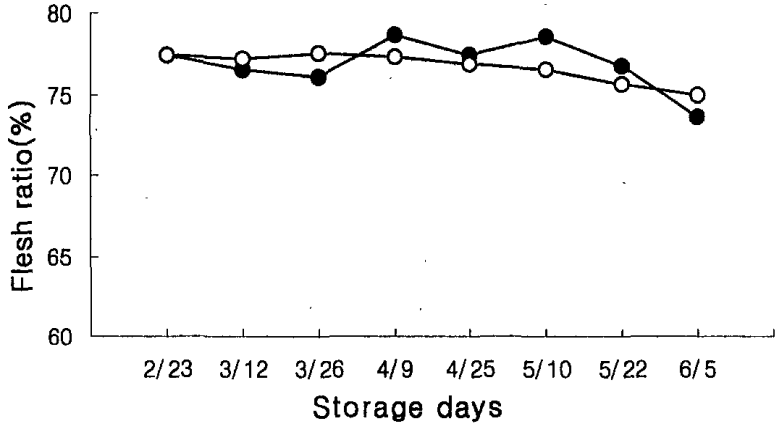


(d) kiyomi tangor

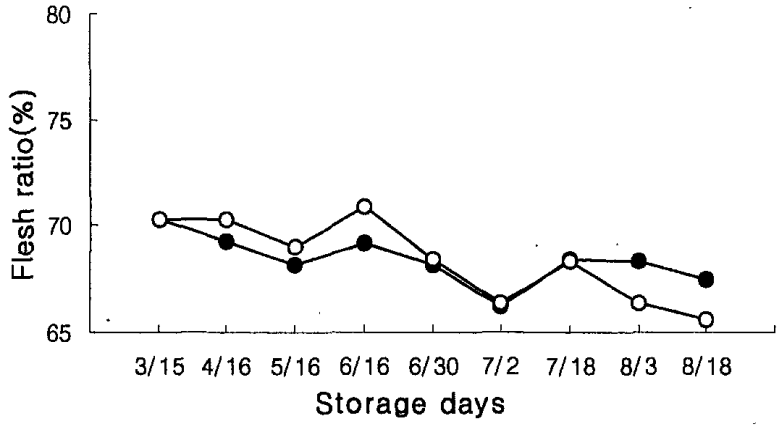
Fig. 7. Changes in flesh ratio of citrus during storage by chamber type.
Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type



(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) kiyomi tangor

Fig. 8. Changes in flesh ratio of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$

제 6 항 가용성고형물과 산 함량

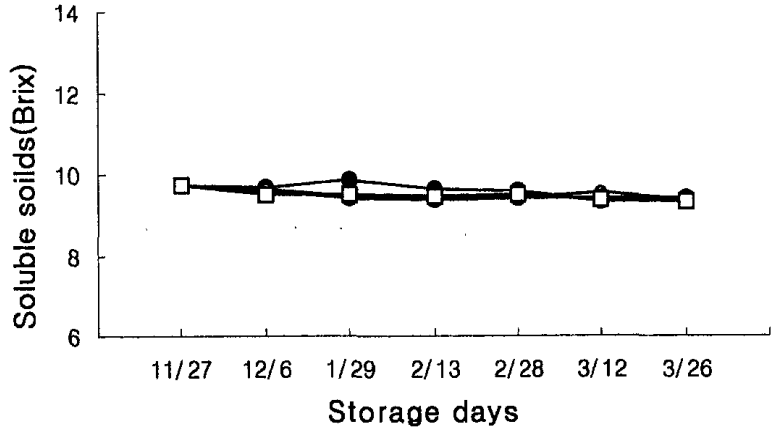
감귤의 내용성분인 가용성고형물과 산 함량의 변화를 Fig. 9에서 Fig. 12까지에 나타내었다. 감귤의 경우 개체간 성분 함량이 차이가 많은데, 실제 분석시료가 일정하지 않아 각 시료간 차이에 의해 분석값은 약간 변화가 있었다.

가용성고형물은 저장전 처리별, 저장기간에 따른 뚜렷한 변화를 볼 수 없었다. 이는 Table 4에서 나타난 것과 같이 감귤 개체간 다양성으로 저장기간에 따른 변화량보다 많아 일정한 경향을 나타내지 않았다. 그리고 성분함량은 저장기간동안 큰 변화가 없었으나, 다소 높아지는 경향을 나타내었다.

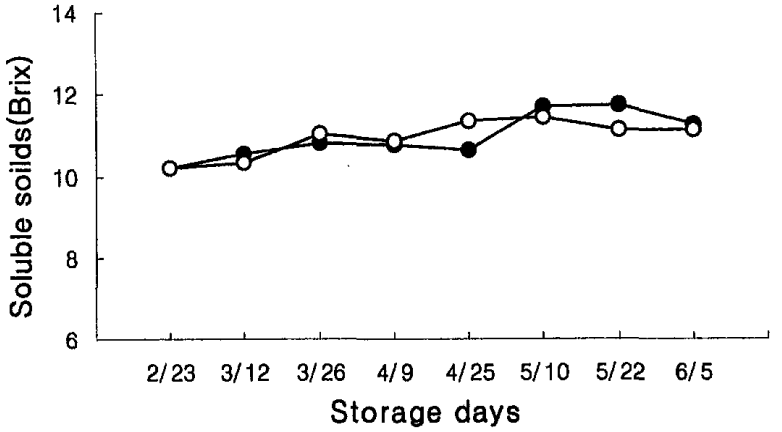
이는 저장 중에 가용성고형물이 실제로 조금씩 감소되었지만, 수분의 감소량이 많아 내용성분이 농축됨으로써 오히려 높아지는 경향이 있다고 한 내용[17]과 같이 일치하는 결과이었다. 저장형태에 따라 거의 변화 없이 일정한 수준을 유지하여 유의성은 인정할 수 없었다. 무처리 감귤에 비하여 키토산을 처리한 감귤에서 약간 높게 나타났으나 그 유의성은 없었다. 저장기간이 길어질수록 증산작용이 많고 산 함량의 감소가 심하여, 당산비가 증가되는 경향이 뚜렷하였다.

久本에 의하면 감귤은 수확 후에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분의 변화 및 껍질로부터 수분증발이 일어난다. 총당의 경우 과육으로부터 껍질로 수분이동에 의한 중량감소를 유발하여 내용성분의 농축효과로 인하여 변화의 폭이 크지 않은데 비하여, 유기산은 호흡작용의 기질로 사용되어 감소한다[18]는 보고와 일치하는 경향을 보였다.

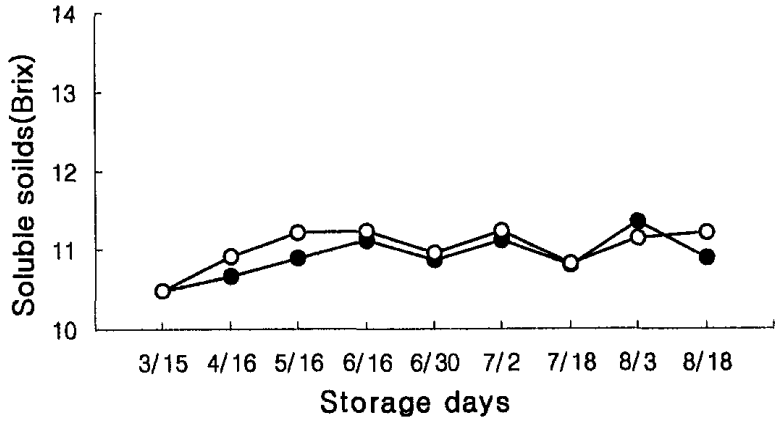
岩崎 등은 저장 중 성분변화를 조사하고 소비자의 기호적 식미를 조사한 결과 산 함량 0.7~0.8%인 상태에서 소비자의 기호성이 높으며 0.7% 이하에서는 당 함량이 많아도 기호성은 낮다고 하였다[19]. 安達은 감귤의 당 함량은 저장기간에 따라 점진적으로 상승하였으나 큰 변화는 없는데 비하여, 산 함량은 감소하여 120일 후에는 36%가 감소한다고 하였다[13].



(a) miyakawa



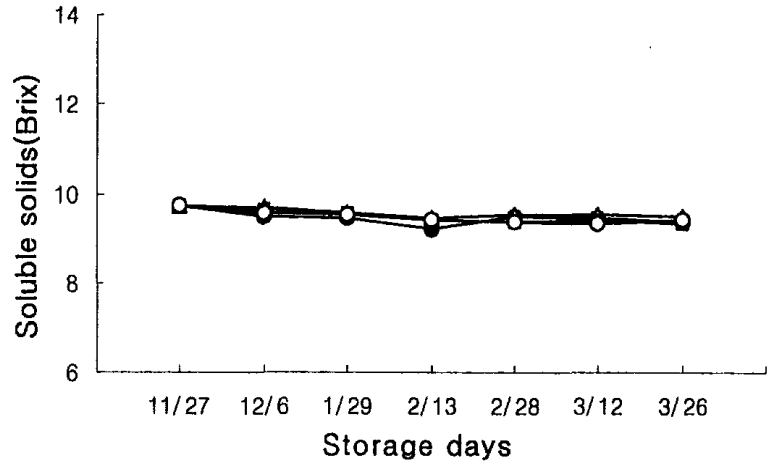
(b) over-wintering miyakawa



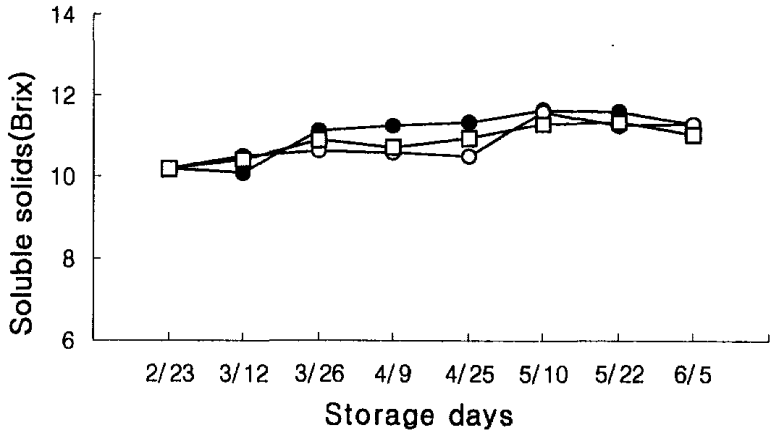
(c) kiyomi tangor

Fig. 9. Changes in soluble solids of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

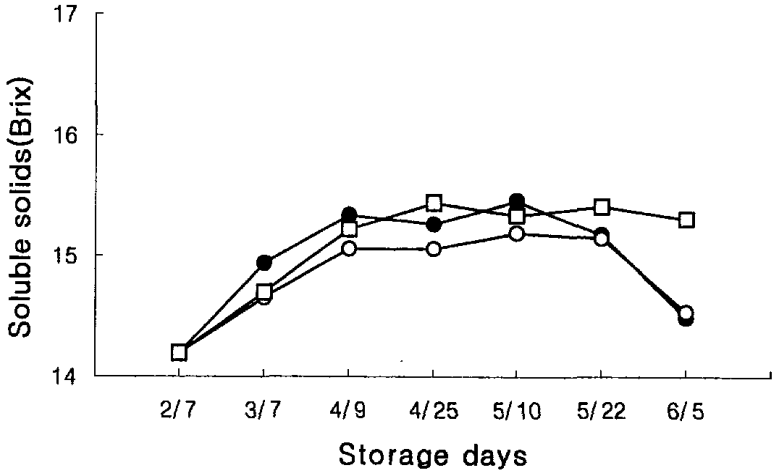
●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$.



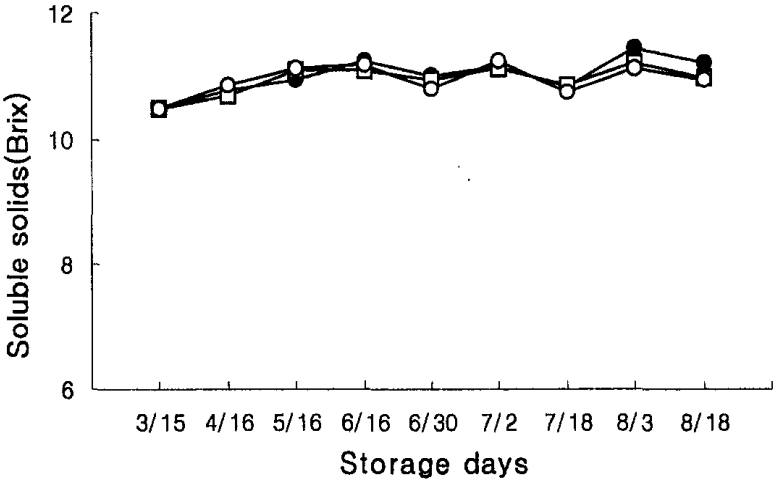
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



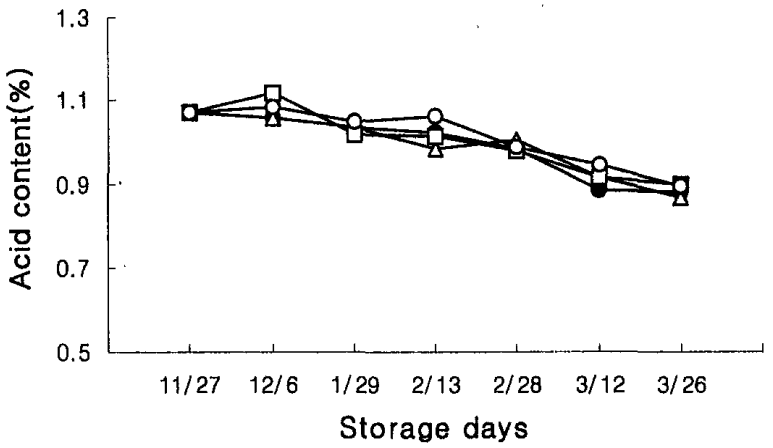
(c) siranuhi



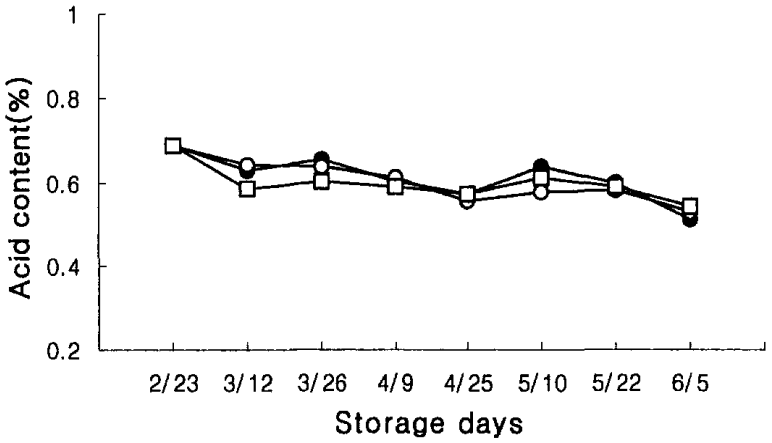
(d) kiyomi tangor

Fig. 10. Changes in soluble soilds of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type

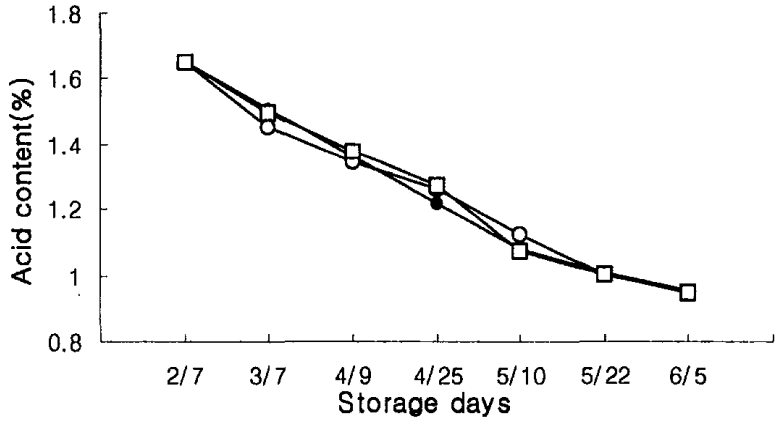
산 함량은 모든 처리에서 저장기간이 길어질수록 현저히 감소하였다. 이는 安達이 보고내용[13]과 일치하였으며, 산이 호흡작용의 기질로 사용되는데 기인한 것으로 보인다. 野田는 저장에 따른 산 함량의 감소는 약 4개월 저장 후 0.8~0.9% 정도로 떨어졌다[20]고 하였는데, 본 실험에서도 0.84~0.9%로 이와 유사한 결과를 나타내었다



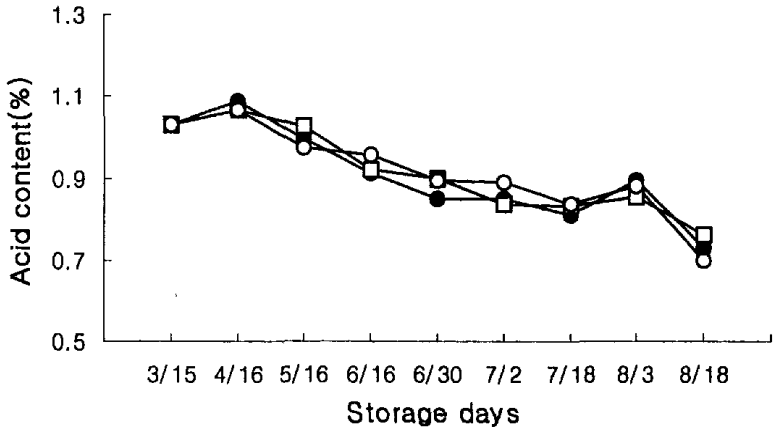
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa

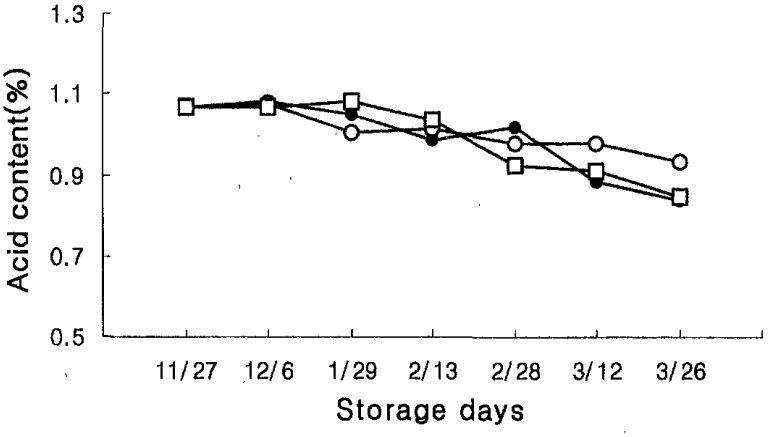


(c) siranuhi

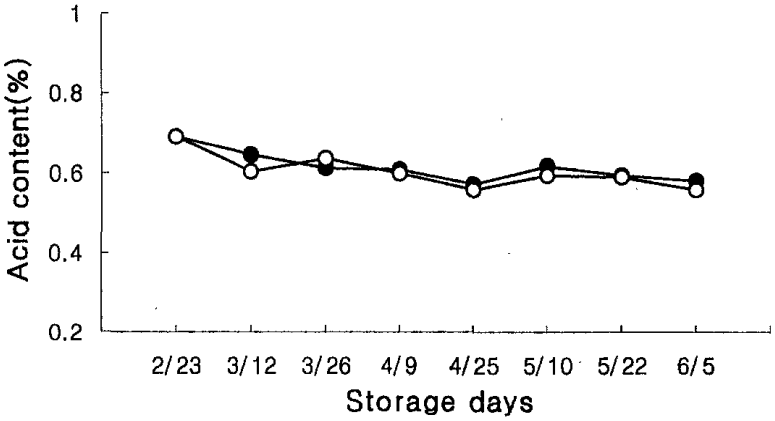


(d) kiyomi tangor

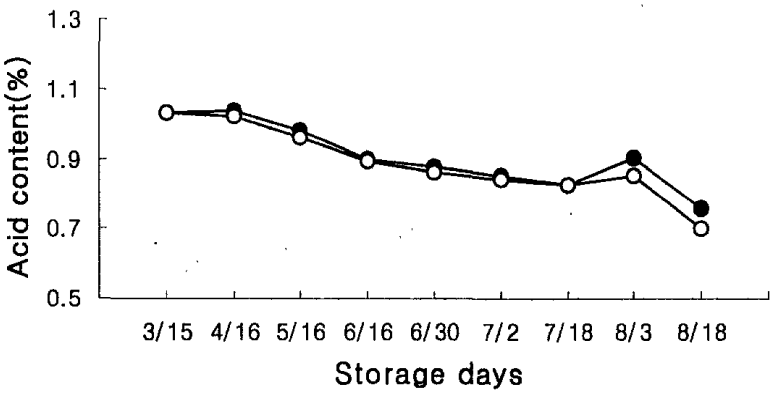
Fig. 11. Changes in acid content of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type



(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) kiyomi tangor

Fig. 12. Changes in acid content of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$

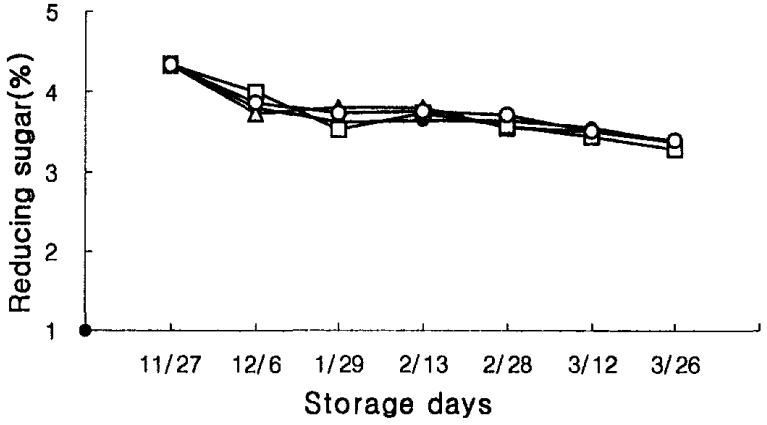
맛을 고려한 저장 중에 산 함량은 1.0~0.7% 사이로 저장초기의 산 함량과 저장기간 중의 산 함량 감소 속도가 느릴수록 저장성이 좋은 것으로 판단된다. 조생온주밀감의 경우 산 함량의 감소는 상온저장에서 24%에 비하여, 저온저장에서는 15~18%로 감소되는 폭이 적어 저장효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

품종별 산 함량의 감소율은 한라봉 40%, 조생온주밀감, 월동감귤, 청견은 15~18%로 비슷하게 감산이 되는 것으로 보여, 출하시기에 산 함량이 높아 문제가 되고 있는 한라봉은 저장에 의해 산 함량을 감소시킨 후 출하하는 것이 소비자의 기호에 맞출 수 있어 좋을 것으로 판단한다.

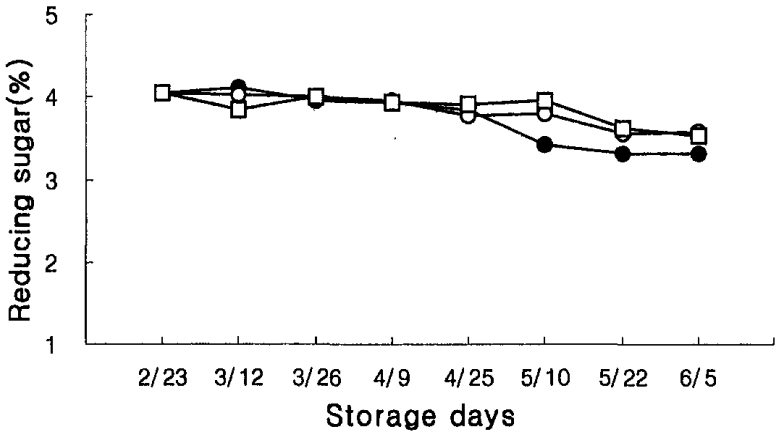
제 6 항 환원당과 총당

Fig. 13에서 Fig. 16은 저장기간에 따른 감귤의 환원당과 총당의 변화를 나타내었다. 감귤은 저장기간 중에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분 변화가 일어난다. 저장 중 환원당 함량은 저장기간이 경과할수록 감소되는 경향으로 청견, 조생온주밀감, 한라봉 순으로 감소 폭이 많았으나, 월동감귤은 다른 경향을 보였다.

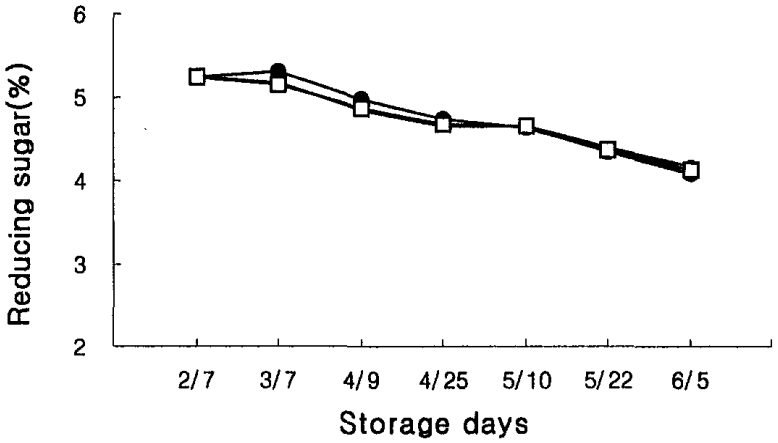
총당 함량은 저장기간이 경과함에 따라 거의 일정하게 유지되었으나, 다소 감소하는 경향이었다. 久本에 의하면 감귤은 수확 후에도 계속되는 호흡작용으로 내용성분 변화 및 껍질로부터 수분증발이 일어나며, 총당의 경우 과육으로부터 껍질로 수분이동에 의한 중량감소를 유발하여 내용성분의 농축효과로 인하여 변화의 폭이 크지 않다[18]고 하였다.



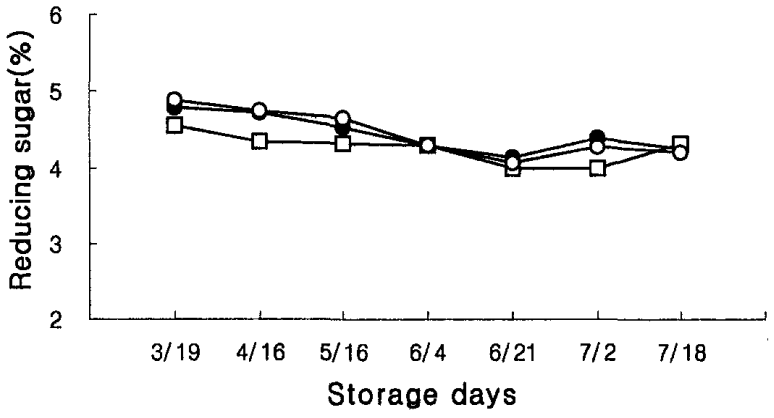
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa

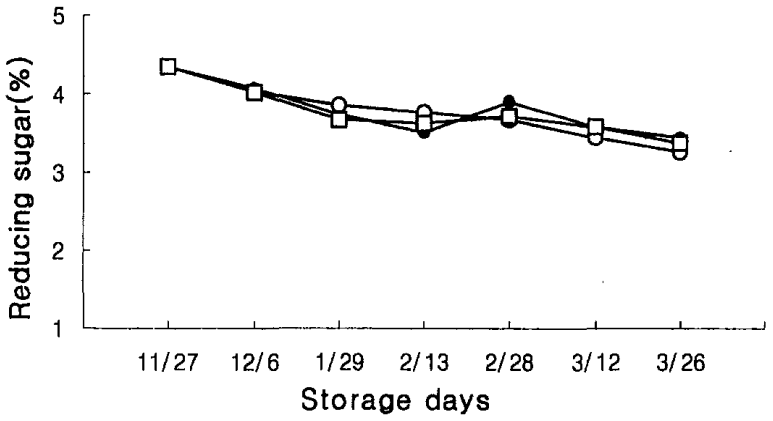


(c) siranuhi

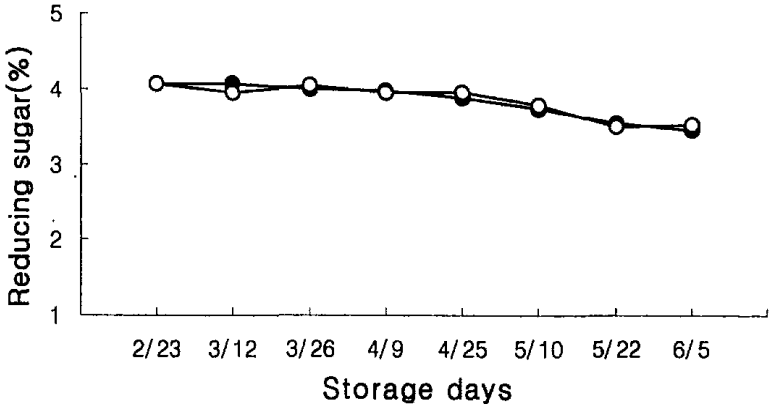


(d) kiyomi tangor

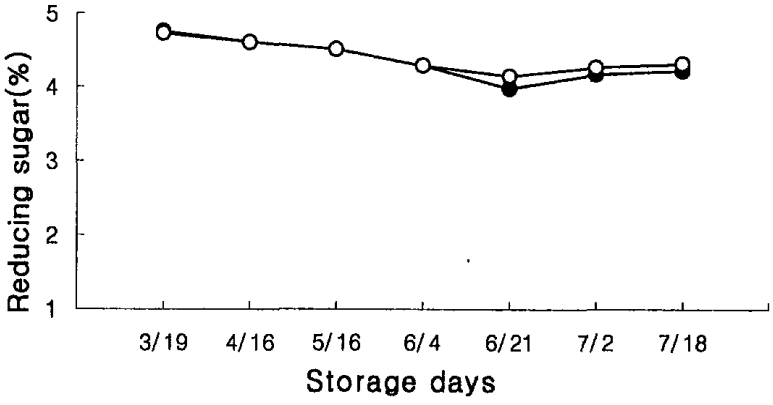
Fig. 13. Changes in acid content of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type



(a) miyakawa



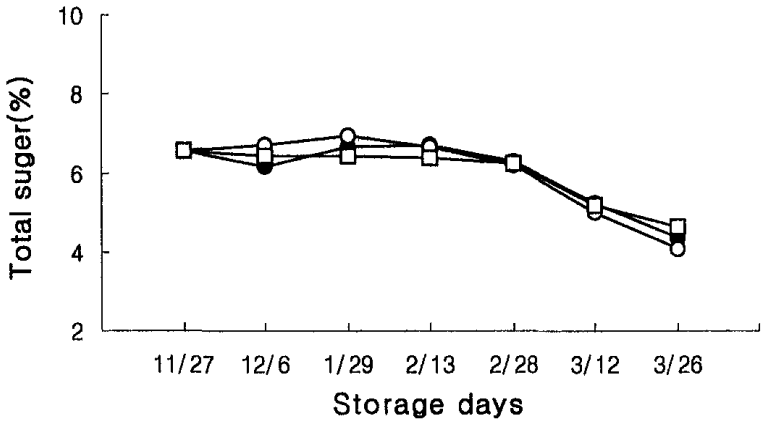
(b) over-wintering miyakawa



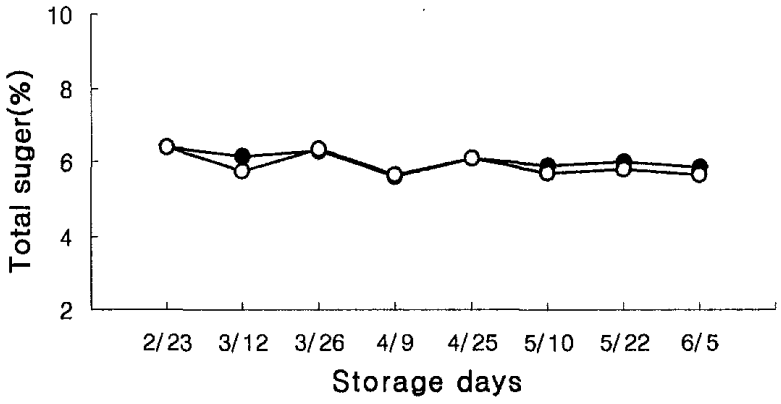
(c) kiyomi tangor

Fig. 14. Changes in reducing sugar of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

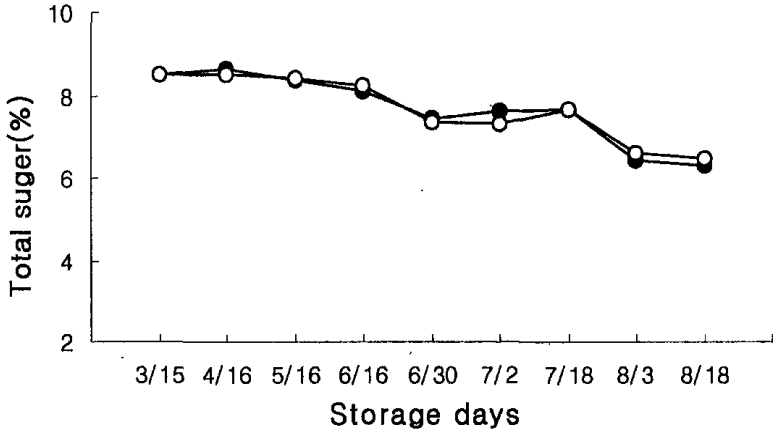
●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$.



(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa

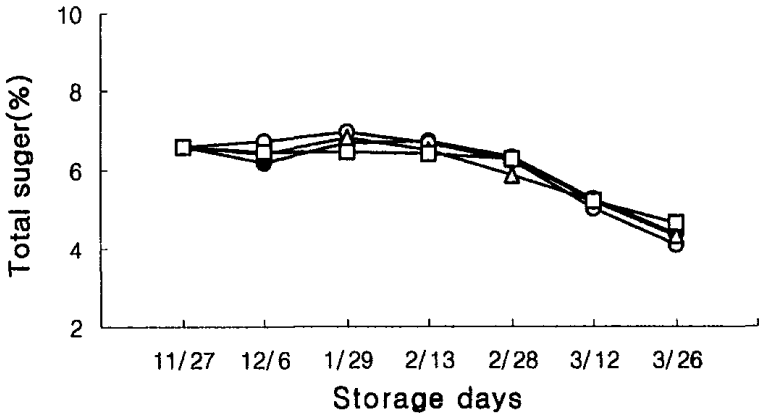


(c) kiyomi tangor

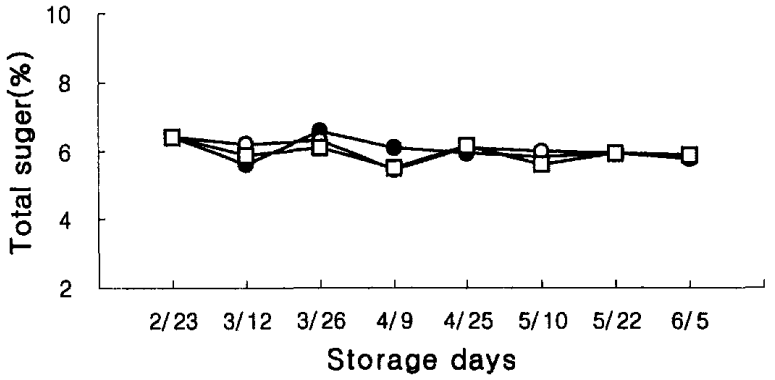
Fig. 15. Changes in total sugar of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$.

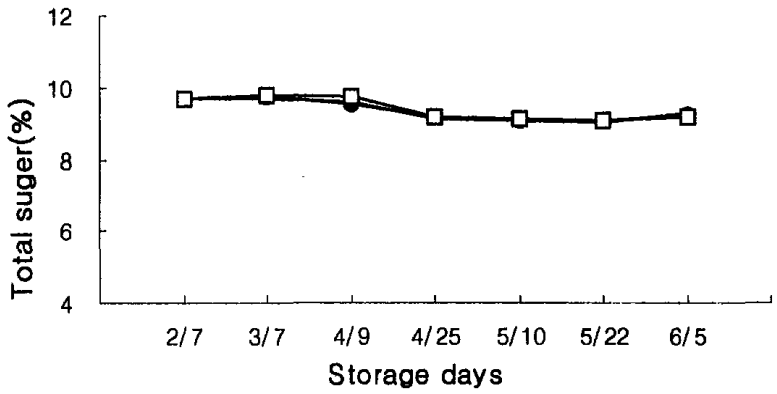
그러나 본 실험에서는 장기간 저장할 경우 감소 폭이 많은 것으로 나타났다. Fig. 14와 Fig 15는 저장고 형태에 따른 함량 변화인데 상온저장과 저온저장간 차이가 거의 없었으나, 변화의 폭은 상온저장이 많아 수확 후 생리작용에 의해 소모되는 양과 수분증발로 농축되는 양 또한 변화가 많은 것으로 여겨진다.



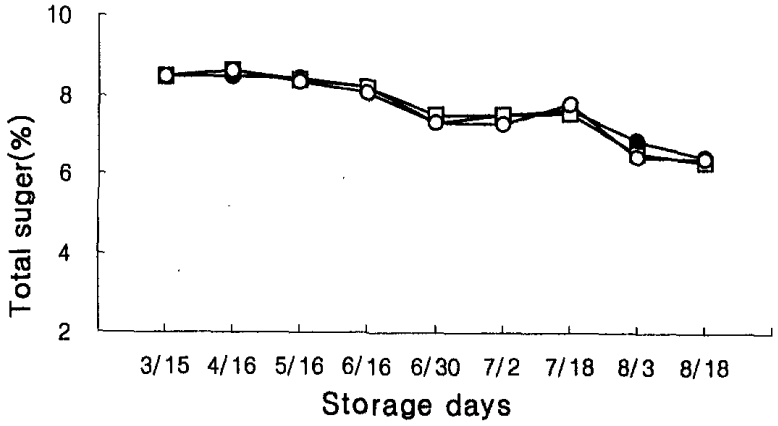
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) siranuhi

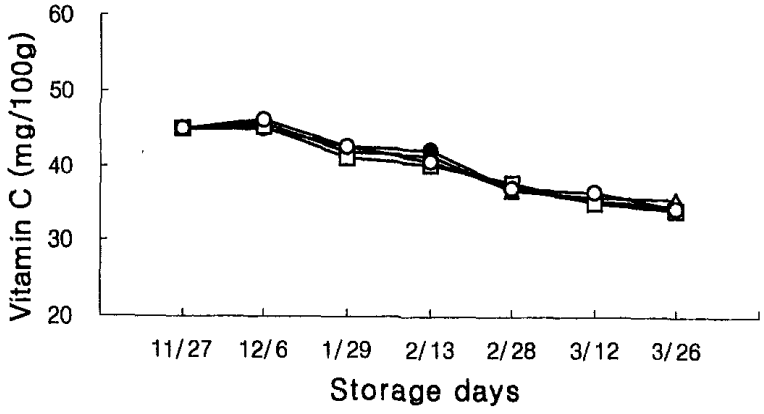


(d) kiyomi tangor

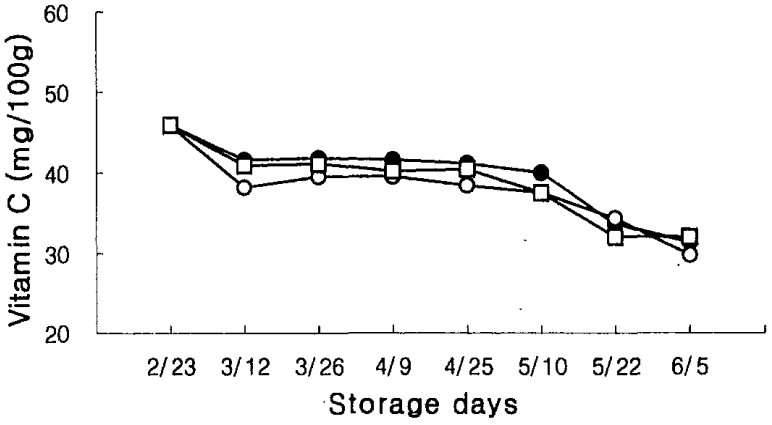
Fig. 16. Changes in acid content of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type

제 7 항 비타민 C 함량

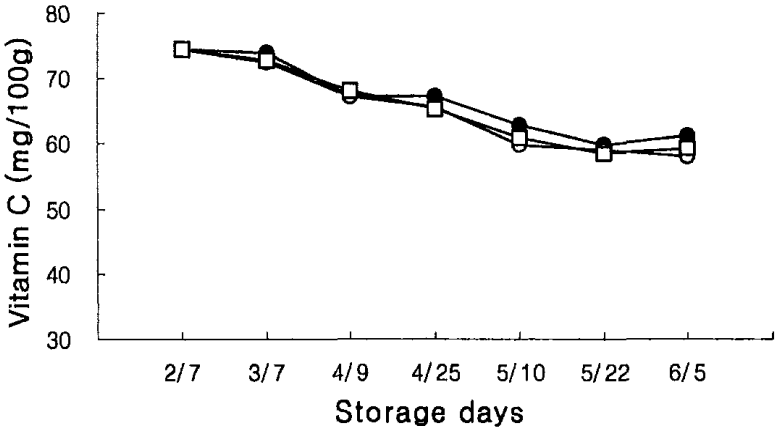
Fig. 17과 Fig. 18은 저장기간에 따른 비타민 C 함량의 변화를 나타내었다. 松本은 저장기간에 따라 비타민 C 함량이 약간씩 감소하는 경향이라고 하였는데[21], 본 실험결과와 일치하였다. 한라봉과 청견은 감소 폭이 매우 높은 것으로 나타나, 이에 대한 생리적 연구가 앞으로 필요할 것으로 생각된다. 저장 60일 후부터 급속히 감소하였고 처리와 저장고 형태에 따른 차이는 없었다.



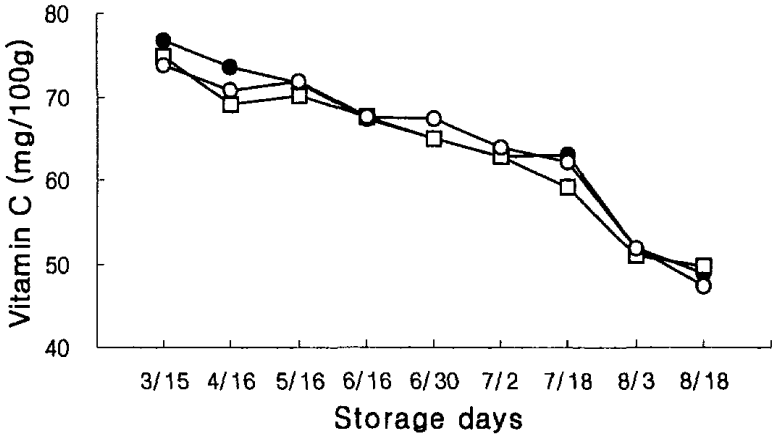
(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa

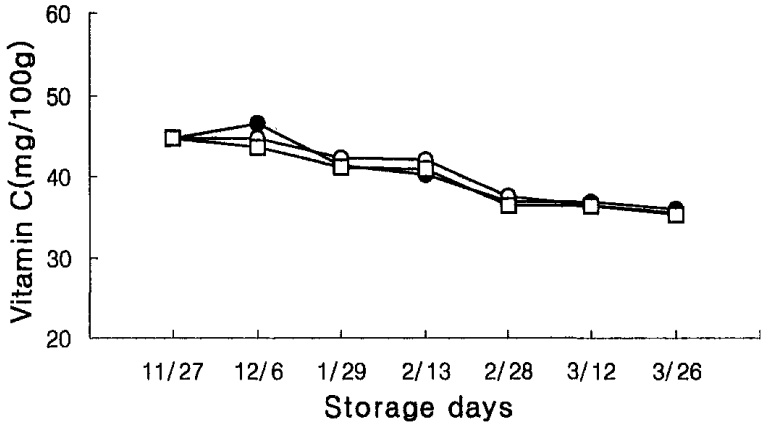


(c) siranuhi

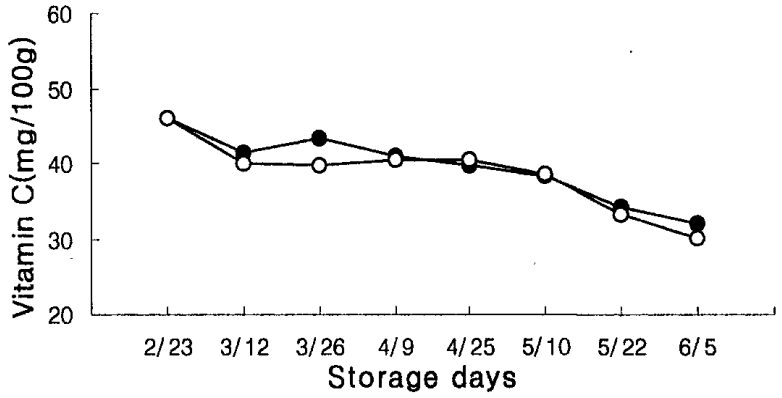


(c) kiyomi tangor

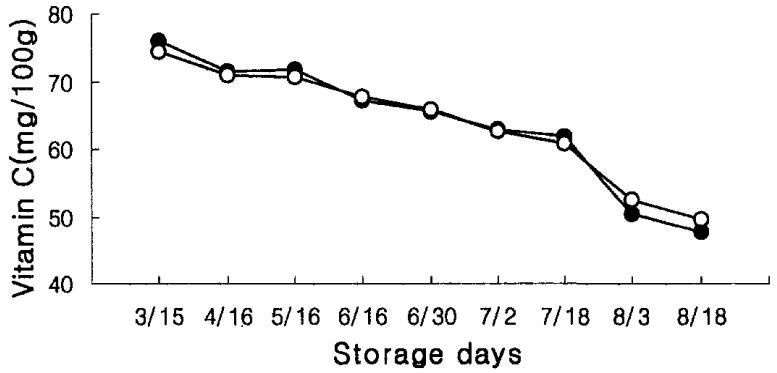
Fig. 17. Changes in acid content of citrus during storage by chamber type. Chamber refer to Table 2. ●-●: A type, ○-○: B type, △-△: C type, □-□: D type



(a) miyakawa



(b) over-wintering miyakawa



(c) kiyomi tangor

Fig. 18. Changes in vitamin C of citrus pretreated with chitosan and calcium chloride during storage.

●-● : non treatment, ○-○ : iminoctadime-triacetate, □-□ : chitosan+$CaCl_2$

과실에서는 환원형 비타민 C는 저장 중에 분해되어 산화형 비타민 C로 변화하며, 특히 2,3-diketogulonic acid로 분해되지만 diketogulonic acid로 되면 비타민 C 활성을 유지할 수 없다. 온주밀감도 저장 중에는 거의 산화형으로 변화한다. 이와 같은 이유로 환원형 비타민 C의 변동을 과실에 있어서 품질열화의 지표로 사용하고 있다. 이것은 저장 중의 온주밀감의 품질의 지표도 되며, 기타 L-아스코르빈산의 변화를 직접 품질변화의 지표로 활용하는 일은 곤란하다.

제 8 항 유리아미노산

감귤 품종별 유리아미노산의 함량은 Table 5와 같다. 감귤의 주요 구성아미노산은 glutamic acid, threonine, serine, alanine, γ-amino buryric acid, aspragine 등 30종이 검출되었으며, 필수아미노산 중에서는 threonine, serine, aspragine, glutamic acid, glycine, alanine 등 12종이 함유되어있었다.

threonine은 조생온주밀감에서만 검출이 되었으며, serine은 한라봉에서 검출이 되지 않았으나, aspragine은 다른 품종에 비해 한라봉은 7배가 많이 함유하고 있었다. proline은 청견에서만 검출이 되었으나 조생온주밀감을 90일 저장하여 분석하였을 때도 검출이 되었다. 전체적으로 조생온주밀감과 다른 품종간 교잡하여 새로운 품종으로 등록된 만감류의 구성 아미노산이 차이가 있는 것으로 판단이 되며, 이에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

조생온주밀감의 저장 115일 후 유리아미노산 변화는 전체적으로 저장기간이 경과할수록 유리아미노산은 감소되는 경향을 보였으며, 상온저장보다 4℃ 저장에서 감소되는 양이 적었다. 특히 tryptophan, ethanolamine, creatinine, L-α-Amino-β-guanidinopropionic acid은 저장 전에는 검출이 되었으나, 저장 115일 후에는 없어지는 경향이었다. 처리별 저장기간에 따른 유리아미노산 함량차이는 거의 없는 것으로 보인다.

Table 5. Free amino acid content of citrus fruits(μ mol)

Amino acid	Miyagawa		Over-wintering miyakawa		Siranuhi		Kiyomi	
	Before storage	90days	Before storage	90days	Before storage	90days	Before storage	90days
D,L- o -phosphoserine	0.123	0.111	0.073	0.074	0.085	0.143	0.035	0.203
Taurine	0.166	0.218	0.026	0.024	0.008	0.068	-	0.006
Urea	0.198	0.170	0.192	0.144	0.162	0.175	-	-
Cis-4-hydroxy-L-proline	0.325	0.332	0.452	0.416	2.062	1.777	0.485	0.151
L-threonine	1.873	1.912	1.821	1.761	-	-	0.790	1.092
L-serine	1.787	2.759	1.735	1.568	-	-	2.129	3.280
L-aspragine	0.678	0.813	0.789	0.733	4.549	4.396	0.698	0.887
L-glutamic acid	2.980	1.631	1.682	1.412	1.698	2.000	0.506	1.389
L-proline	-	0.676	-	-	-	-	6.743	5.887
Glycine	0.294	0.330	0.344	0.314	1.911	1.595	0.084	0.133
L-alanine	1.917	2.609	2.394	2.398	1.449	0.618	0.573	1.406
Citrulline	0.024	0.036	0.016	0.008	.030	0.189	-	0.011
L- α -amino- η +A42-butyric acid	0.074	0.049	0.098	0.096	0.030	0.037	0.013	0.023
L-valine	0.321	0.164	0.399	0.359	0.066	0.103	0.049	0.078
L-cystine	-	0.010	0.006	0.007	-	-	-	-
L-methionine	0.077	0.070	0.131	0.102	-	0.013	-	-
L-isoleucine	0.116	0.018	0.163	0.149	-	0.035	0.019	-
L-leucine	0.168	0.074	0.204	0.176	0.032	0.040	0.027	-
L-tyrosine	0.387	0.178	0.377	0.364	0.076	0.097	0.018	0.021
L-phenylalanine	0.369	0.257	0.486	0.441	0.088	0.134	-	-
β -alanine	0.060	0.039	0.051	0.057	0.056	0.068	-	0.029
γ -amino butyric acid	2.329	1.675	2.203	2.225	1.905	2.012	0.506	1.336
L-tryptophan	0.058	-	0.013	0.006	-	-	-	-
Ethanolamine	0.386	0.068	0.398	0.382	2.290	1.870	-	-
D,L & allo-hydroxylysine	0.516	0.401	0.312	0.318	0.592	0.451	-	0.403
Ammonia	0.867	1.420	0.206	0.195	0.927	0.868	0.166	0.406
Creatinine	0.487	0.011	0.575	0.523	-	0.028	0.094	0.156
L-ornithine	0.140	0.091	0.227	0.204	0.034	0.040	0.027	0.007
Anserine	-	2.581	-	-	0.402	0.101	-	-
L- α -amino- β -guanidino propionic acid	0.053	-	-	-	-		0.015	-
Total	16.773	18.703	15.373	14.456	18.452	17.470	12.977	16.984

Table. 5. Changes in free amino acid of satsuma mandarin pretreated with chitosan and calcium during storage(μ mol)

Amino acid	Before Storage	Storage temperature for 115 days					
		Room temperature			4℃		
		Non-treatment	Iminoctadime-triacetate	Chitosan + $CaCl_2$	Non-treatment	Iminoctadime-triacetate	Chitosan+ $CaCl_2$
D,L-O-phospho-serine	0.12	0.19	0.20	0.29	0.18	0.16	0.17
Taurine	0.17	0.09	0.19	0.23	0.14	0.13	0.22
Urea	0.20	0.09	0.33	0.12	0.23	0.23	0.23
L-threonine	1.87	1.65	1.77	1.23	1.87	1.43	1.49
L-serine	1.79	1.63	2.08	1.36	2.01	2.25	1.77
L-aspragine	0.68	0.57	0.39	0.26	0.69	0.57	0.59
L-glutamic acid	2.98	1.78	1.77	1.06	2.46	1.34	1.15
Glycine	0.29	0.22	0.27	0.20	0.24	0.22	0.22
L-alanine	1.92	1.66	1.60	1.07	1.96	1.65	1.49
Citrulline	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
L-α-amino-n-butyric acid	0.07	0.05	0.06	0.04	0.07	0.05	0.05
L-valine	0.33	0.20	0.29	0.21	0.27	0.21	0.20
L-methionine	0.08	0.03	0.06	0.04	0.08	0.06	0.05
L-isoleucine	0.12	0.05	0.11	0.08	0.10	0.06	0.07
L-leucine	0.17	0.08	0.17	0.11	0.15	0.12	0.14
L-tyrosine	0.39	0.24	0.34	0.28	0.25	0.16	0.17
L-phenylalanine	0.37	0.21	0.35	0.25	0.31	0.23	0.27
β-alanine	0.06	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
γ-amino buryric acid	2.33	1.53	1.45	1.85	1.16	1.38	1.29
L-tryptophan	0.06	tr*	tr	tr	tr	tr	tr
Ethanolamine	0.39	tr	tr	tr	0.39	0.37	0.27
D,L & allo-hydroxylysine	0.52	tr	0.50	0.35	0.66	0.22	0.57
Ammonia	0.87	tr	tr	tr	1.15	1.06	1.22
Creatinine	0.49	tr	tr	tr	tr	tr	tr
L-ornithine	0.14	0.08	0.15	0.09	0.14	0.09	0.09
L-α-amino-β-guanidinopropionic acid	0.05	0.04	0.03	0.04	tr	tr	tr
Total	16.77	10.85	12.61	9.51	15.05	12.45	15.08

* tr : trace.

제 4 절 참고문헌

1. 제주농협지역본부, 감귤유통처리실태분석, p. 22(2001)
2. A.O.A.C., Official Methods of Analysis, 15th ed., Association Analytical Chemists, Washington, D.C. 914-915(1990)
3. 小原哲二郎 編, 食品分析ハンドブツワ, p. 334-335, 建帛社(1973)
4. Hatanaka, C. and Kobara, Y., Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson method, *Agric. Biol. Chem.*, 44, 2943-2949(1980)
5. 주현규, 식품분석법, 355-359, 학문사(1989)
6. Ohara, I and S. Ariyoshi, Comparison of protein precipitants for the determination of free amino acid in plasma, *Agric. Biol. Chem.*, 43(7) 1473-1479(1979)
7. 羽田第二郎, 大庭義材, 桑原實, 松本和紀, ウンシュウミカンの完熟栽培果實の品質と糖組成に及ぼす品種, 地域及びフイルムマルチの影響. 福岡縣農試研報B (園藝) 제13호, 53-58(1994)
8. 鳥潟博高, 果樹の生理障害と對策(ミカの浮皮症), 誠文堂新光社, 66-71(1976)
9. 고정삼, 양영택, 송상철, 김성학, 김지용, 처리조건에 따른 조생온주밀감의 저온저장 특성, 한국농화학회지, 40(2), 117-122(1997)
10. El Ghaouth, A., Arul, J. Ponnampalam, R. and Boulet, M., Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries, *J. Food Sci.*, 56(6), 1618-1620(1991)
11. 박현진, 새로운 기능성 피막코팅제를 이용한 주요 과수류의 저장성 향상 및 수출 효율 증대, 농림기술관리센터 연구보고서, 농림부(2000)
12. 日本農林省 食品綜合研究所, 溫州シカンの貯藏と運送, 1-2(1977)
13. 安達義正, 溫州シカンの貯藏と栽培, 農業圖書(1976)
14. 西浦昌男, 日本園藝學會 發表要旨(春), 42(1967)
15. 황용수, 김요안, 이재창, 수확후 키토산 및 왁스처리와 에틸렌제거가 '쓰가루'

사과의 저장중 품질에 미치는 영향, 한국원예학회지, 39(5), 579-582(1998)
16. 久本直哉, 萩沼之孝, 日本園藝學會雜誌, 49, 260-268(1980)
17. 한해룡, 권오균, 감귤원예신서, 선진문화사, 475-478(1994)
18. 久本直哉, 萩沼之孝, 食品綜合研究所研究報告, 42-51(1983)
19. 岩崎直人, 大垣智昭, 岩政正男, 松島二良, 石畑清武, 日本園藝學會雜誌, 55(2) 153-168(1986)
20. 野呂德男, 柑橘, 22-50(1970)
21. 松本和夫, 柑橘園藝新書, 養賢堂(1973)

제 8 장 감귤의 MA 저장

제 1 절 서 설

감귤생산량 조절을 통해 가격을 유지하려는 정책이 매년 시행되고 있다. 그러나 품질에 따른 가격차이가 더욱 커지고 있어서, 가격안정을 위해서는 고품질의 감귤 생산과 수확 후 관리를 위한 저장방법 및 포장방법의 개발에 관심이 높아지고 있다.

현재의 감귤포장은 5 kg과 15 kg 골판지상자 포장이 주종을 이루고 있는 반면, 다른 과일은 다양한 포장방법을 개발하여 상품성을 높이고 있다. 딸기, 단감 등의 과일과 채소에서는 플라스틱 필름을 이용한 MA 포장을 이용하여 선도를 유지하는 방법을 사용하고 있다. 제주지역에서 생산되는 온주밀감, 월동온주밀감, 청견의 MA 포장에 의한 부패의 지연과 신선도를 유지할 수 있는 연구가 필요하다.

과일과 채소의 MA 포장에 사용되는 플라스틱 필름은 경제성 때문에 대부분 low density polyethylene(LDPE) 필름이나 polypropylene(PP) 필름이 사용되고 있다. 필름에 항균효과가 있는 물질을 첨가하여 내용물의 부패를 지연시켜 신선도를 유지하는 포장방법, 개체 포장에 의한 방법 등 필름을 이용하여 저장성을 높이려는 다양한 방법이 시도되고 있다.

본 연구에서는 MA 포장에서 투과율에 영향을 주는 두께의 영향, 세라믹 항균제의 효과, 구멍의 존재에 의한 저장효과 차이, 키토산 처리 후 포장에 따른 효과를 온주밀감, 월동감귤, 청견을 시료로 하여 검토하였다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 감귤시료

제주도 남제주군 남원읍에 소재한 과수원에서 수확한 궁천조생 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc. var. *miyagawa*), 월동감귤, 청견을 사용하였다.

제 2 항 포장 방법

30, 40, 50 ㎛ 두께의 LDPE 필름이 가로 23 cm, 세로 36 cm의 직사각형의 포장봉지를 만들어 1300~2000 g의 감귤을 넣어 끈으로 밀봉하였다. 완전한 밀폐포장과 유공(有孔)에 의한 포장의 저장효과 차이를 검토하기 위하여 전체 면적의 0.55%의 구멍이 있는 유공 포장봉지를 사용하였다.

세라믹 항균제의 부패 지연효과를 검토하기 위하여 제주도에 위치한 부산화학에서 생산하는 2%, 5%의 세라믹 항균제가 함유된 포장봉지를 사용하였다.

천연항균물질로 부패 지연효과가 보고되고 있는 키토산의 MA 포장 내에서의 영향을 조사하기 위해 일부 감귤은 2%의 키토산이 포함된 수용액에 1시간 침지 후 하루동안 선풍기로 건조한 후 다른 감귤과 같은 조건으로 포장하였다. 포장된 감귤과 무포장의 대조구는 4±1℃로 조절되는 저온 저장고에 저장한 후 품질변화를 측정하였다.

제 3 항 감귤의 품질분석

저장을 시작하는 시점과 일정시간 경과 후 각 처리구별로 감귤의 품질에 영향을 주는 요인인 pH, 산 함량, 당도, 비타민 C 함량을 측정하였다. 부패율은 45개의 감귤을 별도로 저장하여 부패가 시작되는 감귤을 부패과로 판정하여 부패율을 계산하였다. 중량감소는 저장기간 중 초기무게와의 차이에서 구하였다. pH는 3개의 착즙된 시료를 준비하여 pH메터(920A, Orion, USA)로 측정하여 평균값을 구하였다. 과즙의 당도는 pH와 같은 방법으로 시료를 준비하여 굴절계(NAR-1T, Atago,

Japan)로 가용성 고형물(Brix 당도)을 측정하였다. 총산은 100 ml의 희석된 과즙을 0.1N NaOH를 사용하여 pH 8.1에 이를 때까지를 적정하여 구연산으로 환산하였다. 비타민 C 함량은 AOAC 방법을 이용하여 구하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 부패율

1) 궁천조생 온주밀감

궁천조생 온주밀감의 저장 중 부패율의 변화를 Fig. 1~Fig. 4에 나타내었다. 궁천조생은 저온저장시 모든 포장조건에서 40일 경과후부터 부패가 발생하기 시작하였다.

Fig. 1은 무처리와 키토산을 처리한 온주밀감을 40 ㎛ LDPE 필름에 저장하였을 경우 유공과 무공에 따른 포장효과를 나타내었다. 유공 포장의 경우 포장내의 기체조성은 대기와 같지만, 무공포장은 호흡작용에 의해 이산화탄소와 산소의 양이 변하게 된다. 부패율은 유공과 무공에서 부패초기에 각각 다른 결과를 보였으나, 50일 이상 경과 후에는 큰 차이를 보이지 않는다.

키토산을 처리한 온주밀감은 유공, 무공 필름에서 모두 낮은 부패율을 보였으며, 키토산 처리가 부패율 감소에 효과가 있었다. Fig. 2와 Fig. 3은 LDPE 필름에 항균 세라믹이 2%, 5% 첨가된 경우의 부패율을 나타내었다. 항균 세라믹을 포함하는 필름이 LDPE 필름보다 조금 낮은 부패율을 보였다. 키토산 처리과를 무공의 항균 세라믹을 포함하는 필름으로 포장하였을 때 다른 조건과 구별되는 가장 낮은 부패율을 보였다.

Fig. 4는 포장하지 않은 무처리과 키토산을 처리한 온주밀감의 부패율을 나타내었다. 온주밀감의 경우 부패율은 포장조건에 영향을 주지 않았다. 항균제로 키토산

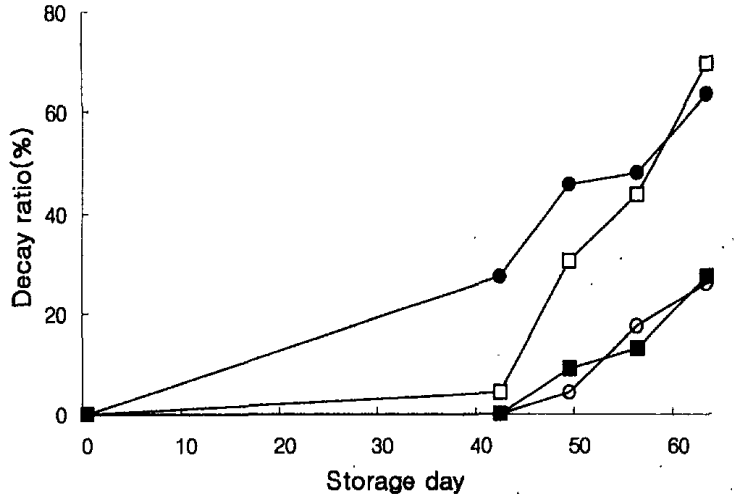


Fig. 1. Decay ratio of satsuma mandarin during MA storage.

-□- : LDPE film bag without pretreatment, -■- : LDPE film bag pretreated with chitosan, -○- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm pretreated with chitosan, -●- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm without pretreatment

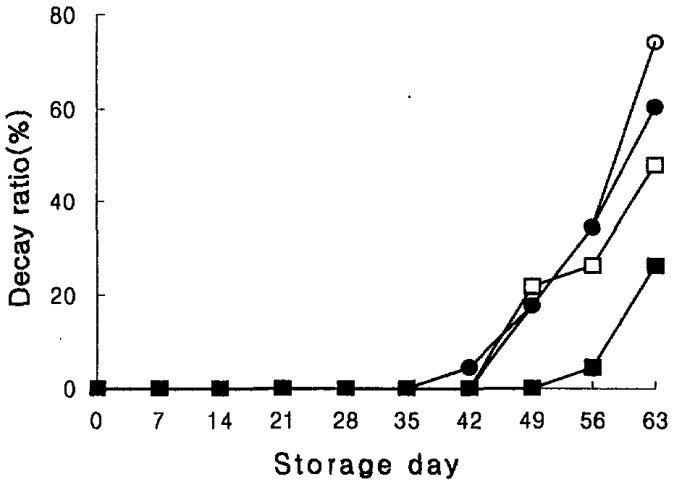


Fig. 2. Decay ratio of satsuma mandarin during MA storage with 2% antibiotic ceramic film.

-□- : LDPE film bag without pretreatment, -■- : LDPE film bag pretreated with chitosan, -○- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm pretreated with chitosan, -●- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm without pretreatment

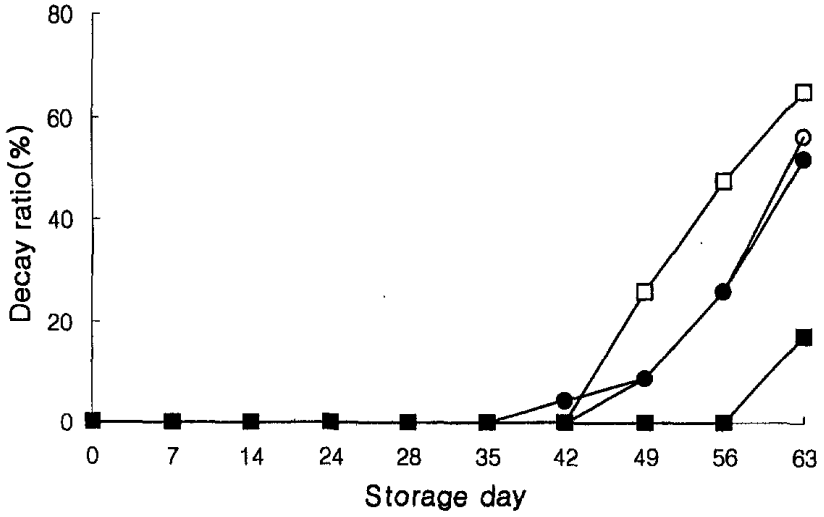


Fig. 3. Decay ratio of satsuma mandarin during MA storage with 5% antibiotic ceramic film.

-□- : LDPE film bag without pretreatment, -■- : LDPE film bag pretreated with chitosan, -○- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm pretreated with chitosan, -●- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm without pretreatment

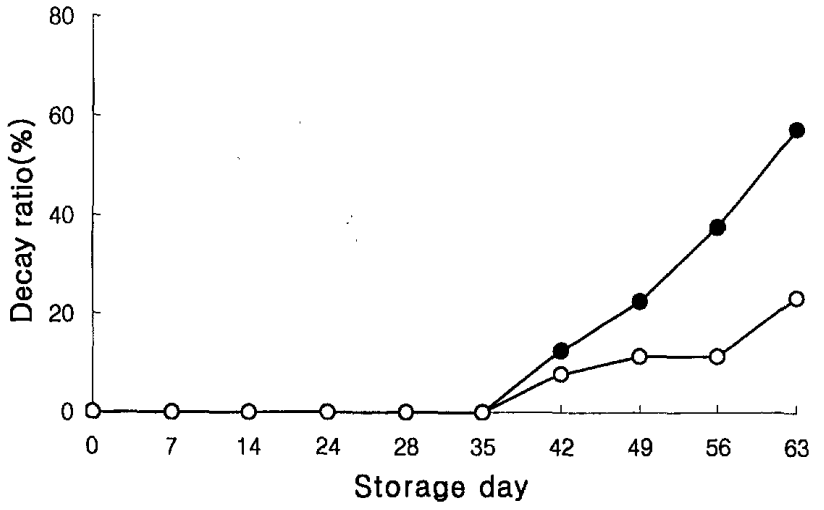


Fig. 4. Decay ratio of satsuma mandarin during MA storage.

-○- : pretreated with chitosan, -●- : control, without pretreatment

이 사용된 경우에는 대부분의 포장조건에서 무처리 감귤보다 절반정도의 낮은 부패율을 보여 부패방지에 키토산 처리가 효과가 있음을 알 수 있었다.

2) 월동감귤

월동감귤에서 LDPE로 MA 포장할 경우 필름두께의 차이에 의한 부패율에 차이가 있었다. 그리고 유공과 무공에서의 부패율이 달랐으며, 키토산 처리와 무처리시의 부패율에 차이가 있었다.

Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 월동감귤에서 가장 확실한 부패 정도의 차이는 키토산 처리와 무처리에서 나타났다. 어떤 종류의 포장과 무포장의 경우에도 키토산 처리구에서의 부패율이 높았다. 이는 월동 후 연약해진 감귤껍질에 키토산 수용액이 접촉함에 따라 수분 함유량이 높아져 부패가 쉽게 발생한 것으로 보여진다. 무공 MA 포장보다 유공의 부패율이 낮은 것도 수분 함유량이 월동감귤의 부패에 가장 큰 영향을 줌을 알 수 있었다.

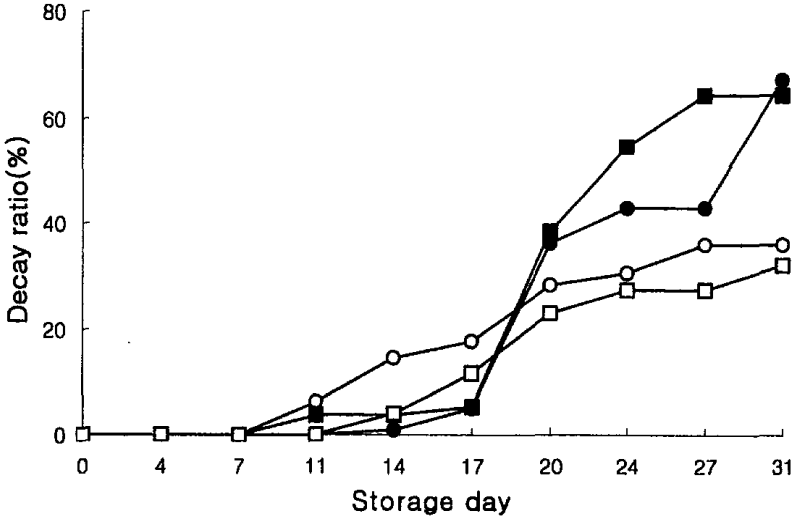


Fig. 5. Decay ratio of overwintering satsuma mandarin during MA storage pretreated with chitosan.

-○- 30 μm : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm, -●- : 30 μm LDPE film bag without holes, -□- : 50 μm LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm, -■- : 50 μm LDPE film bag without holes

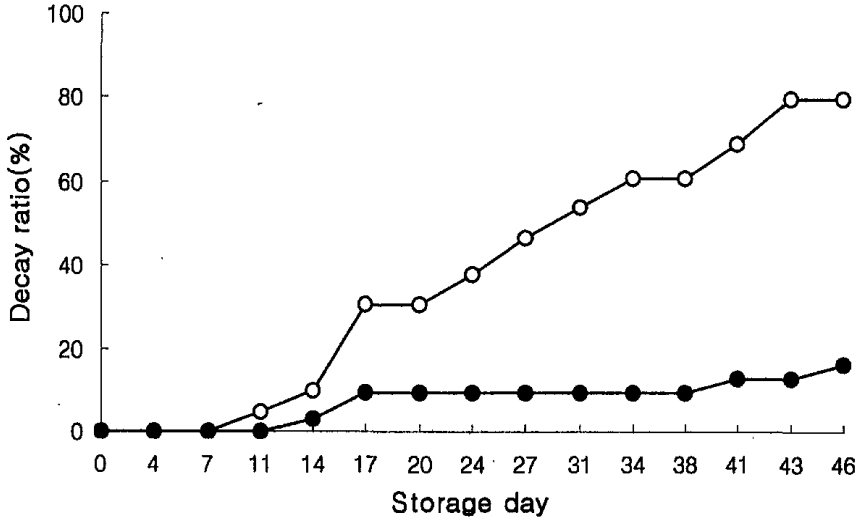


Fig. 6. Decay ratio of overwintering satsuma mandarin during MA storage.
-○- : pretreated with chitosan, -●- : without pretreatment

필름두께에 의한 투과율 차이에 따른 내부 공기조성의 차이는 호흡작용이 활발하지 않은 감귤에서는 부패율에 영향을 주지 않았다. 감귤의 낱개 밀착포장에서는 필름 재질에 따른 투과율 차이가 부패에 영향을 준다는 보고가 있었지만, 같은 재질에서 두께만 다른 미세한 변화에서는 부패율에 영향을 주지 않았다.

3) 청 견

청견은 저온 저장시 3개월의 저장기간 중 상처과 몇 개 제외하고는 LDPE포장 저장과 무포장 저장 모두에서 부패과가 발생하지 않는 좋은 저장성을 보였다.

제 2 항 중량감소

1) 궁천조생 온주밀감

온주밀감에서 키토산 처리와 무처리, LDPE 포장과 무포장, 유공과 무공 포장, LDPE필름과 세락믹 항균제 포함 LDPE필름에서의 중량감소를 비교하였다.

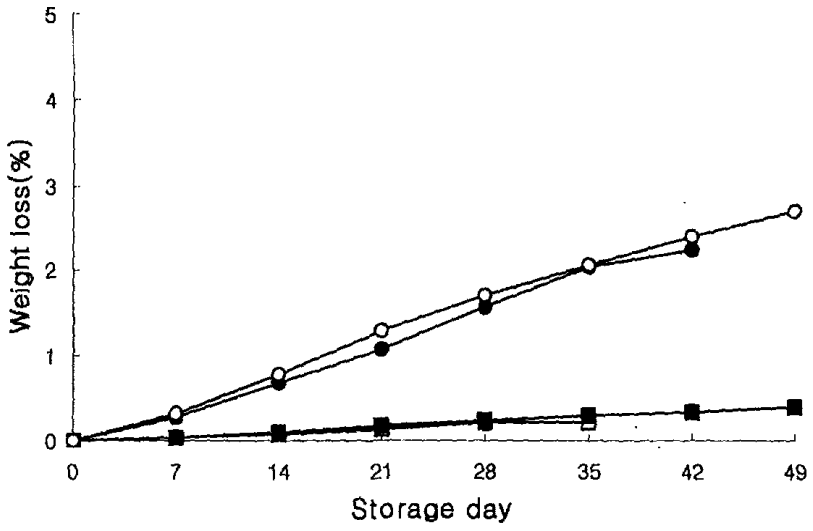


Fig. 7. Weight loss of satsuma mandarin during MA storage.

-□- : LDPE film bag without pretreatment, -■- : LDPE film bag pretreated with chitosan, -○- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm pretreated with chitosan, -●- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm without pretreatment

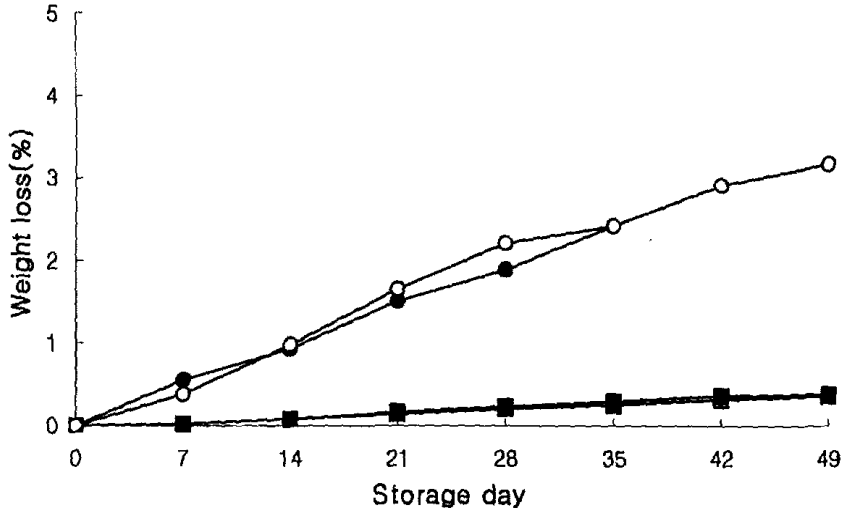


Fig. 8. Weight loss of satsuma mandarin during MA storage with 2% antibiotic ceramic film.

-□- : LDPE film bag without pretreatment, -■- : LDPE film bag pretreated with chitosan, -○- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm pretreated with chitosan, -●- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm without pretreatment

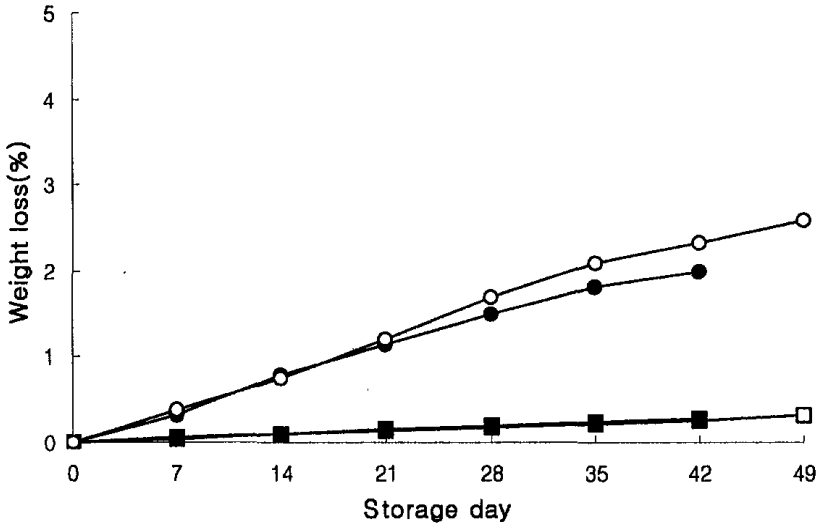


Fig. 9. Weight loss of satsuma mandarin during MA storage with 5% antibiotic ceramic film.
-□- LDPE : film bag without pretreatment, -■- : LDPE film bag pretreated with chitosan, -○- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm pretreated with chitosan, -●- : LDPE film bag with 36 holes of diameter 6 mm without pretreatment

Fig. 7~Fig. 10은 포장방법에 따른 중량감소를 나타내었다. Fig. 7에서와 같이 중량감소는 수분증발을 방지할 수 있는 필름을 사용하는 경우 무포장에서 중량감소가 가장 크게 발생하였다. 40일 이후에는 8% 이상의 중량감소를 보여 감귤의 껍질과 내용물 사이에 박리현상(부피과)이 발생하였고, 수분감소로 상품성이 현저히 감소하였다.

세라믹항균제의 함유여부는 중량감소에 영향을 주지 않았다. 항균제의 함유량도 2%나 5%인 경우 중량감소에 영향을 주지 않았다. LDPE 무공 포장의 경우 50일 동안 포장하는 경우 0.4% 이하의 중량감소가 발생하였다. 무공의 밀봉포장에는 감귤의 증산작용에 의해 배출된 수분이 포장내의 습도를 상승시켜 포화상태가 되어 응축수에 의한 부패과의 발생가능성이 있었다. 이는 부패율을 높이는 원인이 될 수 있다. 그러나 LDPE 유공 포장은 포장내의 공기조성이 대기와 거의 같지만, 필름이 수분증발을 방지하여 50일 저장 후 3% 정도의 중량감소만을 보여 무포장에

서 중량감소의 40% 정도만이 감소하였다.

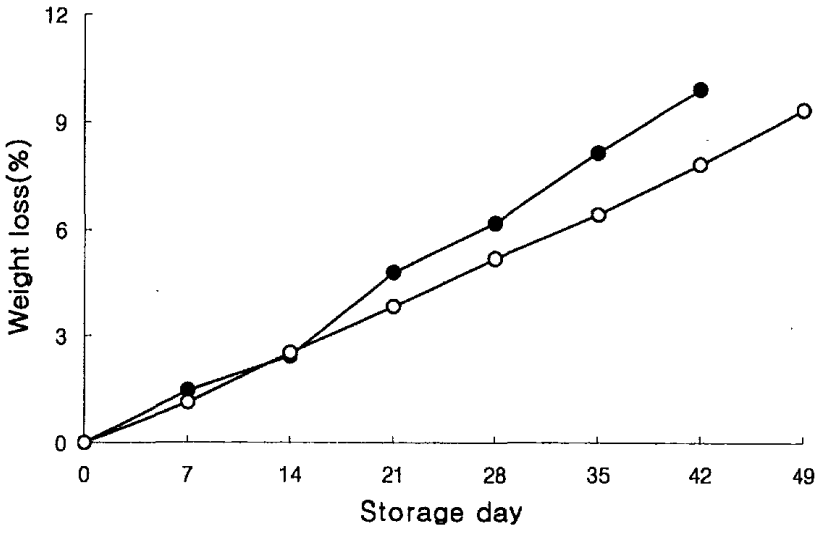


Fig. 10. Weight loss of satsuma mandarin during MA storage.
-○- : pretreated with chitosan, -●- : without pretreatment

2) 월동감귤

키토산 처리와 무처리 무포장 월동감귤을 30 ㎛, 50 ㎛ 두께의 LDPE 필름을 사용하여 중량감소를 비교한 결과는 Fig. 11과 Fig. 12에 나타내었다. 키토산 처리는 중량감소에 영향을 주지 않았다. LDPE 필름의 두께차이도 무공 밀봉 포장시에 중량감소에 영향을 주지 않는다. 월동감귤은 20일이 경과하면 부패가 발생하기 시작하여, 20일 후의 중량감소 추이를 계속 측정할 수 없었다.

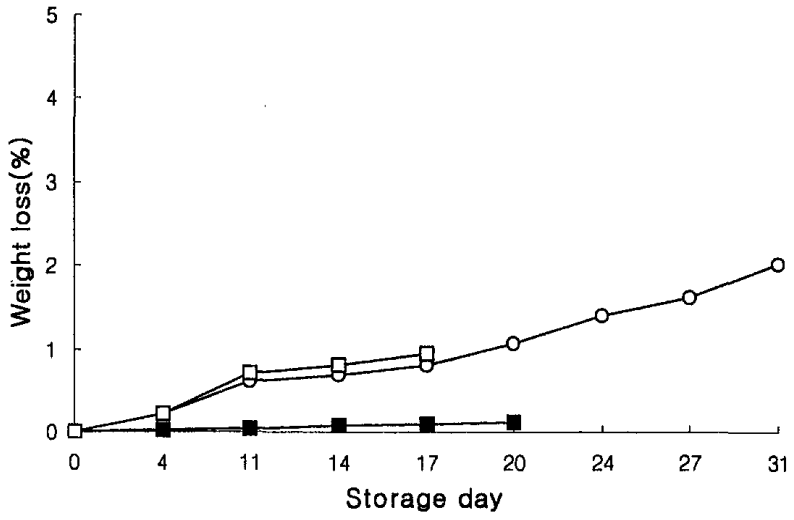


Fig. 11. Weight loss of overwintering satsuma mandarin during MA storage. -○- : 30 μm LDPE film bag with 36 holes of diameter 6mm, -●- : 30 μm LDPE film bag without holes, -□- : 50 μm LDPE film bag with 36 holes of diameter 6mm, -■- : 50 μm LDPE film bag without holes

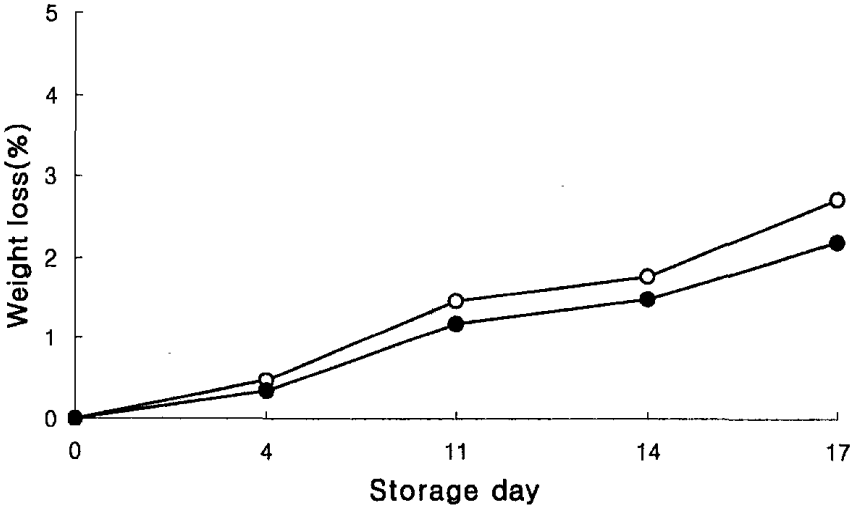


Fig. 12. Weight loss of overwintering satsuma mandarin during MA storage. -○- : pretreated with chitosan, -●- : without pretreatment

3) 청 견

Fig. 13에서 Fig. 14는 여러 포장조건과 무포장의 대조구의 청견의 중량감소를 나타내었다. 청견의 중량감소는 각각의 포장방법에서 궁천조생 온주밀감, 월동감귤의 경우와 거의 동일한 경향을 보여주었다. 무포장 청견은 키토산처리와 무처리에서 모두 50일 후의 중량감소율이 온주밀감의 50%의 중량감소를 나타내었다. 100일 동안의 저온저장 후 8% 정도의 중량감소가 발생하였다. LDPE 포장에는 유공, 무공 경우에 온주밀감과 같은 중량감소 정도를 보였다.

제 3 항 품질변화

저장 14, 29, 48, 65일 후 온주밀감에 대해 Internal atmosphere, 총산, ascobic acid, 당도, 과즙의 pH가 모든 MA포장 조건의 감귤과 무포장의 대조구에 대하여 분석하였으나 일정한 경향을 갖는 결과를 보이지 않았다. 포장은 부패율과 중량감소에는 영향을 주지만, 품질에는 일정한 영향을 주지 않은 것으로 나타났다.

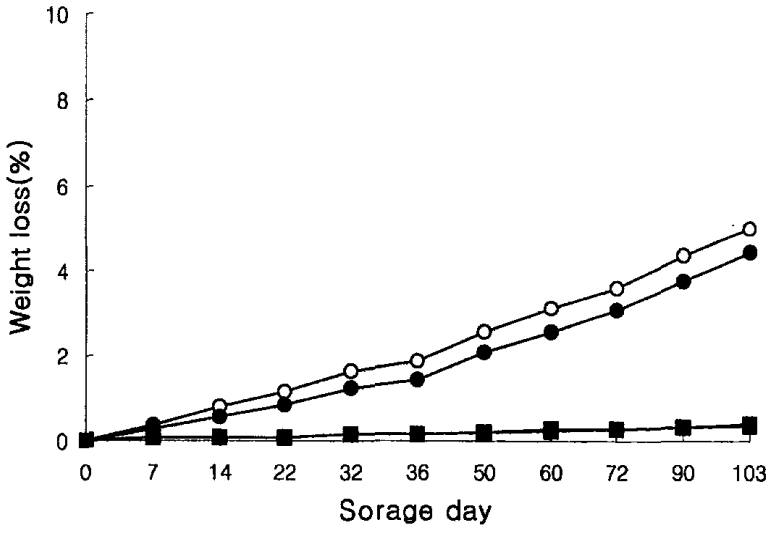


Fig. 13. Weight loss of tangor kiyomi during MA storage.
-○- : pretreated with chitosan and 30 μm LDPE film bag with 36 holes of diameter 6mm, -●- : without pretreated and 30 μm LDPE film bag with 36 holes of diameter 6mm, -□- : pretreated with chitosan and 30 μm LDPE film bag without holes, -■- : without pretreated and 30 μm LDPE film bag without holes

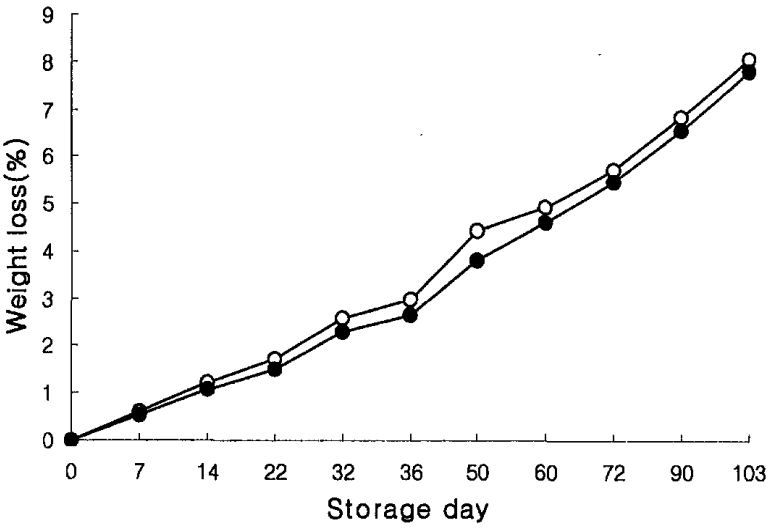


Fig. 14. Weight loss of kiyomi tangor during MA storage.
-○- : pretreated with chitosan, -●- : without pretreatment

제 9 장 감귤의 수확 후 저장 중 부패미생물의 진단과 방제

감귤의 수확 후 저장이나 유통 중 생리작용에 의한 내용성분의 변화로 품질이 떨어지는 요인 이외에 부패과 발생으로 인한 물량 손실이 문제가 된다. 본 연구를 수행하는 과정에서 감귤저장 중 발생하는 대표적인 부패과의 증상과 방제법을 조사하여 이에 대한 내용을 정리하였다.

1. 갈색썩음병

1) 원인 및 증상 : 여름철 장마 때에 미숙한 과일에 대량으로 발생하기 쉽다. 1999년도에 제주도에서 광범위한 지역에 걸쳐서 대량으로 발생한 적이 있다. 습한 곳에서는, 발생초기에 과일의 표면에 백색균사가 생긴다. 이어서 포자낭이 생성되면서 갈색 곰팡이로 변신한다. 부패과로 인하여 낙과 현상이 일어난다. 과수원에서 나뭇가지가 늘어져서 과일이 지표면과 가까이 있거나, 흙탕물에 젖어 있을 경우에 발생하기 쉽다.

과일 수확 후 저장 중에도 발생하며, 갈색썩음병(brown rot)을 유발한다. 초기에는 감염 부위가 옅은 갈색(light brown)으로 변색되고, 가죽 같이 질긴 구조(leathery)를 형성하나, 습기가 많은 곳에서는 흰색의 균사가 표면에 발생한다. 부패되면서 자극적인 썩은 냄새를 풍긴다.

2) 원인균 : *Phytophthora* 속으로 *Phytophthora palmivora, P. citrophthora, P. hibernalis, P. syringae* 등이 알려져 있다.

3) 방제법 : 과일이 익기 전 나무에 달려 있을 때는 비가 내리기 전에 동(구리),

copper)를 함유한 살균제(fungicide)를 살포하면 예방 효과가 있다. 과일이 익어서 수확기라면, 과일 수확 전에 fosetyl-Al을 살포한다. 수확 후에는 metalaxyl을 뿌리면 효과가 있다.

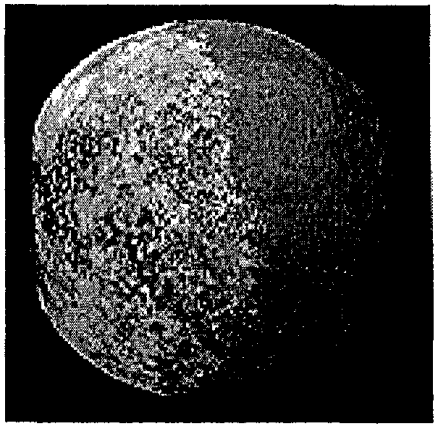


그림 1. 갈색썩음병.

2. *Alternaria* 썩음병

1) 원인 및 증상 : 과일의 꼭지나 배꼽 부위로 흔히 감염된다. 감염된 과일은 전형적으로 꼭지의 갈변(stem-end rot) 뿐만 아니라, 과일 내부의 중심부가 검은 색으로 변하는 검은색 썩음병(black rot)을 유발한다.

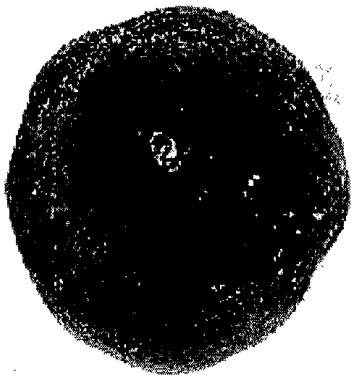


그림 2. Alternaria 썩음병.

2) **원인균** : *Alternaria citri*로 PDA(Potato Dextrose Agar) 한천배지 상에서 노란색 또는 올리브색의 헐겁게 어우러진 가느다란 기균사를 형성한다.

3) **방제법** : 대부분의 살균제에 대해서 내성을 나타내며, 수확 후 imazalil처리가 유효하다.

3. 탄저병(anthracnose)

1) **원인 및 증상** : *Colletotrichum gloeosporioides*가 원인균으로 수확 후 저장 중 상처를 입거나, 과숙한 조직, 늙은 조직, 장기 저장한 과일에 발생하며, 에틸렌(ethylene gas)을 처리한 과일에도 발생하기 쉽다. 초기에는 감염된 과일표면이 얼굴에 눈물이 흘러내려 젖은 자국 형태를 띄는 것처럼 되면서 적갈색으로 변한다. 초기에는 감염부위는 단단하고 건조한 형태로 나타나며, 대개 조직의 괴사를 일으키지는 않는다. 그러나 부패가 더 진행되면, 껍질이 갈색 내지 회흑색으로 변하면서 결국에는 연부병(soft rot)이 발생한다.

2) **원인균** : *C. gloeosporioides*의 군락은 흰색에서 회색 또는 검은색까지 여러 가지 색을 나타낸다. 과일 표면에서도 쉽게 자실체(sporulation)를 만든다.

3) **방제법** : 수확 전에 동을 함유한 살균제나 benomyl를 살포하여 예방한다. 수확 후 과일에는 thiabendazole 처리로 예방한다.

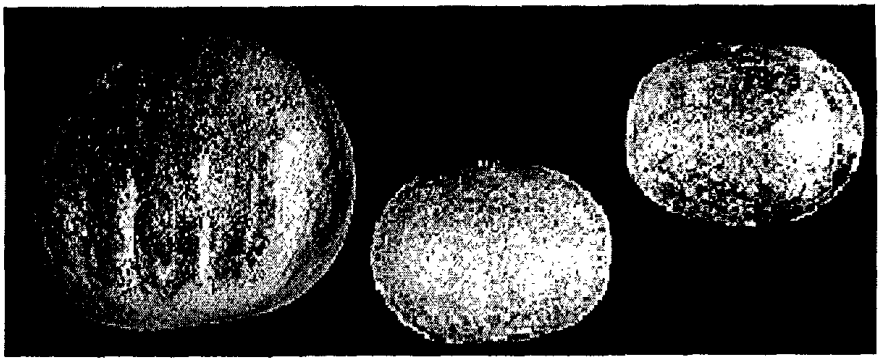


그림 3. 탄저병.

4. 회색곰팡이병

1) 원인 및 증상 : 나뭇가지, 잎, 둥치, 과일 등 어디에나 감염하여 침입 가능한 식물병원균이다. 회색곰팡이(gray mold)로 불리며, 수확 후 저장 중에 부패를 유발하기도 한다. 감염부위는 가죽같이 단단해지며 갈색으로 변한다. 습도가 높아지면, 회갈색의 포자가 과일의 표면에 발생한다. 과일 저장상자 내에서 과일 사이에 물리적 접촉을 통하여 병균이 널리 퍼진다.

2) 원인균 : 원인균은 *Botrytis cinerea*이다. 토양 중에 대량으로 존재하므로, 땅위에 떨어진 과일은 주워담지 말아야 한다. 병균 제거를 위한 적절한 fungicide가 없다고 한다.

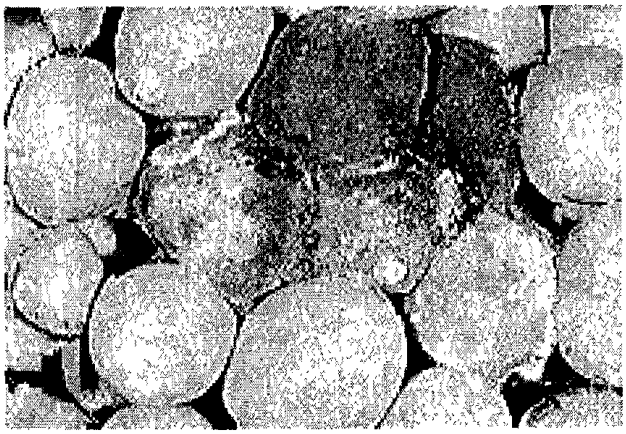


그림 4. 회색곰팡이병.

5. 갈색반점병(melanose)

1) 원인 및 증상 : 감염된 부위의 생과 껍질 표면에 점점으로 분리된 작은 갈색의 작은 혹 또는 반점이 생긴다.

2) 원인균 : 원인균은 *Diaporthe citri* (*Phomopsis citri*)로 PDA 배지에 잘 자라며, 밀집된 형태의 백색 기균사를 만든다.

3) 방제법 : 방제에는 동을 함유한 살균제가 유효하다.

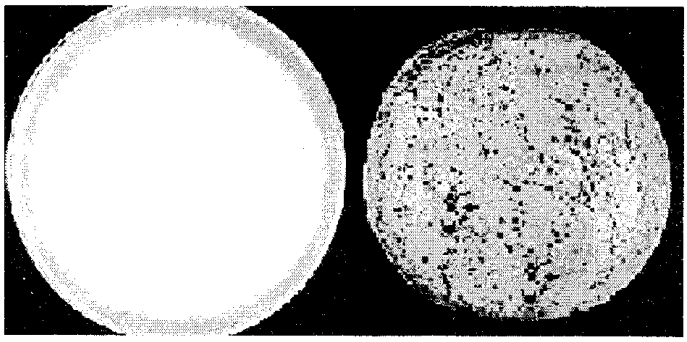


그림 5. 갈색반점병.

왼쪽 : PDA 배지, 오른쪽 : 생과

6. *Aspergillus* 썩음병

1) 원인 및 증상 : 과일을 고온에서 저장하였을 때, 수확 또는 취급과정에서 생긴 상처로부터 감염되기 쉽다. 감염 부위는 매우 연하여, 건드리면 쉽게 터진다. 조직이 함몰되면서 쭈그러진다. 균사는 감염부위 표면에 생기며, 감염부위는 처음에는 노란색에 가까우나, 나중에는 조직이 썩으면서 검은 색의 포자로 뒤덮인다.

2) 원인균 : 여러 종류의 *Aspergillus* species가 원인균이다.

3) 방제법 : 대개의 경우 저온저장하면, *Aspergillus* species의 생육이 억제되어 예방이 가능하다. 수확한 과일은 세척한 후에 benzimidazole 또는 imazalil을 처리한다.

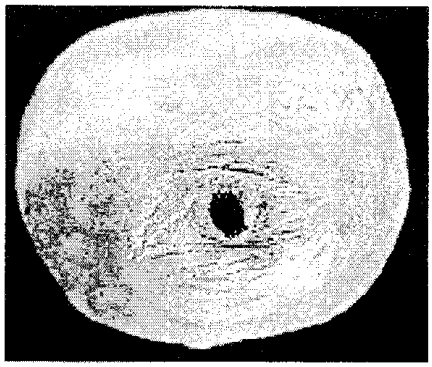


그림 6. Aspergillus 썩음병.

7. 솜털곰팡이 썩음병

1) 원인 및 증상 : 온전한 조직에는 감염되기 어려우며, 껍질의 상처부위나 생과의 배꼽 부분으로부터 감염된다. 감염된 부위는 우선 황갈색으로 변색되면서 껍질이 약간 부드러워진다. 습한 곳에서는 보풀보풀한 흰색의 솜 같은 균사가 과일 표면을 덮으면서 검은색의 sclerotia(자실체를 만드는 단단한 균사 덩어리)가 생긴다(cottony rot).

2) 원인균 : 원인균은 *Sclerotinia sclerotiorum*으로 공기가 차갑고 습기 찬 곳에서는 급속히 번진다. PDA 배지 상에서 흰색 내지 옅은 회색의 균사를 만든다. 분생자(conidia)를 만들지 않더라도, 검은색의 sclerotia가 점점이 많이 생긴다.

3) 방제법 : 청정환경에서 재배하는 이외에 알맞은 예방법이 없다.

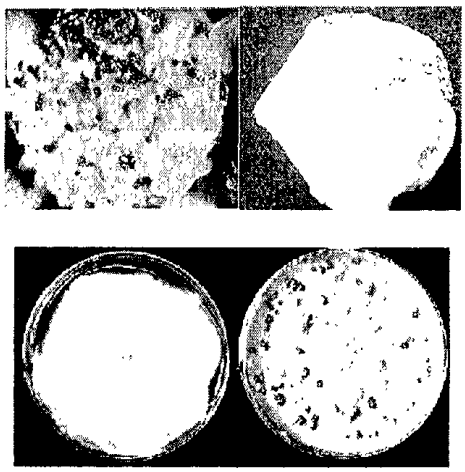


그림 7. 솜털곰팡이 썩음병.
위 : 부패된 감귤, 아래 : PDA 배지

8. *Fusarium* 썩음병

1) 원인 및 증상 : 과일의 배꼽 또는 꼭지에 주로 발병한다. 장기간 저장할 때에 느린 속도로 발생하여, 감염 부위는 가죽같이 단단해지며 살색 내지 갈색을 나타내며, 조직이 함몰되면서 움푹 꺼진다. 습한 조건에서는 과일 표면에 하얀 균사가

자라며, 군락 중심 부위는 균주에 따라 흰색, 살색 또는 핑크색 등으로 나타난다.

2) 원인균 : 원인균은 *Fusarium moniliforme, F. oxysporum* 등 *Fusarium* spp로 배양하면 솜 같은 균사를 만들며, 균주에 따라 노란색, 핑크색 또는 적자색을 나타낸다.

3) 방제법 : 2,4-D 또는 imazalil을 왁스 코팅과 함께 처리하여 예방할 수 있다.

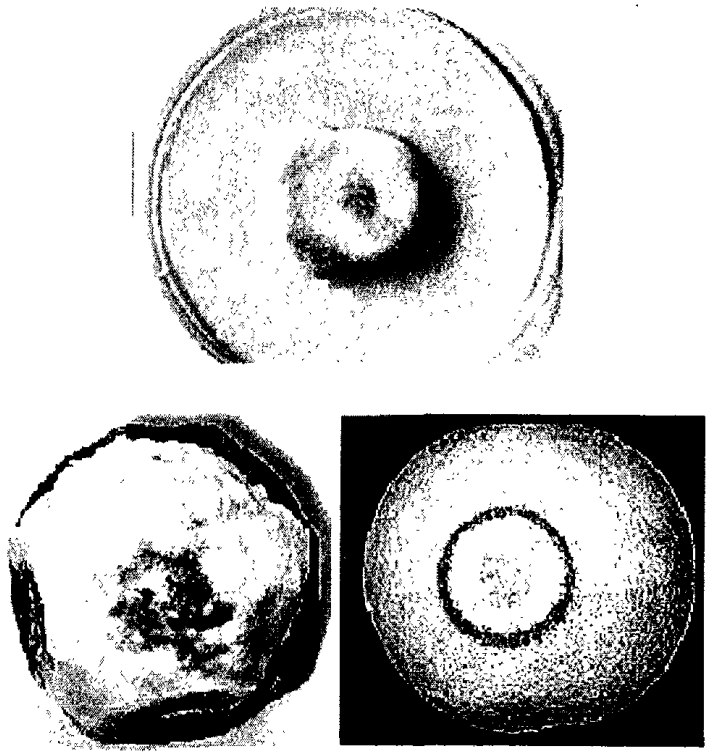


그림 8. Fusarium 썩음병.

위 : PDA 배지, 아래 : 서로 다른 Fusarium 부패 원인균

9. 푸른 곰팡이병

1) 원인 및 증상 : 감염된 조직은 부드러워지고, 물기가 많이 생기며, 쉽게 흐물어 부서진다. 병반 부위는 약간 변색되며, 표면에 흰색의 가루 같은 균사가 먼저 자라고, 이어서 푸른색의 포자들이 형성되고, 감염 부위를 둘러싸고 있는 하얀색의 균사체가 좁은 가장자리를 만든다.

균사체 가장자리와 건전한 과일 조직 사이에는 물에 적신 듯 쭈그러진 형태의 후륜(halo)이 뚜렷하게 나타난다. 푸른색의 포자는 배양기간이 오래되면 갈색 내지 올리브색으로 변하여 푸른곰팡이가 아닌 것처럼 보이는 경우가 생긴다. 포장 상자 안에서 일단 발병하면, 균의 포자가 주변의 과일로 점차 퍼져나가 감염시킨다.

2) 원인균 : *Penicillium italicum*이 원인균이다. 한천고체배지에 배양하면 초기에 청록색이었던 군락이 배양기간이 경과함에 따라 회녹색으로 변한다. *Penicillium digitatum*(초록곰팡이)와 마찬가지로 생육최적온도는 25℃ 내외이지만, 10℃ 이하에서는 *P. digitatum*보다 훨씬 빨리 자란다.

3) 방제법 : 생과의 수확 및 취급시에 상처가 나지 않도록 주의하고, 포자가 작업장이나 저장 창고 안에 쌓이지 않도록 청결을 유지해야 한다. 수확 전 3개월경에 benomyl을 살포하거나, 수확 후에는 prochloraz, imazalil, borax, thiabendazole, carbendazim, thiophanatemethyl, sodium o-phenylphenate 등을 처리한다.

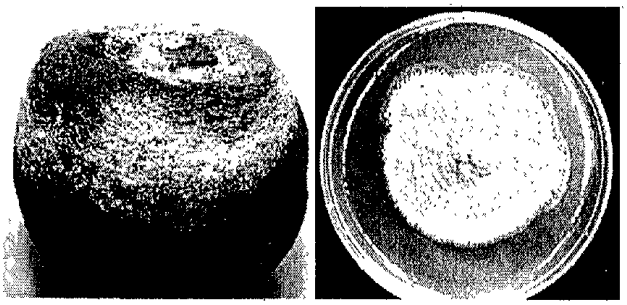


그림 9. 푸른곰팡이병.

왼쪽 : 부패된 감귤, 오른쪽 : PDA 배지

10. 초록곰팡이병

1) 원인 및 증상 : 감염 초기에는 직경 1cm 정도의 조금 변색된 원반형태로 나타났다가, 하루 이상 지나면, 직경이 수 cm에 이르는 군락으로 자란다. 흰 균사체가 껍질 표면에 나타나고, 직경이 2~3cm 이상으로 자라면, 초록색의 포자가 만들어진다. 포자가 자란 주위를 하얀 균사체가 넓게 둘러싸고, 그 주변 바깥쪽을 둘러싸고 있는 과일의 껍질은 곰팡이가 만든 펙틴분해효소의 작용으로 부드러워진다.

생육여건이 알맞으면, 단시간에 과일 전면이 초록색의 포자로 뒤덮인다. 습도가 낮은 조건에서는 전체과일이 쭈글쭈글 찌그러진다. 습도가 높으면, 다른 세균과 사상균이 같이 생육 번식하게 되고, 연부현상이 일어나 과일조직은 물컹하게 변한다.

2) 원인균 : *Penicillium digitatum*이 원인균이다. 주로 껍질에 생긴 상처를 통하여 감염된다. 포장상자 내에서일지라도 병원균 포자가 인접한 생과에 전파되어 감염되는 경우는 별로 없다. 생육적온은 25℃ 내외로, 10℃ 이하에서는 생육이 현저히 떨어진다.

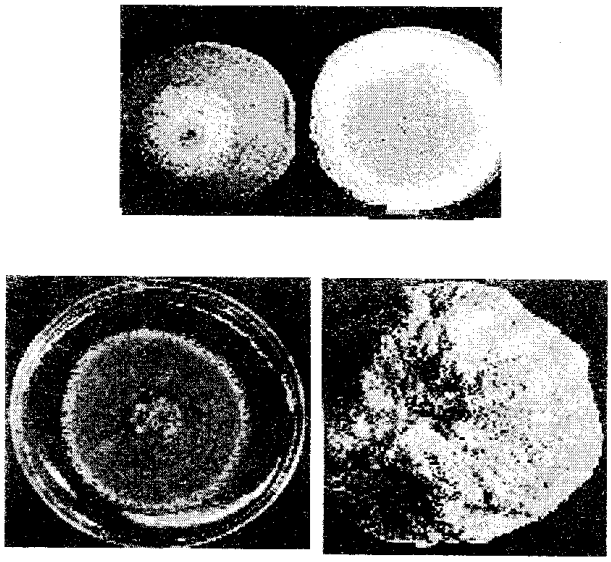


그림 10. 초록곰팡이병.
위 : 왼쪽은 발생초기, 오른쪽은 습한 조건에서의 부패감귤
아래 : 왼쪽 ; PDA 배지, 오른쪽 ; 건조한 조건에서 찌그러진 감귤

11. 수염곰팡이병

1) 원인 및 증상 : 감귤 생과를 장기간 저장했을 때에 볼 수 있으며, 흔히 다른 *Penicillium* species와 뒤섞여 자란다. 청회색 포자를 생성하며 수염(whisker)이 돋은 것처럼 과일표면에 번식한다.

2) 원인균 : *Penicillium ulaiense*가 원인균으로, 생리적 특성은 앞에서 설명한 *P. italicum, P. digitatum*과 비슷하다.

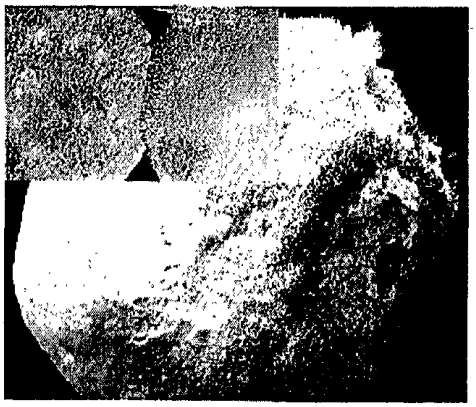


그림 11. 수염곰팡이병.

12. 산패(sour rot)

1) 원인 및 증상 : 과일의 상처난 부위로 감염되며, 과숙한 과일이 비교적 더 쉽게 감염된다. 발병초기에는 감염부위가 물에 젖은 듯, 노란색 계통으로 변하면서 약간 부풀어오른다. 따라서 과일의 표피층이 매우 쉽게 외피로부터 분리되어 떨어질 수 있다. 한편, 과일들이 여러 겹으로 쌓여있는 상태에서 상호간에 물리적인 압박을 받게 되면, 마치 분화구 모양으로 움푹 들어간다.

감염균에 의해서 만들어진 체외 효소들이 껍질과 과일 안에 들어있는 각종 구성성분들을 분해시킨다. 그 결과 과일은 끈적끈적해지며, 물이 줄줄 흐르는 덩어리로 변한다. 이러한 부패 원인균은 옆에 있는 과일로 쉽게 전파되어 포장상자 내의 전체 과일이 통째로 다 썩을 수도 있다. 이는 매우 좋지 않은 부패현상이다.

2) 원인균 : 원인균은 *Galactomyces citri-aurantii(Geotrichum citri-aurantii)*이다. PDA배지에 배양하면 우중충한 회백색의 군락을 형성한다. 과수원 토양뿐만 아니라, 선과장의 과일세척기에 달린 솔(brush)이나 운송 벨트(belt) 등에 묻어있는 썩은 과일 조각 등도 주요 오염원이다.

3) 방제법 : 수확 후에 생과를 세척할 때 sodium o-phenylphenate나 guazatine을 처리한다.

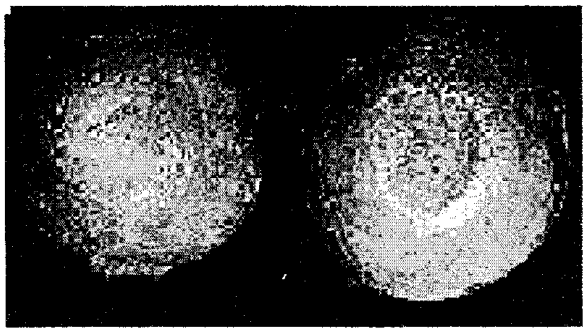


그림 12. 산패의 초기단계.

13. *Diplodia* 꼭지썩음병

1) 원인 및 증상 : 보통 따뜻하고 습기가 많은 곳에서 발생한다. 설익은 열매를 잘 익은 것처럼 에틸렌가스로 노랗게 변색시킨 과일에서 발생하기 쉽다. 온도가 20℃이상일 때는 과일수확 후 2주 이내에 발병한다. 원인균이 꼭지(stem end) 쪽에서 활동하기 시작하여 껍질을 뚫고 과육의 중앙부로 침투해 들어간다. 중앙의 푸석푸석한 중심부를 감염시키면서 빠르게 전진하여 반대편에 있는 배꼽부위에 도달한다. 때로는 이와 반대로 배꼽부위에서부터 발병이 시작될 수도 있다.

대부분의 경우, 부패현상이 과일조직 전체에 퍼지기 전에 배꼽부위와 꼭지부위 양쪽에 먼저 나타난다. 감염된 조직은 초기에는 단단하나 나중에는 축축해지면서 물렁물렁 해진다. 감염된 과일표면에 균사체가 나타나는 일이 별로 없다. 10℃이하의 저온에서는 거의 발생하지 않는다. *Phomopsis*가 유발하는 꼭지썩음병과 혼동하기 쉬우나, 이것과는 달리 감염 부위가 껍질 표면을 따라 들쭉날쭉한 모양을 유지하면서 과일전체 표면으로 확장되어, 갈색으로 변색된 부위가 마치 손바닥 모양을 나타내는 독특한 양상을 보인다.

2) 원인균 : 원인균은 *Lasiodiplodia theobromae* 와 *Botryodiplodia theobromae, B. rhodina* 등이다. *B. rhodina*는 PDA 배지에서 흰색 내지 회색의 기균사를 대량으로 만든다.

3) 방제법 : 수확 전 3주 이내에 benomyl을 처리하거나 또는 수확 후에

benzimidazole을 처리한다.

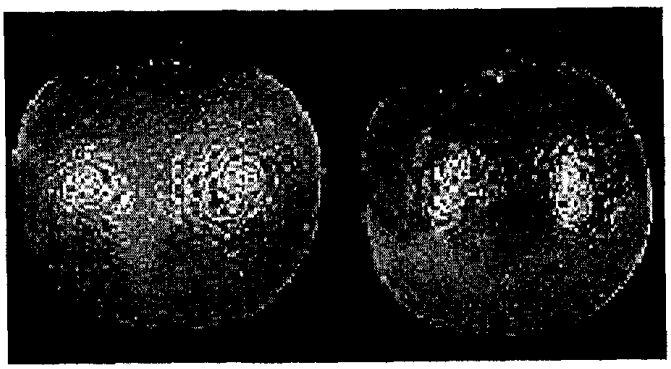


그림 13. Diplodia 꼭지썩음병.

14. *Phomopsis* 꼭지썩음병

1) 원인 및 증상 : *Diplodia*가 유발하는 꼭지썩음병 증상과 비슷하다. 병균이 과일의 꼭지(stem end)에서 시작하여 외피를 경유하여 중심축을 지나 더 안으로 들어가서 주스 알갱이(juice sac)까지 도달한다. 병든 조직은 오그라들면서 갈색으로 변하고, 병든 껍질 표면과 싱싱한 껍질 표면사이에는 뚜렷한 경계선이 형성된다. 습기가 많은 곳에서는 과일 표면에 균사체가 생길 수도 있다.

2) 원인균 : 원인균은 갈색반점병을 유발하는 *Phomopsis citri* (*Diaporthe citri*)와 같은 부류이다. PDA 배지에 잘 자라며, 밀집된 형태의 백색 기균사를 만든다.

3) 방제법 : 방제에는 동을 함유한 살균제가 유효하다.

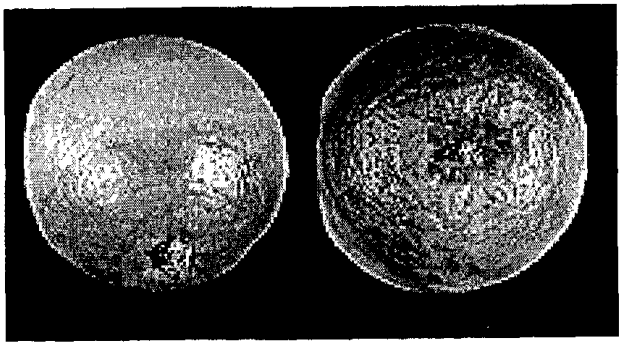


그림 14. Phomopsis 꼭지썩음병.

15. *Trichoderma* 썩음병

1) 원인 및 증상 : 10℃ 내외에서 장기간 저장할 때, 흠이 있는 부위를 통하여 발병한다. 병든 과일은 갈색으로 변하고, 껍질은 단단하나 유연해진다. 썩은 과일은 코코넛 같은 냄새를 풍긴다. 습기가 많은 곳에서는 과일표면에 균사가 자란다. 초기에는 흰색의 균사 덩어리가 나타나지만, 나중에는 거칠거칠한 흰색 균사와 초록색 계통의 포자들로 뒤덮인다. 과일을 모아둔 저장 또는 포장상태에서 기균사가 퍼지면 인접한 과일 표면에 부착할 수는 있지만, 병균이 싱싱한 과일 표면을 직접 뚫고 들어가기는 어렵다.

2) 원인균 : *Trichoderma viride*가 원인균이다. 한천고체배지에 배양하면 빠른 속도로 흰색의 군락을 만든다. 균사체는 흰색이며, 포자는 노란색 내지 초록색이다.

3) 방제법 : thiabendazole 처리가 효과적이다.

그림 15. Trichoderma 썩음병.

16. 기타 부패원인 미생물

앞에서 설명한 미생물 이외에도 *Alternaria alternata, Cladosporum* sp., *Monilia candida, Rhizopus* sp. 등의 사상균이 부패된 생과에서 발견된다. 사상균 이외에 효모와 세균도 2차 부패과정에서 중요한 역할을 수행한다.

17. 감귤의 부패와 관련된 기타 사항

1) 수확전후 감귤이 처한 환경과 부패간에는 직접적인 상관관계가 있다.
2) 과일 조직을 보호하기 위하여, 수확과정이나 수확 후 취급을 최소화해야 한다.
3) 벌레 먹은 것, 나뭇가지에 스친 것 등 외부에 상처가 있는 과일은 부패의 소지가 많다.
4) 포장 또는 저장 단위가 커지면 과일이 받는 물리적 압력이 증가하여 조직의 파괴를 유도하고 이는 부패의 원인이 된다.
5) 선과장의 청결 여부가 과일의 부패, 특히 산패와 직접적인 연관이 있다.
6) 수확시의 날씨를 고려하여 생과를 수확한다.
7) 후숙 과정에서 카바이드를 사용한 인공 탈색은 부패를 촉진한다.
8) 땅위에 떨어진 과일은 병균이 뒤섞인 흙이 묻을 뿐만 아니라, 물리적인 상처도 입는다. 따라서 주워담지 않는다.
9) 과수원의 식재 밀도가 높으면 습도가 높아지고 일조량이 줄어들어 부패병균에 노출되기 쉽다.
10) 개화 후 결실초기의 병해가 과일의 수확 후 부패에 영향을 끼친다.
11) 많은 경우에 부패는 상처나 배꼽, 꼭지로부터 시작된다.
12) 수확 후 저장, 유통기간이 길어지면 조직의 노쇠가 진행되면서 부패는 심해진다.

18. 참고문헌

Timmer L.W., S.M. Garnsey and J.H. Graham ed., Compendium of Citrus Diseases, second edition, The American Phytopathological Society, Minnesota, USA(2000)

제 10 장 감귤저장에 미치는 감귤정유, 키토산, 감귤목초액의 항균성

제 1 절 서 설

감귤 생과의 저장 중 부패를 억제하기 위한 방법이 연구되어왔다. 이 중에 대표적인 방법은 저온저장과 부패미생물의 생육을 억제하는 항균성 화합물의 사용이다. 항균성 화합물로서는 시중에 유통되는 각종 살균성 농약이 있으며, 이외에 생물소재인 키토산, 목초액, 감귤정유 등이 있다.

chitin은 N-acetyl-D-glucosamine이 β-(1→4)결합으로 중합된 분자량 100만 이상의 천연고분자 다당으로 갑각류, 곤충류, 균류 등에 의해서 연간 약 1,000억 톤 이상 생산되는 것으로 추산되고 있는 귀중한 생물자원이다. 자연계에 널리 분포하는 chitin을 고온에서 강알칼리 용액으로 탈아세틸화하면 chitosan을 만들 수 있다. chitosan은 D-glucosamine이 β-(1→4) 결합으로 중합된 사슬형 고분자 다당류이다.

chitin은 물에 녹지 않으나 chitosan은 pH 5.0 정도의 약산성에서 물에 녹기 때문에 의료 및 식품계 등에서 널리 사용된다. 그리고 chitosan이 물에 녹을 경우 $-NH_2$기가 $-NH_3^+$형으로 전환되어 최근 관심이 고조되고 있는 biocation체로서, 치아질환의 예방, 응집제로의 사용, 콜레스테롤 저하작용, 항균활성 등 여러 가지 생리활성을 갖는다.

목초액은 나무로 만든 초(酢, vinegar)란 뜻이다. 목초액은 산성의 액체로 나무를 열분해(pyrolysis)하면 생긴다. 나무로 숯을 만드는 과정에서 나오는 연기를 액화하여 얻을 수 있다. 목초액의 원료가 되는 원목의 주성분은 섬유소와 리그닌으

로, 전체 나무 구성분의 약 95%(건물량 기준)를 차지하고 있다. 숯가마에 목재를 넣고 가마 속의 온도를 상승시키면 200~800℃에서 이들 성분의 열분해가 이루어진다. 목초액은 열분해될 때 생기는 연기를 냉각하여 액상으로 변환시켜 회수할 수 있다. 그러므로 채취할 때의 연기 종류에 따라 그 성분과 성상에 커다란 차이가 있을 수 있다. 목초액에는 일반적으로 타르, 메탄올, 페놀화합물, 초산, 크레졸, 벤졸피렌 등의 살균성 화합물들이 함유되어있다.

감귤껍질 속에는 pectin, hesperidin, naringin, 색소, 정유(essential oils) 등 각종 유효성분이 함유되어있다. 감귤정유는 감귤껍질 flavedo층의 유선(oil glands) 중에 함유되어있는 방향성분으로, 살균, 살충 효과 같은 다양한 생물활성을 가지고 있는 것으로 보고되어있다.

제 2 절 재료 및 방법

제 1 항 재 료

온주밀감(*Citrus unshiu* Marc. var. *okitsu*)을 저장 및 정유 분리용 시료로 사용하였다. 키토산은 (주)건풍바이오(제주도 금릉농공단지)에서, 그리고 감귤목초액은 (주)대승(제주도 조천읍)에서 구입하여 사용하였다.

제 2 항 정유의 추출 및 분석

생과 껍질을 재료로 사용하여 연속증류추출법(Fig. 1), 용매추출법 그리고 저온압착법으로 정유를 추출하였다. 정유의 수율은 중량기준으로 계산하였고, -20℃의 냉동고에 보존하면서 사용하였다. 정유의 주요 구성분은 Hewlett Packard(HP) 5890 GC/MS(USA)로 분석하였다.

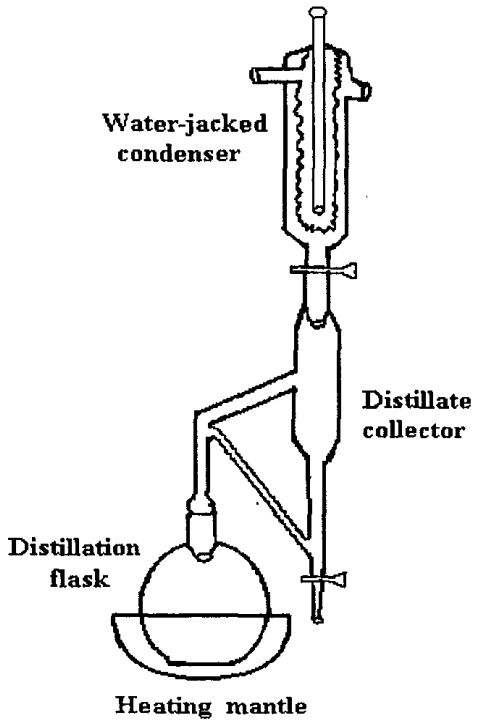


Fig. 1. Simultaneous distillation and extraction apparatus.

제 3 항 사용균주

부패감귤로부터 분리된 11종의 사상균 *Alternaria alternata*, *Alternaria citri*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporum* sp., *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium* sp., *Monilia candida*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Phomopsis citri*, *Rhizopus* sp.와 세균 *Escherrichia coli* 8749, *Staphylococcus aureus* 6538를 대상으로 감귤정유의 항균성을 조사하였다.

제 4 항 항균성 시험

spreading plate method와 paper disc method를 사용하였다. 사상균용 배지로는 PDA, SDA 그리고 YMA(Difco, USA)를 사용하였다. 세균에 대한 항균성은 paper disc method와 시험관 희석법으로 조사하였다. 사상균에 대한 항균성은 paper disc method와 고체배지 배양법으로 조사하였다.

제 5 항 부패미생물의 조사

감귤저장 중 부패 미생물은 필요에 따라 순수분리하였다. 과일의 병반 부위를 멸균된 핀셋으로 도려내어, 한천고체배지 위에 올려놓고 실온에서 2~3일간 배양하였다. 순수분리하기 위하여 위와 같이 배양된 균체를 tween 20을 0.02% 함유한 구연산 완충액(0.05M, pH 4.8)에 현탁시키고, 평판도말배양하여, 독립군락을 취하였다. 순수분리 여부를 계대배양으로 확인하였다.

균주의 분류 및 동정은 기본적으로 Ainsworth 등, Carlile 등 그리고 Laskin 등의 방법과 분류표에 준해서 이루어졌다. 순수분리된 균주의 생육특성을 조사하기 위하여, PDA, SDA(Difco, USA)배지 이외에 ME 한천배지를 사면배양용 배지로 사용하였다.

사면배양에서 균총의 색, 기균사의 발달 유무, 색소의 생산 유무, 생육속도, 군락의 밑면, 표면구조 등을 조사하였다. 균체의 미세구조는 현미경으로 관찰하였다. 사면배양한 균체의 구조를 가능한 한 온전하게 유지하면서 lactophenol(lactic acid 100 ml, phenol 100 g, glycerol 200 ml, water 100 ml)을 사용하여 광학현미경(Olympus CK2, Japan)으로 검경하였으며 유성, 무성 번식기관의 형태, 규격, 격벽 등 형태학적 특성을 분류 동정에 적용하였다.

제 6 항 감귤저장시험

키토산 코팅이 온주밀감 저장에 미치는 효과를 조사하고자 소규모 예비실험을 실시하였다. L-lactic acid(1.0%)와 tween 80(0.5%)을 함유한 1.5% 키토산 수용액을 코팅용으로 사용하였다. 키토산 희석액에 1분간 침지 처리한 온주밀감을 실온에서 하룻밤 자연건조 후, 폴리에틸렌(PE) 봉지에 포장하여 겨울철 제주도의 상온에 해당하는 10℃의 암소에 저장하였다. 또한, 두께 30~50 ㎛의 low density polyethylene(LDPE) 봉지를 사용하여, 각 처리구당 약 416개의 감귤(36 kg씩, 감귤 1개의 평균무게 약 86.5 g)을 3개월간 저온저장 후 부패미생물의 종류 및 부패율을 조사하였다

Table 1. Pretreatments of fresh citrus fruits for storage

Number	Pretreatments	
	Packaging material	Fungicide
1	Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17 mm	No treatment
2	Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17 mm	Citrus oils 0.5 ml
3	Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17 mm	Citrus oils 1 ml
4	Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter	Wood vinegar 0.5 ml
5	Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17 mm	Wood vinegar 1 ml
6	Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6 mm	No treatment
7	Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6 mm	Citrus oils 0.5 ml
8	Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6 mm	Citrus oils 1 ml
9	Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6 mm	Wood vinegar 0.5 ml
10	Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6 mm	Wood vinegar 1 ml

조생온주를 감귤정유(citrus oils) 또는 감귤목초액으로 각각 처리하여 저장 중의 중량변화와 부패율을 조사하였다. 생과를 가로 60 ㎝×세로 15 ㎝의 비닐봉지 당 15개씩 담고 감귤정유 또는 감귤목초액을 0.5~1 ㎖씩 흡착시킨 직경 11㎝의 여과지(Advan. No. 6)를 집어넣었다. 처리구 수는 10개였고(Table 1), 각 처리당 5반복하였으며, 제주도 애월읍 상귀리 소재 제주도농업기술원 저온저장고에 저장하였다.

한편, 온주밀감을 만코지(mancozeb)나 키토산으로 처리하여 제주도 내의 남원읍

대성동, 한남리, 원남농산, 제주도농업기술원 등의 저온 또는 상온 저장창고에 보관하였을 때, 발생하는 미생물상을 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

제 1 항 감귤정유의 분리

제주산 온주밀감(*Citrus unshiu* Marc. var. *okitsu*)의 껍질로부터 정유성분을 분리하였다. Table 2에 추출방법에 따른 수율을 나타내었다. 연속증류추출법이 1.14%(w/w)로 용매추출법 그리고 저온압착법(0.21%, w/w)보다 높은 수율을 나타내었다.

용매추출법에 있어서는 사용한 용매의 종류에 따라 수율이 다르게 나타났다. hexane 1.02%(w/w), methylene chloride 0.90%(w/w) 그리고 ethyl ether 0.53%(w/w) 순서이었다. 그리고 분리방법에 따라서 획득된 정유의 구성성분, d-limonene 함량, 정유의 밀도에 다소 차이가 있었다(Table 3).

Table 2. Yield of essential oils from citrus peel by several isolation methods

Isolation method	Yield(w/w%)
Simultaneous distillation and extraction	1.14
Cold expression	0.21
Solvent extraction	
Hexane	1.02
Methylene chloride	0.90
Ethyl ether	0.53

Table 3. Density, constituent and limonene content of essential oils from citrus peel by isolation method

Isolation method	Number of constituent	d-Limonene content(area%)[1)]	Density
Distillation	51	68.6	0.8409
Cold pressing	55	53.7	0.8472
Extraction by hexane	107	47.6	0.8530

1) Area% was obtained from GC/MS.

잘 익은 생과 껍질로부터 분리된 정유에는 최소한 32 종의 화합물이 들어있었다 (Table 4). d-limonene이 차지하는 함량은 68.69%이었고 이외에도 γ-terpinene, β-elemene, farnesene, hexadecanoic acid, α-pinene, β-myrcene, linalool, β-pinene 그리고 α-terpinolene이 각각 7.75, 2.96, 2.29, 1.76, 1.63, 1.56, 1.46 0.87 그리고 0.83% 씩 함유 되어있었다.

제 2 항 감귤정유의 항균활성

감귤부패 원인 미생물 중 하나인 *Penicillium italicum*을 선택해서 포자를 정유에 일정시간 동안 현탁시켰다가, 현탁액을 한천고체 배지에 spreading하여 생존 포자를 검수하였다. 접촉 20분 이내에 1×10^8개에 상당하는 모든 포자가 죽었다 (Table 5).

Table 4. Analysis of essential oil constituents from citrus peel by GC/MS

Constituent	Retention time (min)	Peak area(%)
α-Thujene	7.61	0.21
α-Pinene	7.86	1.63
β-Pinene	9.49	0.87
β-Myrcene	10.19	1.56
d-Limonene	13.27	68.69
trans-Ocimene	13.40	0.73
γ-Terpinene	13.87	7.75
α-Terpinolene	14.66	0.83
Linalool	15.14	1.46
p-Mentha-dien-ol	16.21	0.11
3-Cyclohexen-1-ol	17.32	0.19
α-Terpineol	17.70	0.41
Decanal	18.07	0.35
Cyclohexene-carboxaldehyde	19.64	0.13
δ-Elemene	20.94	0.91
α-Copaene	21.67	0.34
Geranylacetate	21.77	0.29
β-Elemene	22.03	2.96
trans-Caryophyllene	22.49	0.60
γ-Elemene	22.68	0.35
α-Humulene	23.07	0.64
1-*epi*-Bicyclosesquiphellandrene	23.54	1.01
α-Selinene	23.77	0.36
Farnesene	23.92	2.29
δ-Cadinene	24.19	0.65
Elemol	24.58	0.22
Germacrere B	24.75	0.12
γ-Cadinene	25.98	0.09
δ-Guaiene	26.19	0.24
Hexadecanoic acid	30.21	1.76
Octadecadienoic acid	32.12	0.20
Octadecadienal	32.18	0.48

Table 5. Time-dependent fungicidal effect of citrus oils on spores of *Penicillium italicum*[1]

Solvent for suspension	Treatment time(min)[2]						
	0	5	10	20	30	40	60
Distilled water	1×10^8	1×10^8	1×10^8	1×10^8	1×10^8	1×10^8	1×10^8
Citrus oils	1×10^8	3×10^2	230	0	0	0	0

1) The numbers indicate the number of spores/㎖ survived.
2) Spores were suspended in distilled water or citrus oils for specific times indicated, and then their suspensions were spreaded on agar plates.

Table 6. Inhibition of fungal growth by citrus essential oils

Test microorganism	Diameter (mm) of growth inhibition zone[1]
Alternaria citri	20.1
Botrytis cinerea	16.0
Cladosporum sp.	21.3
Colletotrichum sp.	25.2
Fusarium sp.	24.4
Penicillium italicum	17.9
Phomopsis citri	18.1
Rhizopus sp.	11.0

1) Diameter of zones showing no growth surrounding 5 mm discs saturated with citrus essential oils.

*Penicillium italicum*을 포함하여 8종의 사상균을 대상으로 실시한 또 다른 실험에서도 모든 경우에 정유의 항균력이 검증되었다(Table 6, Table 7, Fig. 2). 뿐만 아니라, 세균인 *Escherichia coli* 와 *Staphylococcus aureus*도 감귤정유에 의해서 생육저해를 받았다(Fig. 3과 Fig. 4). 따라서 모든 공시된 균주, 11종의 사상균과 2종의 세균에 대해서, 감귤정유는 농도의존성 항균효과를 나타내었다.

Table 7. Effects of various concentrations of citrus essential oils on growth of fungi in liquid culture

Test microorganism	Concentration of essential oil(v/v%)				
	0	1.0	2.0	4.0	6.0
Alternaria citri	+++	-	-	-	-
Botrytis cinerea	+++	+	-	-	-
Cladosporum sp.	+++	+	-	-	-
Colletotrichum sp.	+++	-	-	-	-
Fusarium sp.	+++	-	-	-	-
Penicillium italicum	+++	++	+	-	-
Phomopsis citri	+++	-	-	-	-
Rhizopus sp.	+++	+	-	-	-

* +++ : good growth, ++ : moderate growth, + : weak growth, - : no growth.

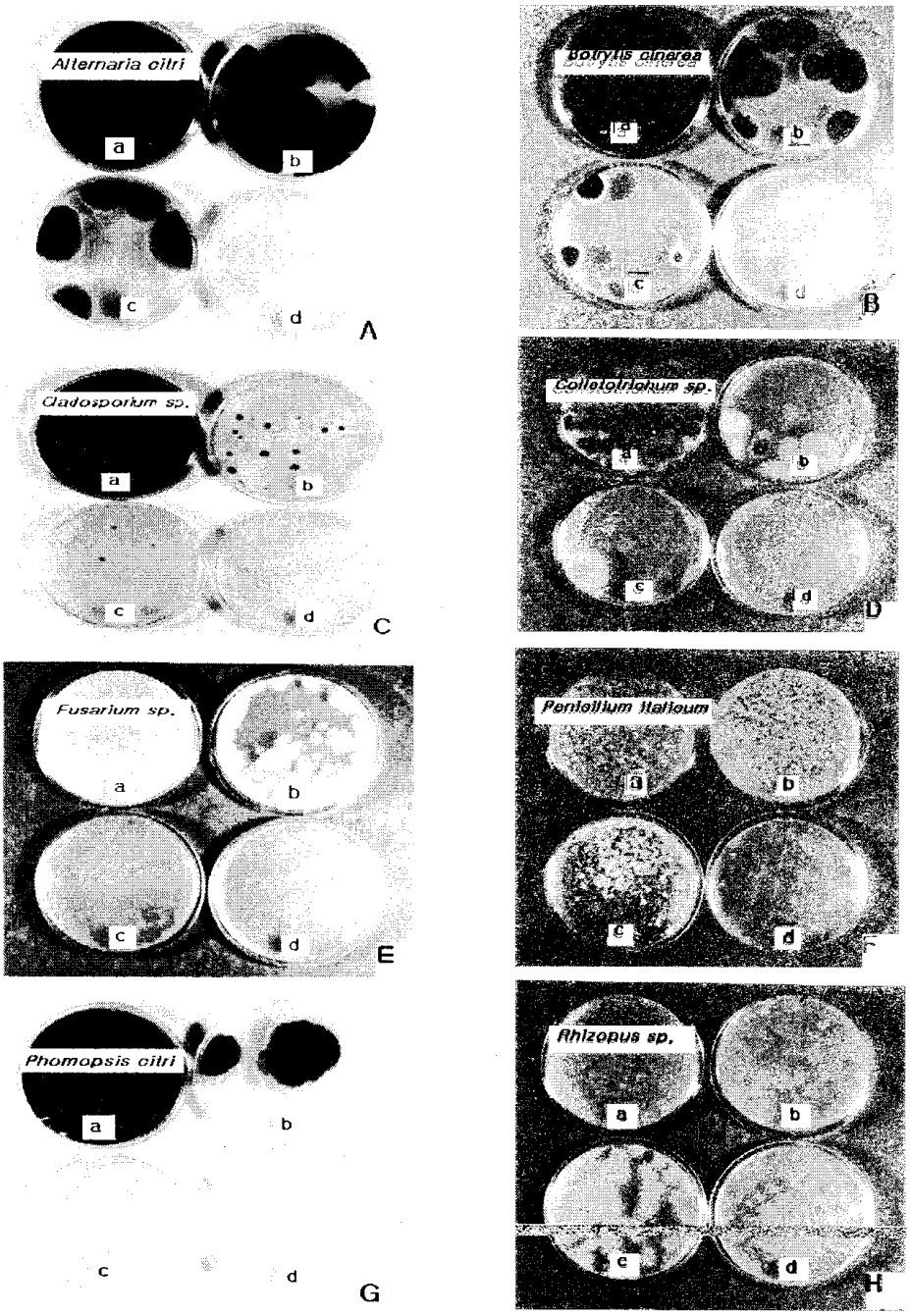


Fig. 2. Concentration-dependent antimicrobial activity of citrus oils against fungi.

a : control, b : 25 ㎕, c : 50 ㎕, d : 100 ㎕/5㎖ medium, A : *Alternaria citri*, B : *Botrytis cinerea*, C : *Cladosporum* sp., D : *Colletotrichum* sp., E : *Fusarium* sp., F : *Penicillium italicum*, G : *Phomopsis citri*, H : *Rhizopus* sp.

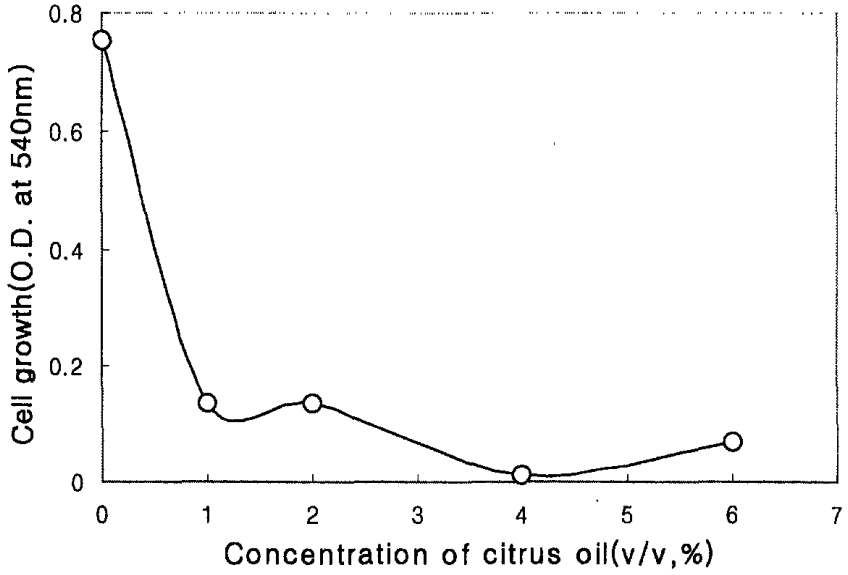


Fig. 3. Antibacterial activity of citrus peel oils against *Escherichia coli* 8749.

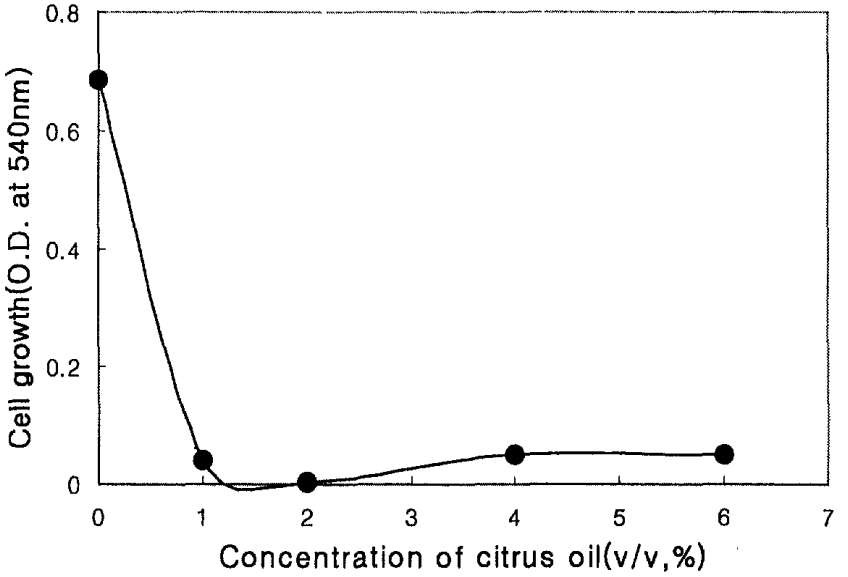


Fig. 4. Antibacterial activity of citrus peel oils against *Staphylococcus aureus* 6538.

제 3 항 감귤의 저장과 부패미생물

키토산 코팅이 온주 밀감 저장에 미치는 효과를 조사하고자, 폴리에틸렌(PE) 봉지에 포장하여 상온저장(10℃의 암소)하였다. 저장 55일만에, 키토산으로 코팅하지 않은 대조구의 경우 63.8%의 부패율을 나타내었으나, 코팅한 경우에는 40.0%의 부패율을 나타내었다. 한편, 두께 30-50 ㎛의 low density polyethylene (LDPE) 봉지에 포장하여 저온저장하였을 때의 부패율은 8.2% (키토산 처리구)와 10.1% (무처리 대조구)로 상온저장하였을 때보다 낮았다(Table 8).

Table 8. Some fungi observed during cold storage of citrus fruits

Fungi	*Penicillium italicum*	*Penicillium digitatum*	*Botrytis*	*Alternaria*	*Sclerotinia*	Total (Decay %)
pretreated with chitosan	27	3	1	2	1	34 (8.2%)
not treated with chitosan	24	12	2	3	1	42 (10.1%)

감귤목초액과 감귤정유를 처리하여 저온저장했을 때의 감귤부패에 미치는 영향을 조사하였다(Table 9). 사용한 포장 용기의 종류에 따라 다소 다른 결과를 나타내었으나, 감귤목초액이 부패억제에 어느 정도 유효한 것으로 보였다. 반면에 감귤정유 처리구는 실험실에서 증명된 살균효과로부터 벗어난 결과를 나타냈다. 현재까지의 실용화 실험결과로서는 부패억제에 무효한 것으로 나타났으나, 이는 실험의 전반적인 과정 즉, 정유처리방법, 저장고의 상태, 포장용기의 선택 등에 걸쳐서 재검토를 요구하는 사항이다.

Table 10은 MA 저장에 있어서 처리구별 중량감소를 나타내었다. 기타 감귤의 저장 중에 나타나는 각종 미생물의 발생현황을 감귤의 저장창고 및 처리구별로 조사하여 정리하였다(Table 11, 12, 13). 감귤의 저장기간, 저장창고, 저장온도 등에 따라서 다소 다른 결과가 나타났으나, *Penicillium italicum*, *P. digitatum*,

Alternaria citri, *Fusarium* sp., *Sclerotinia* species, *Phytophthora* sp,, *Galactomyces citri*, stem-end rot 등이 주로 발견되었다.

Table 9. Rot ratio of citrus fruits after cold storage for 66 days

Pretreatment		Decay(%)
Packaging material	Fungicide	
Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17mm	Wood vinegar 0.5 ml	2.0
	Wood vinegar 1.0 ml	2.8
	No treatment	4.2
	Citrus oils 1.0 ml	3.6
	Citrus oils 0.5 ml	5.2
Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17mm		3.56
Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6mm	Wood vinegar 0.5 ml	7.0
	Wood vinegar 1.0 ml	7.0
	No treatment	6.8
	Citrus oils 1.0 ml	8.2
	Citrus oils 0.5 ml	8.4
Average of Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6mm		7.48
Total average		5.52

Table 10. Changes in weight of citrus fruits during cold storage

Pretreatment		Weight loss during storage(%)					
	Storage day	0 day	15 days	30 days	45 days	60 days	66 days
Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17mm	Wood vinegar 0.5 ml	100.00	99.39	98.97	98.52	98.33	98.04
	Wood vinegar 1.0 ml	100.00	99.41	98.93	98.49	98.17	97.88
	No treatment	100.00	99.41	98.83	98.39	98.16	97.87
	Citrus oils 1.0 ml	100.00	99.18	98.72	98.30	97.78	97.23
	Citrus oils 0.5 ml	100.00	99.37	98.90	98.48	98.31	97.90
Polyethylene bag with numerous pin holes of diameter 0.17mm		100.00	99.35	98.87	98.43	98.15	97.78
Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6mm	Wood vinegar 0.5 ml	100.00	99.44	98.92	98.42	98.14	97.42
	Wood vinegar 1.0 ml	100.00	99.33	98.70	98.09	97.86	97.35
	No treatment	100.00	99.67	99.19	98.72	97.93	95.93
	Citrus oils 1.0 ml	100.00	99.33	98.69	98.06	96.96	95.42
	Citrus oils 0.5 ml	100.00	99.56	99.01	98.60	97.34	95.57
Average of Polyethylene bag with 36 holes of diameter 6mm		100.00	99.47	98.90	98.38	97.64	96.34
Total average		100.00	99.41	98.89	98.41	97.90	97.06

Table 11. Investigation of fungi observed during storage of *Citrus unshiu* fruits[1)](continued)

Storage Conditions \ Fungi	PI	PD	AC	F	S	P	GC	B	SR	T	U
Cold storage at JAES/ no pretreatment	5	7	1	0	3	4	0	0	0	0	7
Cold storage at JAES/ pretreated with mancozeb	27	18	4	2	9	7	0	0	0	0	0
Cold storage at JAES/ pretreated with chitosan	5	1	1	1	5	1	0	0	0	0	0
Cold storage at DSD/ no pretreatment	9	7	6	1	1	1	0	0	0	0	0
Cold storage at WNNS/ no pretreatment A	15	47	26	0	44	8	0	2	0	0	9
Cold storage at WNNS/ no pretreatment B	16	23	10	0	19	13	0	5	0	0	23
Cold storage at WNNS/ pretreated with mancozeb	18	21	4	1	10	6	0	0	0	0	4
Total(Relative %)	95 (21)	124 (27)	52 (11)	5 (1)	91 (20)	40 (9)	0 (0)	7 (2)	0 (0)	0 (0)	43 (9)
Room temperature storage at HNR/ pretreated with mancozeb	3	4	1	0	3	0	0	0	0	0	2
Room temperature storage at HNR/ no pretreatment	2	3	2	0	1	0	0	1	0	0	3
Room temperature storage at HNR/ pretreated with chitosan	4	3	3	0	3	0	0	3	0	0	0
Total(Relative %)	9 (22)	10 (24)	6 (15)	0 (0)	7 (17)	0 (0)	0 (0)	4 (10)	0 (0)	0 (0)	5 (12)

1) Investigated on March 15, 2000.

Abbreviations ; PI : *Penicillium italicum,* PD : *Penicillium digitatum,* AC : *Alternaria citri,* F : *Fusarium,* S : *Sclerotinia,* P : *Phytophthora,* GC : *Galactomyces citri,* B : *Botrytis,* SR : Stem-end rot, T : *Trichoderma,* U : Unknown, JAES : Jeju Agricultural Experiment Station, DSD : Daesung-dong, WNNS : Wonnamnongsan, HNR : Hannam-ri.

Table 12. Investigation of fungi observed during storage of *Citrus unshiu* fruits[1)](continued)

Storage conditions \ Fungi	PI	PD	AC	F	S	P	GC	B	SR	T	U
Cold storage at JAES/ no pretreatment	9	0	16	3	8	16	29	0	0	0	0
Cold storage at JAES/ pretreated with mancozeb	3	0	9	0	7	5	11	0	3	0	0
Cold storage at JAES/ pretreated with chitosan	2	0	4	0	0	8	9	0	0	0	0
Cold storage at DSD/ no pretreatment	1	1	1	0	4	11	17	0	0	0	0
Cold storage at WNNS/ no pretreatment A	1	0	3	0	10	0	41	0	13	0	0
Cold storage at WNNS/ no pretreatment B	4	1	2	0	3	28	0	0	0	0	0
Cold storage at WNNS/ pretreated with mancozeb	1	0	3	0	2	7	10	0	9	0	0
Total(Relative %)	21 (7)	2 (1)	38 (12)	3 (1)	34 (11)	75 (23)	117 (37)	0 (0)	25 (8)	0 (0)	0 (0)
Room temperature storage at HNR/ pretreated with mancozeb	1	3	2	0	0	4	0	0	0	0	0
Room temperature storage at HNR/ no pretreatment	2	0	5	0	0	5	0	1	0	0	0
Room temperature storage at HNR/ pretreated with chitosan	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total(Relative %)	4 (17)	3 (12)	7 (29)	0 (0)	0 (0)	9 (38)	0 (0)	1 (4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

1) Investigated on March 27, 2000.

Abbreviations ; PI : *Penicillium italicum,* PD : *Penicillium digitatum,* AC : *Alternaria citri,* F : *Fusarium,* S : *Sclerotinia,* P : *Phytophthora,* GC : *Galactomyces citri,* B : *Botrytis,* SR : Stem-end rot, T : *Trichoderma,* U : Unknown, JAES : Jeju Agricultural Experiment Station, DSD : Daesung-dong, WNNS : Wonnamnongsan, HNR : Hannam-ri.

Table 13. Investigation of fungi observed during storage of *Citrus unshiu* fruits[1)](continued)

Storage Conditions \ Fungi	PI	PD	AC	F	S	P	GC	B	SR	T	U
Cold storage at JAES/ no pretreatment	0	4	3	0	0	0	4	1	4	3	1
Cold storage at JAES/ pretreated with mancozeb	0	0	3	3	3	0	4	0	5	10	1
Cold storage at JAES/ pretreated with chitosan	3	2	1	2	3	0	8	4	9	0	4
Cold storage at DSD/ no pretreatment	0	4	5	2	0	0	0	0	0	4	1
Cold storage at WNNS/ no pretreatment A	10	0	4	3	6	2	3	4	3	0	1
Cold storage at WNNS/ no pretreatment B	3	1	3	1	5	0	1	9	4	0	3
Cold storage at WNNS/ pretreated with mancozeb	3	0	2	4	6	3	0	0	1	12	5
Total(Relative %)	19 (9)	11 (5)	21 (10)	15 (7)	23 (11)	5 (2)	20 (10)	18 (9)	26 (13)	29 (14)	16 (8)
Room temperature storage at HNR/pretreated with mancozeb	0	4	2	1	0	0	3	0	3	3	1
Room temperature storage at HNR/no pretreatment	2	2	0	0	0	3	3	0	2	0	1
Room temperature storage at HNR/pretreated with chitosan	4	9	0	1	0	3	0	0	0	0	5
Total(Relative %)	6 (12)	15 (29)	2 (4)	2 (4)	0 (0)	6 (12)	6 (12)	0 (0)	5 (9)	3 (5)	7 (13)

1) Investigated on April 4, 2000.

Abbreviations ; PI : *Penicillium italicum,* PD : *Penicillium digitatum,* AC : *Alternaria citri,* F : *Fusarium,* S : *Sclerotinia,* P : *Phytophthora,* GC : *Galactomyces citri,* B : *Botrytis,* SR : Stem-end rot, T : *Trichoderma,* U : Unknown, JAES : Jeju Agricultural Experiment Station, DSD : Daesung-dong, WNNS : Wonnamnongsan, HNR : Hannam-ri.

제 4 절 참고문헌

1. 박노풍, 최언호, 변광의, 백자훈, 감귤류의 저장에 관한 연구, 1. 온주밀감의 주요 생산지별 저장성과 품질의 비교, 한국식품과학회지, 4(4), 285 (1972)
2. 윤창훈, 제주산 온주밀감의 CA 저장에 관한 연구, 한국농화학회지, 34(1), 14(1991)
3. 조성환, 이현철, 서일원, 김재욱, 장영상, 신재익, Grapefruit 종자추출물을 이용한 밀감의 저장, 한국식품과학회지, 23(5), 614 (1991)
4. Ainsworth, G.C., Sparrow, F.K. and Sussman, A.S., A taxonomic review with keys, Ascomycetes and fungi imperfecti, In The Fungi, an advanced treatise, Academic Press Inc., New York, USA, Vol. IVA(1973)
5. Ainsworth, G.C., Sparrow, F.K. and Sussman, A.S., A taxonomic review with keys, Basidiomycetes and lower fungi In The Fungi, an advanced treatise, Academic Press Inc., New York, USA, Vol. IVB(1973)
6. Ainsworth, G.C. and Sussman, A.S., The fungal population, In The Fungi, an advanced treatise, Academic Press Inc., New York, USA, Vol. III(1968)
7. Alderman, G.G. and Marth, E.H., Inhibition of growth and aflatoxin production of Aspergillus parasiticus by citrus oils, *Z. Lebensm-Unters-Forsch*, 160, 353-358(1976)
8. Carlile, M.J. and Watkinson, S.C., The Fungi, Academic Press Inc., San Diego, USA(1994)
9. Cho, S.H., Seo, I.W. and Lee, K.H., Prevention from microbial post-harvest injury of fruits and vegetables by using grapefruit seed extract, a natural antimicrobial agent, *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 36(4), 265-270 (1993)
10. Compendium of citrus diseases, second edition, edited by L.W. Timmer S.M. Garnsey and J.H. Graham, The American Phytopathological Society Minnesota, USA

11. Harrigan, W.F. and McCance, M.E., Laboratory methods in food and dairy microbiology, Academic Press (1976)

12. Iba, Y., Yamada, Y. and Nishiura, M., Studies on the cold storage of Satsuma mandarin, I. Effect of storage temperature and humidity on the decay of fruits in cold storage, The Bulletin of the Fruit Tree Research Station, series B, No.1, 59(1974)

13. Jacques, F. and Acar, M.D., The disk susceptibility test In Antibiotics in Laboratory Medicine, pp. 24-54, Williams and Wilkins, Baltimore/London. (1980)

14. Kawakami, M., Volatile constituents of essential oils obtained from newly developed tea tree (Melaleuca alternifolia) clones, *J. Agric. Food Chem.*, 38, 1657-1661(1990)

15. Kim, J.M., Marshall, M.R. and Wei, Cheng I., Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens, *J. Agric. and Food Chem.*, 43(11), 2839-2845(1995)

16. Ko, Y.H. and Kim, S.J., Collection and identification of molds from citrus oranges during post-harvest storage, *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 28(6), 1142-1145(1996)

17. Laskin, A.I. and Lechevalier, H.A., Fungi, Algae, Protozoa, and Viruses. In Handbook of microbiology, CRC Press Inc., West Palm Beach, USA, Vol. II(1978)

18. Singh, G., Chemical and fungitoxic investigation on the essential oil of Citrus sinensis. *Z. Pfanzenkr Pflanzenschutz*, 100, 69-74(1993)

19. Staroscik, J.A. and Wilson, A.A., Seasonal and regional variation in the quantitative composition of cold-pressed lemon oil from California and Arizona, *J. Agric. Food Chem.*, 30, 835-837(1982)

제 11 장 감귤저장의 경제성 분석

제 1 절 서 설

최근 수입과일을 포함한 대체과일의 생산량 증가와 더불어 경기침체로 감귤소비가 감소하여 가격안정에 걸림돌이 되고 있다. 특히 신선도와 품질을 중시하는 소비자의 구매욕구를 충족시키기 위해서는 온주밀감의 경우에도 저온저장이 이루어져야 하지만, 현재 감귤의 저온저장에 대한 경제성 확보에 대한 우려로 상온저장에 의존하고 있다.

본 연구에서는 품질유지를 위한 상온저장의 한계를 극복하기 위하여 저온저장기술을 확보하여, 이를 단계적으로 실용화하기 위한 연구를 수행하였다. 이의 결과를 토대로 농가수준에서의 저온저장기술 도입에 따른 경제성을 분석하였다. 그러나 지금까지 실제 저온저장에 의한 감귤유통이 이루어지지 않아, 이에 따른 실제적인 자료가 없어 명확한 경제성 분석을 하는데는 한계가 있을 것으로 보인다.

감귤의 저온저장은 기존 저온저장시설을 이용하는 경우와 대부분의 농가가 보유하고 있는 상온저장고를 저온저장고로 개조하는 경우를 상정할 수 있다. 본 연구에서는 상온저장고를 저온저장고로 개조하는 경우를 기준으로 하였으며, 가능한 범위에서 얻을 수 있는 자료를 토대로 감귤의 저온저장에 대한 경제성 분석을 수행하였다.

제 2 절 경제성 분석의 대상기술과 분석방법

제 1 항 분석대상 기술

현재 감귤생산농가가 일반적으로 시설하여 이용하고 있는 기존의 상온저장고를 저온저장고로 개조하여 노지 온주밀감을 저장한 후 판매하는 새로운 형태의 농가단위 저장기술을 채택함에 따른 경제성을 분석하였다.

○ 수확물의 저장기간

11월 하순부터 상온저장의 경우는 1월~2월에 저온저장의 경우는 2~3월에 출하되는 것이 권장되고 있다. 그러나 상온저장의 경우 현실적으로 3월까지도 상당량을 저장한 후 출하하고 있다. 저온저장의 경제성분석의 단순화를 위하여 두 기술 모두 저장 및 출하시기를 3월 중순으로 전제로 하여 저장기간을 4개월인 것으로 하였다.

○ 상온저장고 구조

벽돌조 20평형(신축비용 ; 100만원/평, 내구연수 ; 20년)

제 2 항 분석방법

○ 기본적으로는 사업기간동안에 발생한 저온저장의 추가적인 비용 흐름의 현재가치와 추가적인 이득(편익) 흐름의 현재가치를 비교함으로써, 새로운 기술채택의 경제적 타당성 여부를 판단하였다.

○ 예를 들어 i년차의 추가적 비용흐름을 c_i, 할인율을 r이라 하면, 추가적 비용흐름의 현재가치 PVc는 다음과 같이 산출되었다.

$$PVc = c_1 + \frac{c_2}{(1+r)} + \frac{c_3}{(1+r)^2} + \cdots\cdots + \frac{c_n}{(1+r)^{n-1}}$$

○ 현실적으로는 분석대상 출하기인 3월에 있어 상온저장을 한 생산물의 경우는 실제로 농가에 의하여 출하되어 시장가격이 형성되어 왔고, 이에 대한 가격자료의 파악이 가능하다. 그러나 저온저장의 경우는 새롭게 시도되는 저장기술로서 아직 시장가격이 형성되지 못하고 있어, 저온저장에 의한 적절한 추가적인 이득을 파악

하기 어려운 상태이다.

○ 따라서 여기에서의 분석은, 우선 기술적으로 파악된 추가적인 비용 흐름의 출하단위 물량당 현재가치를 계산한 후, 저장실험 등을 통하여 파악된 기술적인 이득(예 : 감모율의 감소 등)을 감안하여 역으로 저온저장의 추가적 비용을 보상받을 수 있는 최소한의 출하 단위물량 당 농가수취가격을 산출한 후, 이의 실현 가능성 여부를 토의하게 될 것이다.

제 3 절 저온저장기술 채택에 따른 추가적인 비용과 수익[1)]

제 1 항 추가적인 비용흐름

1. 저온저장고 설치 및 관리비용

① 상온저장고를 저온저장고로 개축하는 데 소요되는 투자비용(표 1).

<표 1> 저온저장고 시설을 위한 추가투자 비용(벽돌조 20평형 창고 기준)

구 분	창고평당비용 (만원/평)	창고1동(20평)당 비용(만원)	내구연수
냉방장치	40	800	10
가습장치	20	400	10
단열시설(방열문 포함)	70	1,400	30
합 계	130	2,600	-

1) 본 절에 제시된 기초자료들은 저온저장 실험 등으로부터 본 연구의 기술분야의 연구팀에 의하여 획득하여 경제분석팀에게 제공된 것임.

② 저온저장고 시설수리 및 관리비용

- 연간 수리비 : 20만원/20평
- 연간 수리 자가인건비 : 101,800원(= 2일,인 x 50,900원*)/20평
- 합계(연간)** : 301,800원/20평

* 남자 성인 일당농촌임금(2001. 1~8월 평균)을 적용(자료 : 농협중앙회)

** 저온시설 및 장비에 대하여 전문가에게 위탁할 경우 연간 70만원 정도 소요됨

2. 연간 저온저장고 이용체계

○ 감귤 주산지 대부분의 농가의 농업경영이 노지온주밀감(조생)으로 전문화되어 있기 때문에, 농가단위로 저온저장고 시설을 일반화하였을 경우는 노지온주밀감의 저장 외에 저장시설 이용률은 매우 낮을 것으로 예상된다. 그러나 지역이나 감귤 작부형태에 따라 저온저장고의 이용률을 부분적으로는 높일 수도 있을 것이다. 이에 따라 위의 저온저장시설의 노지온주밀감의 저온저장을 위한 시설비용 부담은 비례적으로 감소될 것이다.

○ 저장고 이용체계

- 노지온주밀감 연간저장기간 : 4개월(12월~익년 3월)
- 다른 작물을 추가 저장할 경우 : 만감류 3개월, 당근 7개월 혹은 감자 4개월 등

3. 저온저장 추가 관리비용

① 저장 및 관리 노동력 소요 : 상온저장과 차이 없는 것으로 전제함.

② 저장용기 비용(표 2).

<표 2> 저장형태별 저장용기와 소요비용

저장형태	상자형태	상자구입비용	내구연수	감귤투입용량 (상자당)	저장감귤 kg당 년간용기 비용*
상온저장	나무상자	2,000원/15 kg	5년	12 kg	30원
저온저장	콘테이너	3,200원/20 kg	10년	15 kg	19원

주 : * 저장감귤 kg당 연간 용기비용은 저장용기의 내구기간 후 잔존가격(구입비용의 10%)을 공제한 후 정액법에 의하여 년간 감가상각액을 구하고, 이를 감귤투입용량(kg)으로 나누어 계산하였음.

- 저온저장시 저장고 1동당 저장용기 연간비용 추가액 :

△ 220,000원 = 감귤 kg당 저장용기 추가액(19원 - 30원= △11원/kg)

x 저온저장 1동당 저장량(20,000 kg/동)*

* 저장고 1동당 감귤저장량은 아래 ③을 참조

③ 저장고의 적정 저장량

- 저장고의 적정저장량은 상온의 경우는 저장고 용량의 70% 수준, 저온저장의 경우는 80~90% 수준임.
- 이를 근거로 상온과 저온저장의 저장고 1동당 저장량을 다음과 같이 설정하였음(표 3).

<표 3> 저장고 저장용량의 시산

저장형태	사용용기	저장고 평당 저장량		1동(20평)당 저장량	
		상자수	저장량(kg)	상자수	저장량(kg)
상온저장	나무상자(12kg)	50	660	1,000	12,000
저온저장	콘테이너(15kg)	100	1,500	2,000	30,000

④ 저온저장고 전기 소요량 : 10만원/20평/월

⑤ 저온저장의 출하에 따른 추가적인 유통비용 : 구체적인 실험 등 자료의 미비로 추가비용이 발생하지 않는 것으로 전제함.

제 2 항 추가적인 수익(편익)

1. 저온저장에 따른 출하감귤의 품질향상

○ 감귤을 저온저장하여 출하하게 되면 상온저장에 비하여 수분 함량이 높아 신선도가 크게 향상되며, 상온저장을 할 경우 2월 이후에 나타나는 이취(異臭) 현상이 나타나지 않아 소비자의 선호도가 상온저장한 감귤에 비하여 높아지게 된다.

그러나 당산비의 증가, 비타민 C 함량의 유지 등 저장에 따른 감귤의 질적 수준을 나타내는 또 다른 요인에 대한 본 연구 등의 실험결과는 3월까지 저장할 경우 상온저장인 경우가 저온저장에 비하여 우수하거나 뒤떨어지지 않음을 보여주고 있으나, 상온저장의 경우 산 함량의 급속한 저하가 관측되고 있어 당산비의 증가에도 불구하고 소비자의 기호성을 떨어뜨리는 요인이 되고 있다(표 4, 표 5, 표 6).

<표 4> 저장방법에 따른 노지온주밀감의 당산비의 변화 측정결과

측정대상		측정일자별 당산비						
		12/1	12/26	1/26	2/9	2/26	3/12	3/26
상온저장(A)		10.6	10.4	10.9	11.5	11.1	12.7	14.3
저온저장	제주대	10.6	10.0	10.2	10.1	12.3	12.3	13.3
	농가1	10.6	10.8	11.1	10.9	10.8	13.4	12.6
	농가2	10.6	10.1	10.8	10.6	11.1	11.9	14.9
	기술원	10.6	9.8	10.6	10.9	11.3	11.5	12.5
	평균(B)	10.6	10.2	10.7	10.6	11.4	12.3	13.3
차이(B-A)		0	△0.2	△0.2	△0.9	0.3	△0.4	△1.0

자료 : '감귤저장의 실용화 기술개발'연구팀에서 제공

<표 5> 저장방법에 따른 노지온주밀감의 산 함량의 변화 측정결과

측정대상		측정 일자별 산 함량						
		12/1	12/26	1/26	2/9	2/26	3/12	3/26
상온저장(A)		0.92	0.93	0.90	0.84	0.87	0.73	0.69
저온저장	제주대	0.92	0.92	0.93	0.89	0.77	0.76	0.70
	농가1	0.92	0.89	0.84	0.85	0.88	0.72	0.74
	농가2	0.92	0.95	0.88	0.90	0.84	0.78	0.72
	기술원	0.92	0.93	0.86	0.86	0.83	0.83	0.78
	평균(B)	0.92	0.92	0.88	0.88	0.83	0.77	0.74
차이(B-A)		0.0	△0.01	△0.02	0.04	△0.04	0.04	0.05

자료 : <표 4>와 동일.

<표 6> 저장방법에 따른 노지온주밀감의 비타민 C의 변화 측정결과

측정대상		측정일자별 비타민 C 함량						
		12/1	12/26	1/26	2/9	2/26	3/12	3/26
상온저장(A)		44.8	46.6	41.4	40.2	36.8	36.8	36.1
저온저장(B)	제주대	44.8	43.5	41.0	40.9	36.4	36.3	35.2
	농가1	44.8	46.4	43.0	41.4	37.9	33.4	32.9
	농가2	44.8	44.6	42.6	40.6	36.5	34.8	33.3
	기술원	44.8	44.6	42.2	41.9	37.6	36.4	35.5
	평균	44.8	44.8	42.2	41.2	37.1	35.2	34.2
차이(B-A)		0.0	△1.8	0.8	1.0	0.3	△1.6	△1.9

자료 : <표 4>와 동일.

○ 위의 성적에 따른 상온저장과 저온저장 감귤의 품질차이는 소비자에 의하여 결정되는 시장가격의 차이로 판단할 수 있으나, 저온저장된 노지온주밀감의 시장가격이 형성되어있지 못한 실정임.

2. 저장에 따른 감모율의 차이

○ 감모율은 부패율과 중량감소율을 측정함으로써 구할 수 있다. 본 연구의 저장실험 연구팀의 실험결과에 의하면, 부패율은 상온의 경우는 2월 이후에, 저온저장의 경우는 3월 이후에 급속히 진행되는 것으로 나타났다. 3월 12일에 상온저장의 경우는 17.4%, 저온저장의 경우는 평균 13.6%로 3.8%의 차이가 있었다(표 7). 중량감소는 상온저장의 경우는 1월 이후에 급속한 감소가 발생하여 3월 16일 측정결과는 23.7%에 이르렀다. 그러나 저온저장의 경우는 3월까지는 감소속도가 비교적 완만하여, 3월12일 평균 측정치는 7.8%로 나타나, 상온저장과는 15.9%의 커다란 격차가 발생하였다(표 8).

<표 7> 저장형태별 저장감귤의 부패율 측정결과

측정대상		측정 일자별 부패율(%)						
		12/1	12/26	1/26	2/9	2/26	3/12	3/26
상온저장(A)		0.0	0.0	3.0	7.6	13.2	17.4	21.6
저온저장	제주대	0.0	0.0	2.0	4.0	9.0	14.3	-
	농 가	0.0	0.0	1.3	2.7	8.7	12.8	17.3
	평균(B)	0.0	0.0	1.7	3.4	8.9	13.6	17.3
차이(B-A)		0.0	0.0	△1.3	△4.2	△4.3	△3.8	△4.3

자료 : <표 4>와 동일.

<표 8> 저장형태별 저장감귤의 중량감소 측정결과

측정대상		측정 일자별 중량 감소율(%)						
		12/1	12/26	1/26	2/9	2/26	3/12	3/26
상온저장(A)		0.0	6.2	14.5	17.7	20.4	23.7	-
저온저장(B)	제주대	0.0	2.9	4.1	4.9	5.6	5.8	17.3
	농 가	0.0	2.4	5.4	7.0	8.9	9.7	11.3
	평균	0.0	2.7	4.8	6.0	7.3	7.8	14.3
차이(B-A)		0.0	△3.5	△9.7	△11.7	△13.1	△15.9	-

자료 : <표 4>와 동일.

○ 부패율과 중량감소율을 합산한 감모율은 상온저장의 경우가 1월 이후 그 격차가 크게 확대되어, 3월 12일 측정치 기준으로는 상온저장이 37%에 이르렀다. 저온저장의 경우는 20.3%로서, 저온저장의 경우가 16.7% 낮은 것으로 관측되었다(표

9). 이 결과는 22평형 저장고 기준으로 저온저장 최적 저장량 30,000 kg을 저장할 경우, 3월 출하시에 상온저장에 비하여 5,010 kg(30,000 kg x 0.167) 정도 출하가능량이 더 많아짐을 의미하는 것으로서, 감모율 감축만으로도 저온저장기술이 상당한 경제성을 실현시키고 있음을 보여주고 있다.

<표 9> 저장형태별 저장감귤의 감모율 측정결과

측정대상		측정 일자별 감모율(%)						
		12/1	12/26	1/26	2/9	2/26	3/12	3/26
상온저장(A)		0.0	6.2	17.1	23.9	30.9	37.0	-
저온저장	제주대	0.0	2.9	6.0	8.7	14.1	19.3	-
	농 가	0.0	2.4	6.6	9.5	16.8	21.3	26.7
	평균(B)	0.0	2.7	6.3	9.1	15.5	20.3	9.3
차이(B-A)		0.0	△3.5	△10.8	△14.8	△15.4	△16.7	-

자료 : <표 7> 및 <표 8>로부터 계산

제 4 절 저온저장의 경제성 검토

제 1 항 저온저장기술 도입 따른 추가비용의 현재가치 시산

○ 사업기간의 설정 : 저온저장시설 및 장비 중 냉방 및 가습시설의 내구연수가 10년으로 가장 짧은 것을 고려하여, 저온저장시설 도입의 사업기간은 10년으로 함.

○ 상온저장고를 저온저장고로 전환하는 데 필요한 고정시설비는 사업 1년차에 이루어지는 것으로 하고, 10년차에 내구연수가 만료된 시설은 잔존가치(설치비의 10%)를 회수하고, 내구연한이 남은 시설은 최초시설비에서 정액법으로 계산한 사

업기간 중의 감가상각 누적액을 공제한 잔여 액수를 회수하는 것으로 함.

○ 저온저장시설의 이용에 있어 노지온주밀감 저장의 연간 부담율은 저온저장시설을 노지감귤 전업농에게 설치할 것을 전제로 100%로 전제함.

○ 시설비 외로 추가적으로 투입되는 시설수리·관리비와 기타 저장 제비용의 추가액은 매년 동일한 것으로 가정함.

○ 할인율 : 현재가치 환산을 위한 할인율은 2001년도 농림부의 농림정책사업의 대농민 시설자금 대출금리 5%를 적용함.

<표 10> 상온저장고의 저온저장고 전환에 의한 노지온주밀감 저장에 따른 추가비용 흐름의 현재가치 환산 결과

[단위 : 천원/20평 1동]

	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차	9년차	10년차	합계
저온시설추가비											
냉방 및 가습장치	12,000	-	-	-	-	-	-	-	-	△1,200	
단열시설비	14,000	-	-	-	-	-	-	-	-	△9,800	
저온시설 수리, 관리비	-	301.8	301.8	301.8	301.8	301.8	301.8	301.8	301.8	301.8	
저장용기 추가비용	△220	△220	△220	△220	△220	△220	△220	△220	△220	△220	
전력추가비용	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	
합계(*ci*)	26,180	481.8	481.8	481.8	481.8	481.8	481.8	481.8	481.8	△10,518.2	
현재가치 환산*	**26,180**	**458.7**	**437.0**	**416.2**	**396.4**	**377.5**	**359.5**	**342.4**	**326.1**	**△6,779.9**	**22,513.9**

주) * 현재가치 환산을 위한 할인율 : 5%.

○ 노지온주밀감의 저온저장에 따른 추가비용의 현재가치(PVc) 계산결과 :

PVc = 22,513.9 천원

제 2 항 요구되는 연간 추가수익 규모의 시산과 경제성 판단

○ 저온저장한 노지감귤이 출하시기에 상온저장한 감귤보다 농가수취가격이 얼마 높은가에 대한 자료가 없기 때문에, 저온저장의 경제성을 확보하기 위하여 달성해야 할 최소한의 저온저장의 추가수익 흐름을 역으로 산출하기로 함.

○ 저온저장으로 전환한 후 매년 발생하는 저장고 1동당 추가수익이 사업기간 동안 매년 b로 일정하다고 하고, 저온저장의 경제성이 확보되기 위한 추가수익 흐름의 현재가치 환산 합계액, PVb는 앞에서 추산한 PVc와 최소한 같아야 한다. 따라서 매년 달성해야 할 저장고 1동당 실현시켜야 할 최소한의 연간 추가총수익 b는 다음에 의하여 구할 수 있다[2].

$$b = PVc * \left(1 - \frac{1}{(1+r)}\right) / \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n}\right)$$

위 식으로부터 할인율(r) = 0.05, n = 10년, PVc는 위에서 산정한 결과를 각각 대입하여 노지감귤의 저온저장고 부담률 대안에 따라 20평 동당 b(최소 연간추가총수익)를 계산한 결과는 다음과 같다.

b = 2,778 천원/동(20평)

---

2) 등비수열의 첫째 항을 a, 공비를 v, 제 n항까지의 합을 Sn이라 하면, $Sn = a + av + av^2 + \cdots + av^{n-1} = a(1 - v^n)/(1 - v)$가 된다. 여기에 Sn에 PV$c$를, a에 b를, 그리고 v에 $1/(1 + r)$을 각각 대입하여 정리하면 본문의 식이 된다.

○ 추가총수익 *b*는 크게 두 가지 요인으로부터 발생한다. 1) 상온저장 감귤에 대비한 품질향상 등을 반영한 저온저장 감귤의 판매가격 상승, 2) 상온저장에 비하여 저온저장시 물량 감모률이 하락하여 출하가능량이 증대하여 얻게되는 수익 등임.

○ 위에서 산출된 b로부터 감모률 감소로 인한 수익증대 분을 공제한 후 저온저장 감귤의 질적 향상에 따른 판매가격 상승으로부터 달성해야할 kg당 가격 변화분 (**dP**)을 도출하면 다음과 같음.

① 연간 추가총수익 최소 필요액 : **b** = **2,778** 천원/동(20평)
② 저온저장고 최초 감귤 저장량 : 30,000 kg/20평
③ 상온저장 - 저온저장 감모율 차이(11월~3월) : 0.167 (상온 0.37 - 저온 0.203)
④ 저온저장에 의한 감모 감축량, ② x ③ : 5,010 kg/20평
⑤ 저온저장 후 출하가능 총량, ② x (1 - 0.203) = 23,910 kg/20평
⑥ 상온저장감귤 판매가격(2000년산) : 1,188 원/kg [표12 참조]
⑦ 상온 대비 감모량 감축에 의한 추가수익(상온저장 감귤가격 기준), ④ x ⑥ : 5,951.9천원/20평
⑧ 경제성 확보를 위한 상온저장감귤 대비 출하가격 추가상승으로부터 발생해야 할 최소 추가수익, (① - ⑦) : △3,173.9 천원/20평
⑨ 저온저장에 의한 최소한의 경제성 확보를 위한 감귤 kg당 출하가격 변화 요구액, {⑧ (△3173.9천원/20평)/(⑤ 20평 1동당 출하가능량, 23,910 kg)}

dP = △133원/kg

<표12> 가락동 도매시장의 2000년산 감귤의 월별 도매가격 동향

품 목	경락가격	11월	12월	1월	2월	3월	4월
노지온주	15 kg당(원)	12,365	11,307	10,656	11,237	17,817	-[1]
	kg당(원)	824	754	710	749	**1,188**	-
월동온주	5 kg당(원)	-	-	6,671	9,153	9,501	14,768
	kg당(원)	-	-	1,334	1,831	**1,900**	2,954

주 : 1) 노지온주밀감의 4월 출하물량이 매우 적어 제외시켰음.

자료 : 제주도감귤출하연합회, 2000년산 감귤출하 및 가격동향 자료집(2001).

제 3 항 분석결과의 평가

○ 위의 결과는 저온저장 감귤이 상온저장 감귤보다 품질이 우수할 것임에도 불구하고, 저온저장감귤의 가격이 노지감귤의 출하가격 보다 도리어 133원/kg 만큼 낮게 거래되더라도 상온저장시설을 개조하여 저온저장기술을 도입하는데 따른 최소한의 재무적 경제성(할인율은 연 5% 수준)은 보장된다는 것을 의미하는 것으로서 저온저장기술도입이 상당한 경제성이 있음을 나타내주고 있음.

○ 저온저장기술의 경제성이 매우 높은 것으로 나타난 1차적 요인은 상온저장에 비하여 저장기간(11월~3월) 중 감모율이 16.7%포인트의 격차가 발생한다는 것으로서, 저온저장고의 최초저장량을 최적규모라는 30,000 kg을 투입하였을 경우[3] 이 요인만으로도 저온저장에 따른 투자 및 추가비용의 흐름을 상쇄하고도 남는 것으로 계산됐음.

3) 저온저장고의 저장량의 변화에 따라 감모량 감축에 의한 수익은 크게 달라질 것이며, 상온저장한 감귤과 동일한 가격(1,188원/kg)으로 판매되더라도 감모량 감축만으로도 최소한 달성해야할 연간 추가수익 규모(b = 2,778천원/20평)와 같게되는 저장량을 도출하면 적정 저장량의 47% 수준인 14,000 kg/20평이 된다.

○ 그러나 본 분석에서는 3월 중 상온저장감귤 판매가격을 2000년산 기준으로 1,188원/kg으로 전제하였고, 저온저장 후 3월중에 상온저장감귤과 같이 상온상태에서 출하-유통시킬 경우 유통과정에서 추가적으로 발생 가능한 감모에 대한 자료의 제한으로 고려되지 못했다는 점 등을 유념해야 할 것임.