

최 종
연구보고서

단감의 이용성 증진을 위한 변색방지 및
저장가공 기술개발

Development of Prevention of Discoloration in
Culture, Storage and Processing for Utilization
of 'Fuyu' Persimmon

연구기관
동아대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “단감의 이용성 증진을 위한 변색방지 및 저장가공 기술개발에 관한 연구” 과제 (세부과제 I. 변색방지를 위한 재배 및 저장가공 기술개발, 세부과제 II. 변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구)의 최종보고서로 제출합니다.

2002년 11월 일

주관연구기관명 : 동아대학교

총괄연구책임자 : 조 영 수

세부연구책임자 : 권 오 창

연 구 원 : 박 윤 문

연 구 원 : 김 태 춘

연 구 원 : 이 용 재

요 약 문

I. 제 목

단감의 이용성 증진을 위한 변색방지 및 저장가공 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

국내에서 단감은 227,394톤(2000년, 농림부) 생산되고 있는데, 이 중 변색과 발생으로 인한 손실은 생산량의 30%를 넘어 그 피해가 심각한 수준이다. 단감 변색은 과피흑변과 갈변으로 나타나는데 과피흑변은 재배와 저장에서 발생되고, 갈변은 저장 중 생리장해 현상으로 나타난다. 과피흑변이 발생한 과실은 식용에는 문제가 없으나 상품성이 크게 저하되고, 갈변이 발생한 과실은 이취 등을 동반하므로 식용할 수 없으며 가공도 거의 되지 않는다. 갈변으로 인한 피해는 피해 농가나 저장고의 경영 자체를 위협하는 수준이다. 최근에는 기온과 습도가 높은 동남아로 주로 수출되고 있는데 현지에서의 변색 발현이 수출 경쟁력을 약화시키는 큰 요인이 되고 있다. 한편 과잉생산 되고 있는 단감의 소비 확대를 위한 단감 가공품 개발에서도 변색은 상품성과 기호성을 저하시키는 요인이 되고 있다. 이에 재배와 저장에서 과피흑변과 갈변 발생의 원인을 구명하고 이를 방지하고자 하였으며, 이와 더불어 변색을 줄일 수 있는 가공용 분말원료와 몇 가지 가공품을 개발하고자 하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. MA 저장에서 변색의 발생원인 및 방지

- 가. 갈변과 발생에 미치는 예건·예냉, 저장온도 및 필름 두께의 영향
- 나. 갈변과 발생에 미치는 포장 밀봉방법의 영향
- 다. 변색방지를 위한 포장단위와 과실크기별 적정 포장규격

2. CA 모의 실험을 통한 MA-연관 갈변장해 유기 요인 구명 및 생화학 요인과의 연관성

- 가. 갈변장해를 유기하는 기체환경 요인
- 나. 갈변장해를 유기하는 가스의 한계농도

- 다. 갈변장애의 내적요인
- 3. 과피흑변 방지를 위한 재배조건 구명 및 저장 전 처리
 - 가. 과피흑변 발생에 미치는 과원환경 및 약제처리의 영향
 - 나. 봉지 내 미기상이 과피흑변 발생에 미치는 영향
 - 다. 과피흑변 방지를 위한 저장 전 heating 및 coating 처리 효과
- 4. 가공용 분말원료 및 가공품 개발
 - 가. 가공용 분말원료 제조
 - 나. 분말원료를 이용한 요쿠르트 제조
 - 다. 분말원료를 이용한 잼, 고추장 제조
- 5. 변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구
 - 가. 변색 유기에 관한 생리화학적 요인분석
 - 나. 변색 유기에 관한 해부학적 요인분석

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 갈변의 발생원인과 방지기술

1) 갈변 유형

‘부유’ 단감 MA(modified atmosphere) 저장에서 갈변은 전형적인 형태로 과정부에 발생하고 변색부위와 정상부위의 경계가 명확한 ‘초코’로 불리는 과정부 과육갈변(top flesh browning, TFB)과 이에 비해 발생 위치는 동일하나 연화를 동반하고 갈변부위와 정상부위의 경계가 명확하지 않는 연화형 과육갈변(soft top flesh browning, STFB), 왁스층과 표피조직은 건전한 상태에서 작은 원형으로 과육이 함몰되는 반점형 함몰갈변(pitted specks browning, PSB), 왁스층은 정상적으로 남아있으나 갈변부위가 넓게 확장되며 과육부위까지 확산되는 확산형 과육갈변(flesh blotch browning, FBB), 변색이 과피조직에 국한되고 특이하게 왁스층이 파괴되어 과피가 거친 요철형태로 되는 리본형 과피갈변(pitted blotch browning)의 여섯 가지 유형으로 나타났다.

2) 갈변 발생 요인

가) MA 저장에서 갈변과의 발생요인

갈변과는 주로 저장 환경적 요인이 관여하였고, 재배환경적 요인은 그 상관성이 매우 낮게 조사되었다. 갈변과의 저장환경적 발생요인은 MA 포장 내의 낮은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도, 예건·예냉 및 저장온도가 관여되나 이 중 낮은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도는 모든 유형의 갈변에 전체적으로 작용되며, 또 주요인으로 해석되었다. 과정부 과육갈변은 저장 2개월에 다량 발생되며, 예건·예냉이나 저장온도 보다는 포장내의 산소농도가 다른 갈변보다 낮은 0.5kPa 이하가 주요인으로 작용하였다. 확산형 과육갈변은 4개월 이상의 장기 저장에서 나타나며 저장초기 과정부 과육갈변을 발생시키는 0.5kPa의 산소농도 보다 다소 높은 농도가 장기간 유지될 때 발생하는 것으로 유추되었다. 리본형 과피갈변과 함몰형 과육갈변은 1.0kPa 이하의 산소조건에 수확 후 갑작스런 예냉처리(-1℃)나 짧은 예건(6시간), 낮은 저장온도(-1~-1.5℃) 등이 더해질 때 발생이 더욱 증가되었다. 연화형 과육갈변은 오래 예건하여 장기간 저장할 때 발생했다.

나) CA 모의 실험을 통한 MA-연관 갈변장해 유기 요인 구명 및 생화학 요인과의 연관성

‘부유’ 단감의 저장 중 발생하는 갈변 장해는 저산소 조건이 1차 유기 요인이며 고이산화탄소는 상가적인 요인으로 해석되었다. 장해 발생율과 과실의 품질을 종합해 볼 때, CA 혹은 MA 저장 중 산소농도는 1.0kPa 이상 유지되어야 할 것으로 판단된다. 산소농도 1.0kPa 조건에서 이산화탄소 농도의 적정수준, 즉, 기존의 9-10% 까지 높은 수준이 필요한가에 대해서는 저장 직후와 유통 후 과실 품질요인 변화 조사 등 심도 있는 보완연구가 필히 뒤따라야 할 것으로 생각된다. 한편, 과실 품질을 최적 수준으로 유지하기 위해서는 온도를 -1.0℃ 유지하는 것이 유리한 것으로 조사되었다.

과실 조직간 가스 조성이나 호흡속도 조사 결과는 과육갈변 장해(FTB) 발생의 조직 특이성이 단순한 조직 내 이산화탄소나 산소 농도에 의해 발현되는 것이 아님을 시사하고 있다. 다만, TFB가 발생하는 상부조직은 생화학적으로 혐기성호흡이 심하게 일어나 에탄올이 축적되고 그에 따라 다른 부위와는 다른 특이한 장해 현상이 나타나는 것으로 풀이되며 이 상부조직이 다른 조직에 비해 장해에 민감한 생리특성을 가지고 있는 것으로 유추된다. 현재까지 조사한 생리, 생화학적 요인만으로는 왜 상부조직이 유독 혐기성 호흡을 하는가에 대한 명쾌한 해석을 내리기 어려우므로 과실

상부조직(style end)이 갖는 이상대사의 원인을 생화학 대사의 차이, 유효 산소 농도 및 해부학적 관점에서 다각적으로 밝혀야 할 것이다.

3) 갈변 방지 기술

재배적 방지기술은 현재까지의 연구로는 균형적인 비배관리 이외에는 제시하기가 어렵다. 수확은 적숙기에 실시하고, 수확된 과실은 3~4일의 예건을 거치고, 만약 예냉을 실시하고자 한다면 갑작스럽게 낮은 온도에서의 예냉은 피해야 한다. 다음으로 포장 내 적정 산소와 이산화탄소가 유지될 수 있는 적정 규격의 포장을 실시해야 한다. MA 저장 갈변의 주 요인인 포장내의 저산소와 고이산화탄소 조건을 해결하는 방법은 PE 필름의 두께를 관행보다 얇게 하여 산소와 이산화탄소 투과도를 증가시키면 가능하나 이렇게 할 경우 연화, 과피흑변, 병과의 발생이 높아진다. 포장내에 적정 수준의 산소와 이산화탄소가 유지될 때 최적의 저장이 가능하다. 본 연구 결과에서 보면 산소농도 1%에 이산화탄소 농도 4~7%가 가장 이상적이다. 하지만 현행 MA 포장에서는 과실의 크기에 따라 포장내에 산소와 이산화탄소 농도가 달리 조성되는데, 큰 과실이 들어있는 포장내의 산소 농도가 작은 과실이 들어있는 포장내의 산소농도보다 낮다. 이는 큰 과실에서 갈변이 많이 발생된다는 현실을 잘 반영하고 있는데, 그 이유는 과실이 들어있는 포장의 면적을 과실 1g당으로 계산해보면 큰 과실이 차지하는 포장의 면적이 작은 과실이 차지하는 포장의 면적보다 적어 포장내로 산소의 공급이 적기 때문으로 해석되었다. 포장의 규격과 과실 크기별 포장의 적정 면적과 두께가 동시에 규정될 때 최적의 저장이 이루어질 수 있다. 포장의 면적은 포장 규격과 과실 크기에 의해 자동적으로 정해지므로 여기에 맞는 적정 두께는 5개 포장에서는 LL은 50um, L은 55um, M은 60um, S와 SS는 65um, 1개 포장에서는 LL은 60um, L은 60um, M은 60um, S와 SS는 65um, 15kg 포장에서는 35um이었다.

나. 과피흑변의 발생원인과 방지 기술

1) 과피흑변 유형

과피흑변은 크게 흑점상(dot black stain), 파선상(vertical stripe), 정부삼각 과피흑변(top-triangle black stain) 이었는데 흑점상은 융기되는 것(risen dot)과 함몰(sunken dot)되는 것이 있었으며 파선상은 과실의 적도부에 종선의 파선으로 나타났

다. 정부삼각 과피흑변은 과실 정부의 얇은 골과 골 사이의 불룩한 부분에 일정하진 않으나 대체적인 삼각형 모양을 나타내며, 흑변부에는 함몰 및 번진 점상과 짧은 종선의 미세한 균열이 혼재되어 있다.

2) 과피흑변 발생 요인

과피흑변의 저장 환경적 요인은 포장 내의 높은 산소농도였으며, 재배 중 과면에 부착된 약제와 병원균이 저장 중 과피흑변에 다소 영향을 미치는 것으로 해석되었다. 과피흑변의 재배적 요인은 과원의 높은 습도환경과 방제약제의 종류와 살포량이었는데, 과원의 높은 습도환경은 약해나 병원균 발생을 조장하여 과피흑변을 다량 발생시키는 주 요인으로 분석되었다. 과원의 상대습도와 결로시간, 결로량은 모든 유형의 과피흑변 발생을 조장하였는데, 결로량 보다는 상대습도가, 상대습도 보다는 결로시간이 더 큰 영향을 미치는 것으로 해석되었으며, 이러한 높은 습도 환경은 과원의 지형, 주위환경 및 수형이 크게 영향을 미쳤다.

용기 흑점상 과피흑변과 원형으로 점이 작고 깊이가 얕으며 대체로 과면 전체에 퍼져있는 함몰 흑점상 과피흑변은 약제가 적절하지 못하거나 살포량이 충분하지 못할 때 병원균에 의해 발생되었다. 부정형으로 점이 다소 크고 깊으며 특정 부위에 집중되는 함몰 흑점상 과피흑변은 높은 습도와 보르도액의 상호작용에 의한 약해로 해석되는데 여기에 병원균이 관여하는지는 더욱 연구가 필요하다. 파선상 과피흑변은 고습조건과 과면 접촉물 등에 의해 과면에 지속적인 수분이 유지될 때 발생하는 특징을 보이는데, 이는 장기간의 결로가 과면에 균열을 일으키게 하는 것이 그 원인으로 해석된다. 정부삼각 과피흑변은 습도가 높은 과원에 보르도액을 살포할 때 서로 상호작용하여 발생을 증가시키는 것으로 해석되었다. 정부삼각 과피흑변이 특히 과실의 정부에서 삼각형 모양으로 발생하는 이유는 수확기로 갈수록 과실의 중량이 증가되면 무게에 의해 과실의 정부가 지면을 향하게 되어 결로가 과정부에서 오래 머무르고, 또 과면의 골과 골 사이의 불룩한 부분이 삼각형 모양을 띄는데 이 부분의 과피가 골보다 상대적으로 약하기 때문으로 사료되었다.

3) 과피흑변 방지 기술

고습조건에 결로가 심하고 통풍이 불량한 환경을 피하고, 가지나 잎 등으로 인한 과면 접촉물이 적고 일조와 통풍이 원활한 수형을 유지하는 것이 매우 중요하다. 다

음으로 고습과원에서는 보르도액을 살포하지 않아야 하며, 수확기에 근접하여 coating제나 영양제 등의 엽면 살포는 오히려 과피흑변을 유발할 수 있으므로 주의 하여야 하고, 약제 살포는 규정농도를 준수하고 과면에 고루 살포되어야 한다.

한편, 저장 전 heating과 coating 처리에 의한 과피흑변 방지에 대해서는 coating 처리는 효과가 나타나지 않았다. Heating 처리는 과피흑변과 병과 발생을 줄일 수 있는 것으로 나타났으나 과피흑변이나 병과 발생이 감소하는 온도 부근에서 갈변이 발생되므로 갈변이 발생되지 않는 조건에서 효과를 거두기 위해서는 세밀한 온도조건과 처리시간의 조합이 잘 이루어져야 하며, 원하는 온도를 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 수준에서 조절할 수 있는 장비와 설비기술이 매우 중요한 요인으로 사료되었다. 한편, Air heating 처리보다는 hot water 처리가 수분 증산 문제를 해결하고, 기능수를 사용할 수 있으며 균일한 온도 제어에 더욱 효과적인 것으로 생각되었다.

다. 가공용 분말원료 및 가공품 개발

1) 가공용 분말원료 제조

단감의 수확 및 저장 중에 발생한 불량과실을 이용할 목적으로 분말화하기 위한 기초연구로서 본실험을 행하였다. 일반성분 조성은 조단백질, 조지방, 조회분의 순으로 열풍건조 처리구는 0.9~1.1%, 15.0~39.0%, 2.3~3.3% 이었으며, 동결건조 처리구는 1.3~2.3%, 27.0~49.0%, 2.5%로 나타났다. 무기성분은 열풍과 동결건조 처리구 모두 K, Mg, P, Ca, Na이 주요 무기성분 이었다. 주요 지방산은 열풍과 동결건조 처리구에서 capric acid, lauric acid, tridecanoic acid, palmitic acid, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid 순으로 나타났다. 아미노산 조성은 동결건조 처리구에서 aspartic acid, glutamic acid가 주요 아미노산 이었다. 전체적으로 열풍건조처리구보다 동결건조 처리구가 다소 높은 결과를 보였다. 이러한 결과 동결건조에 의한 분말제조가 열풍건조에서 보다 우수한 결과가 나타났다.

2) 분말원료를 이용한 요구르트 제조

발효기질로서 탈지분유에 단감분말 4%, 7%를 혼합하여 고형분 함량을 14%로 조절하고 유산균 (*Lactobacillus acidophilus*)으로 발효하여 커드상의 요구르트를 만든 후, 단감분말 첨가가 유산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

단감분말 첨가량에 따른 유산균의 산생성 촉진효과는 현저한 영향을 받지 않았다.

관능검사 결과를 보면 단감분말 첨가량에 따른 요구르트의 관능성에 현저한 영향을 미치지 않았다. 그러나 대조군(skim milk 14%군)에 비해서는 관능성이 떨어졌다. 향산화성 측정에서는 단감분말 첨가에 의하여 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

3) 분말원료를 이용한 잼, 고추장 제조

단감분말을 첨가한 고추장을 일반고추장제조 방법에 따라 제조하여 24주간 저장 기간중 미생물 균수와 관능검사를 실시하였다. 그 결과 일반 고추장의 경우 세균수는 4.0×10^6 cfu/g 였고 감고추장은 1.6×10^7 cfu/g이었다. 관능검사결과 종합적인 기호도면에서 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

라. 변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구

단감 '부유'의 적숙기의 과육 경도는 $1.5 \sim 2.0$ kg/5mm Φ 였으며, 수확시기가 늦어질수록, 그리고 저장기간이 오래 될수록 과육 연화에 의해 경도가 1.0 이하로 감소되었다. 저장 중에 나타나는 과육갈변 현상은 과정부의 과피 쪽에서 시작하여 과육쪽으로 진행되었으며, 과육갈변 장애가 나타난 과실은 과육 경도가 1.6 kg/5mm Φ 정도로 정상 과실의 경도보다 높았다. 과실 내 전타닌량은 2~3%였으며 종자가 적은 과실과 수확기가 빠른 과실에서 타닌 함량이 많았다. 과육갈변이 많이 발생했던 과원의 과실에는 전타닌 함량이 적었으며, 과육갈변 발생율과 전타닌 함량과는 상관관계수 $r = -0.696^{**}$ 으로 부의 유의한 상관이 있었다. 저장 전 과실의 과피 착색과 저장 후 과육갈변 발생정도를 비교한 결과 과피의 a^* 값이 21.2로 낮은 과실에서 저장 후 과육갈변이 심하게 발생하였다. 과육갈변이 발생한 부분은 과육색이 L^* , a^* , b^* 값 모두 낮아져 어두운 색을 보였으며 그중 b^* 값이 유의하게 낮아졌다. 과실 하부쪽은 a^* 값이 낮을수록 상부쪽의 과육갈변 정도가 컸다. 저장 중 과육갈변과 발생율이 높았던 과수원은 정상과수원에 비해 토양 중 무기물 함량이 낮았지만 과육 중에는 Mg 함량이 많은 경향이였다. 종자가 많은 과실일수록 Mg 함량은 적은 경향이였지만 과육갈변이 심한 과실에서는 $r = 0.525^*$ 로 정의 상관이 인정되었다. 석세포층의 두께와 과육세포의 크기는 적숙기 전후로 큰 차이가 없었으나 과피의 두께는 커지는 경향이였다. 과육갈변과는 세포벽 붕괴는 보이지 않았지만 세포막의 기능상실로 과육 절단시 세포막 잔해물이 관찰되었다. 변색 방지를 위한 과실 수확전에 엽화칼슘과 황산마그네슘을 엽면 살포시 과실의 당도와 경도가 낮아졌으며, 과실 내의 무기물 함량도 낮아지는 경향이였다. 그러나 저장 중의 과육갈변과 발생율은 Mg 엽면살포구에서 낮

아지는 경향이였다.

과피흑변 중에서 파선상과 운형상 흑변은 과피의 큐티클 층이 갈라진 부위에서 발생되었으며 병원성 미생물은 관찰되지 않았다. 큐티클 층이 갈라지는 정도는 파선상 흑변과가 운형상 흑변과보다 심하였고, 흑변 정도는 운형상 흑변과가 심하였다. 과피의 흑점상 흑변과는 부정형의 반점과 정형의 반점으로 구분되었고, 과정부 쪽에서 주로 발생하는 부정형의 흑점상 흑변과는 과피부위가 흑변된 것으로 큐티클층에 많은 미세 구멍이 관찰되었다. 과실의 꼭지쪽에 주로 발생하는 정형의 반점은 병원성 오염과로서 균핵덩어리로 관찰되었다.

2. 활용에 대한 건의

가. 농산물 포장은 미적인 디자인 측면과 생산물의 보존이라는 기능적 측면을 동시에 가진다. 그런데 단감 포장은 MA라는 가스제어의 기능성이 극대화되어 있다. 잘못 제조된 포장재는 변색장해를 유발시켜 저장을 실패하게 만든다. 그러나 이런 포장재를 제조하는 업체는 매우 영세하며 그 기능에 대한 개념조차 없는 업체가 대부분이다. 이것은 농민도 마찬가지다. 교육만으로 해결 될 문제는 아닌 것으로 생각된다. 대안으로는 농사는 농민이 포장과 저장은 관련분야의 전문가가 할 수 있는 여건이 우선 마련되어야 한다. 그래야 이런 연구의 결과가 효율적으로 전달되며 현장 적용도 효과적으로 이루어 질 것이며 연구의 필요성을 느끼며 재투자도 가능하고 국가 경쟁력도 높아질 것이다.

나. 백화점이나 마트에서 MA 포장 된 단감의 유통온도는 20℃ 전후이다. 사과나 배와 같이 저온이 아닌 상온매장에서 판매되고 있다. 포장 내에 과실이 호흡할 수 있는 산소는 전혀 없고 이산화탄소는 20%를 넘는다. 저장고에 있을 때의 신선한 맛은 찾아보기 어렵다. 그래서 재고가 생기고 비상품과가 발생해도 당연히 그런 것으로 인식하고 있다. 저장을 위한 연구와 노력을 무색케 한다. 유통의 cold chain 시스템이 절실히 요구된다.

SUMMARY

Chapter 1. Causal factors and prevention of discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon

Incidence of browning disorder of 'Fuyu' persimmon fruits affected by low oxygen and low temperature in modified atmosphere(MA) storage was investigated. Fruits were pre-dried at 16°C for 6 hours, 3 days, 6 days, 9 days and 14 days and pre-cooled at -1°C, 1°C for 30 hours and then stored at -1°C and 1°C. The thicknesses of packaging film were 55 μ m and 65 μ m. Four types of browning, except top flesh browning which was known as typical MA-related browning disorder, occurred showing different symptoms such as soft top flesh browning, pitted specks browning, flesh blotch browning, and pitted blotch browning. About 45% of top flesh browning occurred in -1°C storage packaged with 65 μ m PE film thickness, but it did not occur during pre-drying periods and pre-cooling temperature treatments. The highest pitted blotch browning(90%) was observed when fruits were pre-cooled suddenly at -1°C, and followed by pre-cooling after pre-drying(32-44%), pre-drying for 6 hours(30%), and -1°C ultra-low temperature storage(15-20%). The cause of incidence of top flesh browning could account for ultra low oxygen(below 0.3%) by ultra-low temperature storage(-1°C). Pitted blotch browning could account for sudden exposure to low temperature and ultra-low temperature storage under oxygen level below 1%. To reduce browning disorder and delay softening, the data suggested that fruit should be pre-dried for 3 to 4 days and then maintained at 1% oxygen level and stored at -1°C.

The study was conducted to elucidate the effect of sealing methods of PE film bags on the incidence of skin blackening and browning disorder in MAP storage of 'Fuyu' persimmon(*Diospyros kaki* T. cv. Fuyu) fruit. Fruits were preconditioned for 3 days at room temperature after commercial harvest in early November. Five fruits weighting about 223g each were packaged in a 55 μ m PE

film bag and then stored at $-0.5-0^{\circ}\text{C}$. Five different sealing methods were: normal hand sealing, tight hand sealing, air removal plus normal hand sealing, rubber band sealing, and heat sealing. Hand sealing was achieved by knotting the upper portion of PE film bags and the tightness was expressed by the weight of the knot, which were 1.10 g in normal hand sealing and 0.81 g in tight hand sealing. Different levels of oxygen and carbon dioxide were observed inside PE film bags as influenced by sealing methods. Skin blackening occurred when oxygen level was high, whereas browning disorder occurred by low oxygen level inside PE film bags. Oxygen levels inside PE film bags were higher in rubber band sealing bags (1.91%), while lower in tight hand sealing bags (0.62%) and air removal+normal hand sealing bags (0.61%) than in normal hand sealing bags (0.95%). Levels of carbon dioxide were in inverse proportion to those of oxygen except in rubber band sealing bags where both the oxygen and carbon dioxide levels were high. In heat sealing treatment, the incidence of browning disorder was highest and the air volume in PE film bag was reduced gradually resulting in PE film adhesion to the fruit skin eventually. The data suggested that the thickness of PE film should be thinner for automatic heat sealing method in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit if same size film bags are used for similar fruit weight.

Chapter 2. Relation of biochemical factor and elucidation of causal factors of MA storage-related browning disorder by simulated CA storage

Physiological disorders occurred during MA and simulated CA storage seemed to be primarily induced by low oxygen, while high carbon dioxide exerts additive effects aggravating the symptoms. Inductive O_2 levels for top-flesh browning (TFB) appears to be 0.25 kPa. In contrast, PS and PBB are induced at or higher than 0.50 kPa O_2 . Oxygen level around 1.0kPa is recommended for 'Fuyu' persimmon fruits. When such low-oxygen MA or CA procedures are performed

at commercial storage, reevaluation should be followed on the effects of high carbon dioxide levels at 9.0 - 12.0 kPa, which are recommended at present. Optimum temperature to maintain fruit quality seems to be -1.0°C without affecting the incidence of the disorders.

Among the disorders, TFB particularly occurs on the top portion (style end). Data of relative gas concentrations inside tissues in relation to respiration and gas permeability seemed not to be sufficient to explain tissue specificity to the disorder. Such fruit portion-specificity and the lower critical oxygen level could be explained by higher homeostasis of the top-portion tissues. In other words, top-portion tissues may operate an extra energy metabolism pathway (alternative pathway) under anaerobic conditions resulting in higher ethanol content in the tissue. Another explanation is that the tissues has higher resistance to low-oxygen injuries thus the disorder develop only at extremely low-oxygen levels.

Chapter 3. Elucidation of environmental factors and coating and heating for prevention of skin blackening

Recently, top-triangle black stain which was difficult for classification by the point of view of pre-researcher was observed by this researcher. This black stain shows triangle form on the top portion of fruit and it is complicated with short broken line-like and sunken and smeared dot. It increases gradually from late September and early November to harvest season. It is important that top-triangle black stain occurs in many farms as many as it must be elucidate causal factors.

Environment of high humidity increased occurrence of total black stain and it might have been affected by dew hours, relative humidity, and dew grams orderly. This environment of high humidity was seemed affected by pruning and training, topography, direction, and surrounds of orchard.

Effect of bordeaux mixture on top-triangle black stain might have been increased by cooperation with high humidity condition but it was not almost in low humidity condition.

Dotty black stain was decreased notably in bordeaux mixture treatment than in organic pesticide treatment. However, the types of dotty black stain are some different. Dotty black stain occurred in organic pesticide treatment is circle, small, shallow and scattered, but it in bordeaux mixture treatment is uncircle, relative large, and concentrated. In addition, risen dotty black stain never occurred in bordeaux mixture treatment. Therefore, the former is sure that was affected by pathogen, the latter is needed to more research concerned with pathogen. Vertical line black stain occurred when the water has been remained long time at fruit surface by high humidity such as within PE film bag and any adhesive.

Chapter 4. Development of powder for processing and its use

To utilize deteriorated sweet persimmon(*Diospyros kaki* T.) effectively, this study was investigated about the effective drying method of the powder, chemical components, minerals, fatty acids and amino acids of hot-air dried and freeze dried conditions were determined. Sample conditions used on analysis as follow; pretreatments of hot-air dried and freeze dry were soft, soft+peel, mixer, mixer+peel. The contents of crude protein, crude lipid, crude ask of hot-air dry were 0.9~1.1%, 15.0~39.0% and 2.3~3.3% respectively. And those of freeze dry were 1.3~2.3%, 27.0~49.0% and 2.5%, respectively. Potassium, magnesium, phosphorus, calcium and sodium contents were detected capric acid, lauric acid, tridecanoic acid, palmitic acid, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid. The essential amino acids such as aspartic acid, threonine, serine, glutamic acid, glycine, alanine, valine, methionine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine in freeze dry were contained richly. Therefore, the effective drying method considering changed color and nutrition

was shown freeze dry method.

The curd yogurt was prepared from skim milk or sweet persimmon powder. The effect on acid production by lactic acid bacteria in skim milk containing sweet persimmon powder of 4% and 7%(w/v) was investigated.

The effect on quality of curd yokurt(Sensory) property was also examined. Addition of sweet persimmon powder stimulated acid production by lactic acid bacteria more than control(skim milk). Sweet persimmon powder did not significantly affect acid production by lactic acid bacteria through stimulating effect of sweet persimmon powder on acid production was slightly different among concentration. Sensory property of curd yokurt added with sweet persimmon powder increased in proportion of sweet persimmon powder. In antioxidative activities measured the concentration of sweet persimmon powder added yokurt were not significantly difference compared to skim milk yokurt.

Sweet persimmon *Kochujang*, fermented hot pepper paste added sweet persimmon powder was during storage for 24 weeks at room temperature. Viable cell counts of *Kochujang* and sweet persimmon *Kochujang* were 4.0×10^6 cfu/g and 1.6×10^7 cfu/g respectively. Sensory property of *Kochujang* added with sweet persimmon powder was not significantly affected by storage period.

Chapter 5. Physiochemical and anatomical studies on prevention of discoloration

Flesh hardness of 'Fuyu' persimmon fruits harvested at optimal maturity was 1.5~2.0kg/5mm Φ , and it decreased below 1.0kg/5mm Φ when the harvest date was delayed and when the storage period was long time. Flesh browning disorder gradually progressed from fruit peel at the top of fruit into the fruit flesh during storage. And flesh hardness on the part of flesh browning disorder was maintained higher than that of healthy fruit.

The amount of tannin in persimmon fruit harvested at optimal maturity was

about 2~3%, that was much more than in the fruit having fewer seed and harvesting earlier. In the fruit harvested at the orchard which had highly occurred flesh browning disorder the amount of tannin was less than that of harvesting at the healthy orchard. The correlation between flesh browning occurrence and amount of tannin was highly significant, $r=-0.696^{**}$.

In fruit occurred flesh browning disorder after storage, the fruit flesh chromaticity had lower L*, a*, b* values than that of healthy fruit, and the fruit peel chromaticity before storage had lower a* value than that of healthy fruit.

Cation concentration of soil sample at the orchard which had highly occurred flesh browning disorder was lower than that of soil sample of healthy orchard, but Mg concentration of the fruit flesh was higher than that of fruit flesh of healthy orchard. As the fruits have more seeds, Mg concentration of the fruit flesh was low. The correlation between flesh browning occurrence and Mg concentration was highly significant, $r=0.525^*$.

The depth of stone cell layer and length of flesh cell were not significantly different among harvesting dates, but the depth of fruit peel was thickened till the maturity. There was no disruption of cell wall in the flesh browning disorder fruit due to the loss of cell membrane function.

The vertical line like blackening and cloudy blackening disorder among fruit skin discoloration were occurred at the part of crack of cuticular layer. Any microorganism was not detected in discoloration surface. The depth of cuticular cracking of the vertical line like blackening disorder was more severe than that of cloudy blackening disorder, but blackening was less severe.

The dotty blackening disorder among fruit skin discoloration were founded in various form. The dotty blackening disorder mainly founded on the top end of fruit surface had many tiny speck on the cuticular layer without any microorganism, but one founded on the bottom end of fruit surface had many spore in the dot.

As the Ca and Mg foliar sprays for the prevention of fruit peel and flesh discoloration, soluble solids, flesh hardness, and cation concentration of fruit were

lowered. But the occurrence of flesh browning was retarded till 5 months after storage in treating the Mg foliar spray.

CONTENTS

Chapter 1. Causal factors and prevention of discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon -----	26
Section 1. Effects of pre-drying, precooling, storage temperature and film thickness on browning disorder -----	26
Section 2. Effects of sealing methods of PE film bag on browning disorder -----	42
Section 3. Optimal dimension of packaging according to packaging unit and fruit size for prevention of discoloration -----	53
Chapter 2. Relation of biochemical factor and elucidation of causal factors of MA storage-related browning disorder by simulated CA storage -----	67
Section 1. Gas factor inducing browning disorder -----	70
Section 2. Marginal concentration of gas inducing browning disorder -	76
Section 3. Biochemical and internal gas's factors of fruit inducing browning disorder -----	81
Chapter 3. Elucidation of environmental factors and coating and heating for prevention of skin blackening -----	91
Section 1. Effects of orchard environment and agricultural chemicals on skin blackening -----	98
Section 2. Effects of environment inside bag on skin blackening -----	108
Section 3. Effects of coating and heating on fruit skin for prevention of skin blackening -----	115
Chapter 4. Development of powder for processing and its use -----	122
Section 1. Making of powder for processing -----	122
Section 2. Making of yogurt using powder-----	135
Section 3. Making of <i>Kochujang</i> using powder -----	145
Section 4. Making of jam using powder -----	150
Chapter 5. Physiochemical and anatomical studies on prevention of discoloration -----	154
Section 1. Analysis of physiochemical factors inducing discoloration --	157
Section 2. Analysis of anatomical factors inducing discoloration -----	165

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 -----	20
1. 연구개발의 목적 -----	20
2. 연구개발의 필요성 -----	20
3. 연구개발과제의 범위 -----	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	24
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 -----	26
제 1 절 MA 저장에서 변색의 발생원인 및 방지 -----	26
1. 갈변과 발생에 미치는 예건·예냉, 저장온도 및 필름 두께의 영향 --	26
2. 갈변과 발생에 미치는 포장 밀봉방법의 영향 -----	42
3. 변색방지를 위한 포장단위와 과실크기별 적정 포장규격 -----	53
제 2 절 CA 모의 실험을 통한 MA-연관 갈변장해 유기 요인 구명 및 생 화학 요인과의 연관성 -----	67
1. 갈변장해를 유기하는 기체환경 요인 -----	70
2. 갈변장해를 유기하는 가스의 한계농도 -----	76
3. 갈변장해의 내적요인 -----	81
제 3 절 과피흑변 방지를 위한 환경조건 구명과 처리 -----	91
1. 과피흑변 발생에 미치는 과원환경 및 약제처리의 영향 -----	98
2. 봉지 내 미기상이 과피흑변 발생에 미치는 영향 -----	108
3. 과피흑변 방지를 위한 저장 전 heating 및 coating 처리 효과 ----	115
제 4 절 가공용 분말원료 및 가공품 개발 -----	122
1. 가공용 분말원료 제조 -----	122
2. 분말원료를 이용한 요쿠르트 제조 -----	135
3. 단감 분말을 이용한 고추장 조제 및 저장기간 중 미생물군 조사 --	145
4. 단감 분말을 이용한 잼(Jam) 조제 -----	150

제 5 절	변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구 -----	154
1.	변색 유기에 관한 생리화학적 요인분석 -----	157
2.	변색 유기에 관한 해부학적 요인분석 -----	165
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	181
제 5 장	연구개발 결과의 활용계획 -----	184
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보 -----	185
제 7 장	참고문헌 -----	185

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

국내에서 단감은 227,394톤(2000년, 농림부) 생산되고 있는데, 이 중 변색과 발생으로 인한 손실은 생산량의 30%를 넘어 그 피해가 심각한 수준이다. 단감 변색은 과피흑변과 갈변으로 나타나는데 과피흑변은 재배와 저장에서 발생되고, 갈변은 저장 중 생리장해 현상으로 나타난다. 과피흑변이 발생한 과실은 식용에는 문제가 없으나 상품성이 크게 저하되고, 갈변이 발생한 과실은 이취 등을 동반하므로 식용할 수 없으며 가공도 거의 되지 않는다. 갈변으로 인한 피해는 발생한 농가나 저장고의 경영 자체를 위협하는 수준이다. 최근에는 기온과 습도가 높은 동남아로 주로 수출되고 있는데 변색과 발생이 수출 경쟁력을 약화시키는 큰 요인이 되고 있다. 한편 과잉생산 되고 있는 단감의 소비 확대를 위한 단감 가공품 개발에서도 변색은 상품성과 기호성을 저하시키는 요인이 되고 있다. 이에 재배와 저장에서 과피흑변과 갈변 발생의 원인을 구명하고 이를 방지하고자 하였으며, 이와 더불어 변색을 줄일 수 있는 가공용 분말원료와 몇 가지 가공품을 개발하고자 하였다.

2. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

- 1) 단감은 과피흑변과 갈변으로 인하여 30% 이상의 손실이 발생되고 있으나 이를 효과적으로 방지할 기술이 개발되어 있지 않음.
- 2) '부유' 단감의 MA 저장시 변색과 발생이 재배지역이나 과수원 관리 방법에 따라 차이가 있다는 보고가 있으나 직접적으로 어떤 환경의 차이가 원인인지는 명확하지 않음.
- 3) 변색에 의한 손실을 줄이려면 과실의 크기에 맞는 포장재의 적정 규격이 필요한데, 이에 관한 연구는 전혀 이루어져 있지 않음.
- 4) 단감은 MAP 저장시 생리적 장해인 갈변현상이 발생하는데 장해를 유발하는 산소와 이산화탄소의 한계농도가 명확하게 밝혀져 있지 않음.

5) 이에 변색의 생리, 화학적 원인구명과 아울러 변색을 방지할 수 있는 포장기술 개발과 변색되지 않고 단감 특유의 색과 풍미를 보유할 수 있는 가공품을 개발해야 할 필요성이 제기되었음.

나. 경제·산업적 측면

1) 최근 국내 제 1의 과수인 사과나무는 재배면적이 줄고 있으나 감은 최근 재배면적과 생산량이 크게 증가했다. 감 재배면적(33천 ha)은 사과(46천 ha) 다음으로 국내 과수중 두 번째를 차지하고 있으며 품종이 다양화되지 못하여 만생종인 '부유'가 전체 단감재배면적의 81.9%(1998)를 차지하고 있어 저장성 향상과 소비확대를 통한 적절한 출하조절로 홍수출하로 인한 가격 폭락을 막아야 함.

2) 최근(1999, 2000년) 추출에서 가장 큰 문제로 대두되는 것이 과실의 변색으로 나타나고 있어, 이에 대한 원인구명과 방지대책이 시급함.

3) 저장과 유통중의 손실은 생산지에서의 손실과는 큰 차이가 있다. 생산 당시보다 인건비와 저장기술비가 포함되어 있으므로 손실이 더욱 크게 발생하며 비상품과는 산업쓰레기 문제를 야기시킴.

4) 과수원에 따라 변색과 발생률이 상이하지만 평균 10% 발생율을 기준할 때, 저장물량 3만톤 대비, 60억원에 달하는 과실의 부가가치 보존 효과가 있음.

5) 가공품 개발로 소비를 확대해야 한다. 그러나 가공원료의 수급이 불안정하여 많은 업체가 가공품 개발을 못하고 있는 실정이다. 이에 가공원료가 되는 생과의 저장성 향상과 가공제품의 재료가 되는 분말 원료를 개발하여 연중 공급할 수 있는 체계가 요구됨.

다. 사회·문화적 측면

1) 세계에서 단감이 재배되는 국가는 한국과 일본이 주축을 이루고 일부가 브라질, 뉴질랜드, 이스라엘 등지에서 생산되고 있다. 이런 만큼 단감은 다른 과실에 비해 수출경

쟁력이 높으며 수출을 위해 반드시 요구되는 저장기술개발은 필수적임.

2) 현대의 소비경향은 양에서 질로 옮겨가고 있다. 그러나 국내 생산기술과 저장기술은 이러한 소비경향을 쫓아가지 못해 수입농산물에 비해 국내에서의 경쟁력과 수출경쟁력이 상당히 낙후되어 있는 실정임.

3) 감은 우리민족의 정서가 깊은 민속과수이며, 비타민 A, C가 풍부하고 항균능력이 뛰어난 폴리페놀 물질을 많이 함유하고 있고 한방의 약재로도 쓰이는 우수한 과실이다, 하지만 그 소비층이 장년층에 집중되어 있어 유년층과 청소년층이 손쉽게 접근할 수 있는 가공품의 개발이 절실히 요구됨.

3. 연구개발과제의 범위

가. MA 저장에서 변색의 발생원인 및 방지

- 1) 갈변과 발생에 미치는 예건·예냉, 저장온도 및 필름 두께의 영향
- 2) 갈변과 발생에 미치는 포장 밀봉방법의 영향
- 3) 변색방지를 위한 포장단위와 과실크기별 적정 포장규격

나. CA 모의 실험을 통한 MA-연관 갈변장해 유기 요인 구명 및 생화학 요인과의 연관성

- 1) 갈변장해를 유기하는 기체환경 요인
- 2) 갈변장해를 유기하는 가스의 한계농도
- 3) 갈변장해의 내적요인

다. 과피흑변 방지를 위한 재배조건 구명 및 저장 전 처리

- 1) 과피흑변 발생에 미치는 과원환경 및 약제처리의 영향
- 2) 봉지 내 미기상이 과피흑변 발생에 미치는 영향
- 3) 저장 중 과피흑변 방지를 위한 heating 및 coating 처리 효과

라. 가공용 분말원료 및 가공품 개발

- 1) 가공용 분말원료 제조

- 2) 분말원료를 이용한 요쿠르트 제조
- 3) 분말원료를 이용한 잼, 고추장 제조

마. 변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구

- 1) 변색 유기에 관한 생리화학적 요인분석
- 2) 변색 유기에 관한 해부학적 요인분석

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 갈변의 발생원인과 방지기술

단감 저장 중 갈변의 유형 분석과 유형에 따른 원인 및 방지대책은 세계 최초로 이루어진 것으로서 SCI 논문에 투고할 예정으로 세계적으로 선두에 있다고 말할 수 있다. 그 동안 국내에서 단감 저장 중 갈변의 전형적인 형태인 과정부 과육갈변(초코)의 발생원인에 대한 많은 연구가 있어 왔다. 본 연구도 재배적 측면에서는 그 원인을 명확히 구명하지 못한 숙제를 남기고는 있으나 분명 이제까지의 연구 결과와는 달리 저장 환경적 측면에서 0.5kPa 이하의 저산소가 1차적 원인이고 고이산화탄소가 상가적으로 작용하고 있음을 인위적으로 과정부 과육갈변을 유기시킴으로써 증명하였다. 이런 확실한 요인의 바탕 위에서 현재 재배지역, 토양환경, 수확시기, 예건·예냉, 과실특성과 관계된 상관성 연구가 타 연구자들에 의해서도 진행되고 있는 것으로 알고 있다.

이러한 발생 원인에 대한 이론을 바탕으로 현장에서 큰 과실에서 다량 발생하는 원인을 파악하여 포장 단위와 과실 크기에 따른 최적의 규격을 제공하여 현장에서 실용화되고 있다.

2. 과피흑변의 발생원인과 방지기술

국내에서 과피흑변의 유형을 분류하여 그 유형별 원인을 분석한 것은 본 연구가 처음이다. 본 연구를 통하여 과원의 적지선정과 수형 구성에 의한 습도환경이 과피흑변 발생에 미치는 중요성을 제시했으며, 방제 약제의 약해가 과원의 습도환경에 의해 달리 나타날 수 있고, 약제는 방제 뿐 아니라 과실의 상품성과도 깊이 관련되어 있음을 밝혔다.

단감 저장 중 과피흑변 방지에 관한 연구는 거의 전무한데, 본 연구에서 행한 단감 과면 coating 처리와 열처리는 최근 시도되고 있는 기술로서 만족할 만한 결과를 도출하지는 못했으나 대략의 기준과 가능성을 제시하였다.

3. 가공용 분말원료 및 가공품 개발

가공용 분말원료는 문헌을 통하여 일본에서 생산되고 있는 것으로 알고 있으나 기술 수준에 대한 자료는 없고, 국내에서는 본 연구가 처음으로 그 가능성을 확인하

있고 개발 가치가 있는 기술로 업체와 연계된 연구가 필요한 시기로 보여진다.

단감을 이용한 요쿠르트 제조 또한 세계적으로 본 연구가 처음 시도되었으며, 상품화에 큰 문제가 없는 단계로 평가된다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 MA 저장에서 변색의 발생원인 및 방지

1. 갈변과 발생에 미치는 예건·예냉, 저장온도 및 필름 두께의 영향

가. 서 언

‘부유’ 단감 저장에서 품질을 저하시키는 주 요인은 과실의 변색과 연화로 나타난다. ‘부유’ 단감의 변색은 크게 나누어 과피흑변과 과정부 과육갈변(초코)으로 과피흑변은 주로 큐티클층의 균열부분이나 상해를 입은 과피부분에 국한되어 나타나며 과육까지 진전되지 않아 식용에는 별 문제가 없으나 과정부 과육갈변은 과피 뿐 아니라 과육까지 진전되며 이취를 동반하므로 식용할 수 없어 큰 손실을 준다(Kim, 1995; Shin 등, 1994; Yang 등, 1999). 국내에서 저장되는 ‘부유’ 단감은 polyethylene(PE) 필름 봉지에 과실을 5개씩 넣어 저장하는 modified atmosphere(MA) 방식을 사용하고 있다. 이러한 MA 저장은 포장을 통하여 저장 중 수분증발이 억제되고 생산물의 호흡작용에 의해 포장 내의 기체조성이 일반 대기보다 높은 이산화탄소 농도와 낮은 산소농도가 유지되어 생산물의 호흡속도가 감소되므로 저장 기간 중 품질변화를 지연시키는 효과를 이용하고 있다(Ben-Arie와 Zutkhi, 1992; Kader, 1986; Tarutani, 1960). 그러나 이런 MA 저장은 조건이 적절하면 상당히 우수한 저장력을 발휘하나 그렇지 못할 때에는 부적합한 가스 조성으로 변색장해가 발생된다. 과피흑변은 포장 내 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 조건에서 많이 발생되고 과정부 과육갈변은 이와 반대로 산소 농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 조건에서 많이 발생하는 것으로 보고되었다(Lee, 1998). Lee 등 (1999, 2000)은 포장 내에 갈변을 유기하는 저산소와 고이산화탄소 같은 부적절한 가스 농도가 조성되는 데에는 포장의 두께와 과실 중량에 대한 포장의 면적이 매우 큰 요인으로 작용한다고 하였다. 하지만, 배에서 발생하는 변색장해는 과실의 저장 전 처리 조건에 크게 영향 받는 것으로 알려져 있으며(Choi 등, 1995; Park과 Kwon, 1999) 또한 현장에서 ‘부유’ 단감의 저장 전 처리 조건이 갈변과 발생에 미치는 영향이 큰 것으로 전해지고 있다. 뿐만 아니라 ‘부유’ 감은 일반적으로 0℃에 저장되어

왔으나(Kawada, 1982; Lee와 Yang, 1997; Tarutani, 1960) 최근 현장에서는 0°C이하에서 저장되는 경우가 많은데 그 이유는 장기 저장 시 발생하는 연화를 억제하기 위한 것으로 보인다. 저장 온도가 낮을수록 과실의 경도유지와 저장수명 연장에 유리하나 상당수의 원예작물에서 저온장해(chilling)가 발생되며 그 증상은 일반적으로 pitting을 동반하는 갈변으로 표출되고 있다(Abe, 1990; Sala, 1998). 이에 본 연구에서는 저장 전 처리 조건과 저장온도 및 포장의 두께를 조합하여 저온과 저산소가 '부유' 단감 저장에서 갈변 장해발생에 미치는 영향을 보고자 하였다.

나. 재료 및 방법

1) 예건 시험

1999년 11월 7일에 울산시 범서면 척과리에 위치한 경사지에서 관행적으로 재배된 '부유'(Diospyros kaki T. cv. Fuyu) 단감을 수확하여 6시간만에 실험실로 옮겨 처리하였다(Table 1). 수확 후 급속한 예냉 처리(PCI)는 실험실에 도착직후 포장하지 않은 상태로 $-1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에 30시간 처리 후 포장하여 저장하였고, 예건 6시간 처리(PD6h)는 수확 후 실험실까지 이동한 시간을 예건 처리시간으로 간주하여 곧바로 포장 후 저장하였다. 나머지는 수확시간을 기준으로 상온($16\pm 3^{\circ}\text{C}$)에서 3일(PD3d), 6일(PD6d), 9일(PD9d), 14일(PD14d) 둔 후 포장하여 저장하였다. 과실은 상처과, 병과, 연화과 등을 제하고 중량과 색도가 비슷한 과실을 사용하였다. 사용된 과실의 평균 중량은 223 g 이었으며, 두께 $55\mu\text{m}$, 폭이 14cm인 PE 필름 봉지에 과실을 5개씩 넣어 각 처리 당 8봉지씩 저장하였으며 1봉지를 1반복으로 통계처리 하였다. 저장온도는 $-0.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 관리되었으며, 냉각기의 서리 제거는 하루에 세 번 20분 간행하였다.

2) 예냉온도 시험

2000년 11월 11일에 전년도의 예건시험과 동일한 과원에서 재배된 '부유'(Diospyros kaki T. cv. Fuyu) 단감을 수확하여 $16\pm 3^{\circ}\text{C}$ 에서 3일 예건한 후 선과하여 $-1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (PC-1)와 $1\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (PC+1)에 30시간 예냉한 후 포장하여 저장하였다. 나머지 처리는 전년도의 예건시험 조건과 동일하였다.

3) 저장온도 시험

2000년 11월 11일에 전년도의 예건시험과 동일한 과원에서 재배된 '부유'(Diospyros kaki T. cv. Fuyu) 단감을 수확하여 $16\pm 3^{\circ}\text{C}$ 에서 3일 예건한 후 선과

Table 1. Conditions for treatments.

Treatments	Mark ^z	Harvest date	Predrying temp.(°C) /time(hr)	Precooling temp.(°C) /time(hr)	Storage temp.(°C)	Film thickness(μm)
Pre-drying	PCI	1999.11.7	16±3/6	-1.0±0.5/30	-0.5±0.5	55
	PD6h	1999.11.7	16±3/6	None	-0.5±0.5	55
	PD3d	1999.11.7	16±3/72	None	-0.5±0.5	55
	PD6d	1999.11.7	16±3/144	None	-0.5±0.5	55
	PD9d	1999.11.7	16±3/216	None	-0.5±0.5	55
	PD14d	1999.11.7	16±3/336	None	-0.5±0.5	55
Pre-cooling temp.	PC-1	2000.11.11	16±3/72	-1.0±0.5/30	-0.5±0.5	55
	PC+1	2000.11.11	16±3/72	1.0±0.5/30	-0.5±0.5	55
Storage temp.	ULT55	2000.11.11	16±3/72	None	-1.0±0.5	55
	ULT65	2000.11.11	16±3/72	None	-1.0±0.5	65
	LT55	2000.11.11	16±3/72	None	1.0±0.5	55
	LT65	2000.11.11	16±3/72	None	1.0±0.5	65

^zPre-cooling immediately at -1°C for 30 hours after pre-drying of 6 hours(PCI), pre-drying for 6 hours(PD6h), 3 days(PD3d), 6 days(PD6d), 9 days(PD9d), 14 days(PD14d), pre-cooling at -1°C(PC-1) or 1°C(PC+1) for 30 hours after pre-drying of 72 hours, stored at -1°C(ULT) or 1°C(LT) conjugated with PE film thickness of 55μm and 65μm after pre-drying of 72 hours

^{*}Mean separations within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

하여 극저온(-1±0.5°C, ULT)과 저온(1±0.5°C, LT)조건에 포장의 두께(55μm, 65μm)를 조합하여 처리하였다. 나머지는 전년도의 예건시험 조건과 동일하였다.

4) 갈변조사

Table 2와 Fig. 1의 기준에 의해 저장 후 75일과 150일 두 번 조사하여 발생률로 나타내었다.

5) 가스분석

감이 포장된 PE 필름 봉지 안의 기체 1ml를 취하여 Gas chromatography

(Shimadzu, GC-17A, stainless steel 3.2mm×2m)로 정량하였다. 산소는 Molecular sieve 60-80 mesh column, 이산화탄소는 Polapak Q 80-100 mesh column을 사용하여 thermal conductivity detector로 검출하였으며 injector port와 detector port의 온도는 150℃이었고 oven의 온도는 80℃이었다. Carrier gas는 Helium을 사용했으며 flow rate는 40ml/min이었다.

6) 정도

과실 정도계를 사용하여(木屋製作所, Cat. No. 166) 과실 적도부분의 과피를 제거하고 측정하였다. 이때 plunger의 직경은 5mm이었다.

다. 결과 및 고찰

예건과 예냉 및 저장온도 조건에 따라 '부유' 단감 MA 저장의 전형적인 형태로 알려져 있는 과정부 과육갈변 외에 네 종류의 갈변이 더 발생했는데 그 증상과 발생 부위에 따라 분류하면 Table 2 및 Fig. 1과 같다. 과정부(style end)에 특이하게 발생하는 과육갈변은 두 종류였는데, 과정부에 발생하고 변색부위와 정상부위의 경계가 명확한 '초코'로 불리는 과정부 과육갈변(top flesh browning)과 이에 비해 발생 위치는 동일하나 연화를 동반하고 갈변부위와 정상부위의 경계가 명확하지 않는 연화형 과육갈변(soft top flesh browning)으로 나타났다. 반점형 함몰갈변(pitted specks browning)은 왁스층과 표피조직은 건전한 상태에서 작은 원형으로 과육이 함몰되었다. 확산형 과육갈변(flesh blotch browning)은 갈변부위가 넓게 확장되며 과육부위도 갈변되는데 왁스층은 정상적으로 남아있었다. 이에 비해 리본형 과피갈변(pitted blotch browning)은 변색이 과피조직에 국한되었고 특이하게 왁스층이 파괴되어 과피가 거친 요철형태로 나타났다. 이처럼 발생 형태와 부위가 뚜렷이 구분되는데 이러한 조직특이성은 장해현상이 부적합한 MA 환경과 더불어 특정 과실조직의 가스확산능이나 온도 및 대사작용과 관련되고 있음을 암시하는 것으로 보인다.

저장 75일째 갈변장해의 가장 전형적인 형태인 과정부 과육갈변은 예건시험(Table 3)에서는 거의 발생되지 않았고, 예냉 온도 시험(Table 4)에서는 4%(PC-1), 8%(PC+1)의 발생률을 보였으나 저장온도 시험(Table 5)에서는 65 μ m 두께의 포장재를 사용하여 -1℃의 저온에 저장한 처리(ULT65)에서 45%의 높은 발생률을 보여 과정부 과육갈변은 예건이나 예냉의 영향보다는 필름 두께와 극저온 저장에 매우 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 동일한 두께에서 포장 내 산소농도가 1℃(LT)에 저장

한 것보다 -1°C (ULT) 저장에서(Table 5) 낮으므로 극저온(-1°C)과 극저산소(0.3%) 중 어느 것이 과정부 과육갈변에 더 큰 영향을 미치는지를 명확히 설명하기는 어려우나 극저온으로 인해 낮아진 극저산소에 의해 과정부 과육갈변과가 다량(45%) 유지된 것으로 생각된다. Park 등(2001)은 0°C 의 controlled atmosphere(CA) 저장에서 이산화탄소 농도가 10-12%로 높은 조건에서도 산소농도 0.5%이상에서는 과정부 과육갈변이 전혀 발생하지 않았으나 0.3% 이하의 극저산소에서는 다량 발생된다고 하였는데 이는 과정부 과육갈변이 매우 critical한 수준의 산소 농도에 영향을 받는 단적인 예로 본 시험의 결과와도 일치하는 것으로 생각된다. 저장 75일에 예건시험의 6일 예건(PD6d)에서 산소농도 0.33%보다 $65\mu\text{m}$ 두께의 -1°C 저장(ULT65)에서 측정된 산소 농도가 0.39%로 높으나 과정부 과육갈변 발생이 오히려 많은 것은 극저온의 직접적인 영향이기보다는 이산화탄소 농도가 10.3%(ULT65)로 5.8%(PD6d)에 비해 매우 높은 것으로 볼 때 과정부 과육갈변 발생전인 저장 초기의 산소농도는 이보다 더욱 낮았을 것으로 사료되기 때문이다. 그러면 어떻게 저온 저장보다 극저온 저장에서 포장 내 산소농도는 낮고 이산화탄소 농도는 높았는가 하는 것이다. 이는 과실의 일반적인 호흡이론과는 완전히 상반되는 매우 특이한 결과이기 때문이다. 그 이유에 대해서는 더 연구되어야 하겠으나 극저온 조건에서 과실이 스트레스를 극복하기 위해 이상호흡을 일으켰을 가능성(Lyons와 Breidenbach, 1990)과 온도가 낮을수록 PE필름의 투과도가 떨어져 온도저하로 인한 과실의 호흡감소속도보다 포장의 기체 투과저하속도가 더 빨랐을 가능성이 있는데 이 둘이 복합적으로 작용했을 수도 있을 것으로 생각된다. 하지만, 무엇보다 중요한 것은 본 시험의 결과로 볼 때 (ULT55) 포장 두께를 얇게하여 포장 내 산소농도를 1% 이상으로 유지시킨다면 극저온조건에 처해져도 과정부 과육갈변이 발생되지는 않을 것으로 사료된다.

리본형 과피갈변은 수확 후 갑작스런 예냉 처리구(PCI, Table 3)에서 그 발생률이 가장 높았고(90%), 다음으로 예건 후 예냉 처리(32-44%, Table 4), 6시간의 짧은 예건(30%, PC6h, Table 3), 낮은 저장온도(15-20%, ULT, Table 5)의 순으로 나타났는데 이는 갑작스런 저온 조우가 매우 큰 영향을 미치고 다음으로 저온의 영향을 받는 것으로 생각된다. 과피의 왁스층이 파괴되는 것 같은 이러한 형태의 pitting browning은 저온과 관계없이 과실내 산소농도와 이산화탄소 농도에 의해서만 발생하는 경우도 있으나(Petracek 등, 1998) 일반적으로 대부분의 원예작물에서 저온에 의한 장해(chilling injury)시 나타나는 증상으로 인식되어 있다(Abe, 1990). 하지만

이러한 저온장해는 저온의 영향만 받는 경우와 저온과 산소 및 이산화탄소의 영향을 동시에 받는 경우가 있으며 이 때 산소 및 이산화탄소는 작물에 따라 저온장해 발생을 증가시키기도 하고 감소시키기도 하는 것으로 알려져 있다(Forney와 Lipton, 1990). Park 등(2001)은 저장온도가 동일한 ‘부유’ 단감의 CA 저장에서 리본형 과피갈변은 0.3% 이하의 낮은 극저산소 조건에서 그 발생이 높다고 하였다. 본 연구에서 갑작스런 극저온이나 저온 조우, 극저온 저장에서 발생이 높아 과정부 과육갈변 보다는 저온에 더 민감한 것으로 생각된다. 그러나 같은 온도조건에서는(Table 5) 산소농도가 낮을수록 발생률이 높은 것을 볼 때 과정부 과육갈변 보다는 산소에 덜 민감하나 리본형 과피갈변 역시 1% 이하의 낮은 산소농도와 복합될 때 매우 심하게 발생되는 것으로 사료된다. 반점형 함몰갈변과 확산형 과육갈변 또한 통계적 유의성이 높지는 않으나 갑작스런 예냉 처리(PCI)와 짧은 기간의 예건 처리(PD6h)에서 많이 발생하는 경향을 보였다. 수확 후 갑작스런 예냉(PCI)에서는 일부 과피에 진한청색에서 흑색에 이르는 변색이 동반되었으며 저장 후 상온에서 더욱 진행되는 현상이 있었다.

연화형 과육갈변은 예건 일수가 오래된 처리구에서 150일간의 장기저장에서 발생했다. 저장 150일에 조사된 산소와 이산화탄소 농도는 예건 9일과 14일 처리구가 다른 처리구에 비해 산소 농도는 낮고 이산화탄소 농도는 다소 높은 편이었다. 감은 완숙기(late-stage)를 지나 과숙기(over-ripe stage)에서 호흡이 상승하는 post-climacteric rise fruit로 숙성을 지나 연화를 동반하는 노화단계에 접어들 때 호흡이 상승하는 것으로 알려져 있다(Takata, 1967; Iwata 등, 1968). 연화형 과육갈변은 과정부 과육갈변과 발생부위는 같으나 과정부 과육갈변보다 발생시기가 늦고 갈변이 발생한 부위와 발생하지 않은 부위 사이의 경계가 명확하지 않으며 갈색이 연하고 연화를 동반하는 특징을 지닌다(Table 2, Fig.1), 이러한 연화형 과육갈변은 post-climacteric rise로 인해 포장 내 다소 낮아진 산소와 높아진 이산화탄소의 영향과 또 ‘부유’ 감의 숙성과 연화가 과실의 정부에서 먼저 진행되는데, 이로 인한 조직 내의 기체확산속도 저하(Park, 1990)와 세포막의 투과성 증대로 산화 기질 등이 세포 밖으로 누출(Choi, 1998; Lee, 1998)되는 등의 요인이 복합적으로 관여하여 갈변이 발생된 것으로 사료된다.

이상의 결과를 보면 ‘부유’ 단감 MA 저장에서 발생하는 갈변현상은 저산소 뿐 아니라 갑작스런 저온 조우와 극저온 저장의 영향을 상당히 받은 것으로 나타났다. 갈

변 발생을 줄이기 위해서는 예냉을 피하고 예건을 오래하고 포장의 두께를 얇게 하며 저장온도는 극저온을 피해 다소 높게 하는 것이 유리할 것으로 보인다. 그러나 이렇게 하면 과실이 연화되어 저장기간이 단축되고 상품성을 잃게 된다(Table 6). 결론적으로 갈변을 피하고 연화를 억제하기 위해서는 3-4일 정도의 예건을 실시하고 포장내의 산소농도를 1%정도 유지하면서 저장온도를 -1°C 정도로 하는 것이 최적의 저장 조건이 될 것으로 사료된다.



Fig.1 Classification of browning disorder symptoms caused by low oxygen and low temperature in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruits.

A, a: Top flesh browning B, b: Soft top flesh browning C, c: Pitted specks browning
 D, d: Flesh blotch browning E, e: Pitted blotch browning

Table 2. Classification of browning disorder symptoms caused by low oxygen and low temperature in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruits.

Type	Symptom	Occurring portion
Top flesh browning (TFB)	<ul style="list-style-type: none"> • chocolate colored • sound epidermis • affect to the flesh • off-flavor 	<ul style="list-style-type: none"> • typically starts on the top(style end) and radially expands to the equatorial zone
Soft top flesh browning (STFB)	<ul style="list-style-type: none"> • chocolate colored • sound epidermis • affect to the flesh with softening 	<ul style="list-style-type: none"> • typically starts on the top(style end) and radially expands to the equatorial zone
Pitted specks browning (PSB)	<ul style="list-style-type: none"> • sunken specks • sound epidermis 	<ul style="list-style-type: none"> • not specific, usually equator
Flesh blotch browning (FBB)	<ul style="list-style-type: none"> • broad area • sound epidermis • affect to the flesh 	<ul style="list-style-type: none"> • usually bottom to equator
Pitted blotch browning (PBB)	<ul style="list-style-type: none"> • ribbon-, belt-shaped • damaged cuticle layer • affect only epidermal portion 	<ul style="list-style-type: none"> • starts with small spots on top → develops into ribbon shape on bottom to equator

Table 3. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag and incidence of browning in MA storage of 'Fuyu' persimmon affected by pre-drying treatments.

Treatments ^z	Oxygen (%)	Carbon dioxide (%)	Occurrence rate(%)					Total browning
			TFB ^y	STFB ^x	PSB ^w	FBB ^v	PBB ^u	
<i>75 days after storage</i>								
PCI	0.47 ab ^t	6.3 a	0 a	0 a	10 a	0 a	90 a	90 a
PD6h	0.65 a	4.9 c	5 a	0 a	5 a	0 a	30 b	40 b
PD3d	0.37 b	5.6 b	0 a	0 a	0 a	0 a	20 b	20 bc
PD6d	0.33 b	5.8 b	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	0 c
PD9d	0.45 ab	5.5 b	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	0 c
PD14d	0.45 ab	5.8 b	0 a	0 a	0 a	0 a	20 b	20 bc
<i>150 days after storage</i>								
PCI	0.68 ab	5.9 ab	0 a	0 b	15 ab	15 a	80 a	80 a
PD6h	0.80 a	5.7 b	0 a	0 b	20 a	10 ab	35 b	65 a
PD3d	0.73 ab	5.4 c	0 a	0 b	0 b	5 b	20 bc	25 b
PD6d	0.52 b	6.0 a	0 a	0 b	5 ab	0 b	0 c	5 b
PD9d	0.47 b	6.1 a	0 a	5 b	5 ab	5 b	0 c	15 b
PD14d	0.47 b	6.1 a	0 a	27 a	0 b	0 b	1.7 c	27 b

^zPre-cooling immediately at -1°C for 30 hours after pre-drying of 6 hours(PCI), pre-drying for 6 hours(PD6h), 3 days(PD3d), 6 days(PD6d), 9 days(PD9d), 14 days(PD14d), ^yTop flesh browning ^xSoft top flesh browning ^wPitted specks browning ^vFlesh blotch browning ^uPitted blotch browning

^xMean separation within each storage period columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 4. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag and incidence of browning in MA storage of 'Fuyu' persimmon affected by pre-cooling temperature.

Treatments ^z	Oxygen (%)	Carbon dioxide (%)	Occurrence rate(%)				Total browning
			TFB ^y	PSB ^x	FBB ^w	PBB ^v	
<i>75 days after storage</i>							
PC-1	0.56 a ^u	6.9 a	4.0 a	0.0 a	0.0 a	32.0 a	36.0 a
PC+1	0.66 a	6.9 a	8.0 a	4.0 a	0.0 a	44.0 a	52.0 a
<i>150 days after storage</i>							
PC-1	0.68 a	6.3 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	40.0 a	40.0 a
PC+1	0.58 a	6.7 b	0.0 a	8.0 a	0.0 a	32.0 a	36.0 a

^zPre-cooling at -1°C(PC-1) or 1°C(PC+1) for 30 hours after pre-drying of 72 hours ^yTop flesh browning ^xPitted specks browning ^wFlesh blotch browning ^vPitted blotch browning ^uMean separation within each storage period columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 5. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag and incidence of browning in MA storage of 'Fuyu' persimmon affected by storage temperature conjugated with PE film thickness.

Storage temperature (°C)	PE film thickness (µm)	Mark ^z	Oxygen (%)	Carbon dioxide (%)	Occurrence rate(%)				Total browning
					TFB ^y	PSB ^x	FBB ^w	PBB ^v	
<i>75 days after storage</i>									
-1±0.5	55	ULT55	0.58 a ^u	6.8 d	0.0 b	5.0 a	0.0 a	15.0 a	20.0 b
	65	ULT65	0.39 b	10.3 a	45.0 a	0.0 a	0.0 a	20.0 a	65.0 a
1±0.5	55	LT55	0.63 a	8.0 c	0.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 b
	65	LT65	0.49 ab	9.3 b	0.0 b	0.0 a	0.0 a	5.0 a	5.0 b
Storage temperature(St)			NS	NS	***	NS	NS	NS	***
PE film thickness(Pt)			**	***	***	NS	NS	NS	**
St×Pt			NS	**	***	NS	NS	NS	*
<i>150 days after storage</i>									
-1±0.5	55	ULT55	0.55 a	6.6 b	10.0 b	10.0 a	0.0 a	0.0 a	20.0 b
	65	ULT65	0.43 b	8.3 a	50.0 a	0.0 b	0.0 a	5.0 a	55.0 a
1±0.5	55	LT55	0.65 a	7.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 b
	65	LT65	0.43 b	8.7 a	5.0 b	0.0 b	0.0 a	0.0 a	5.0 b
Storage temperature(St)			NS	*	***	NS	NS	NS	***
PE film thickness(Pt)			***	***	***	NS	NS	NS	*
St×Pt			NS	NS	**	NS	NS	NS	NS

^zStored at -1°C(ULT) or 1°C(LT) conjugated with PE film thickness of 55µm and 65µm after pre-drying of 72 hours. ^yTop flesh browning ^xPitted specks browning ^wFlesh blotch browning ^vPitted blotch browning ^uMean separation within each storage period columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

NS,*,**,***No significant or significant at the 5%, 0.1% or 0.01% levels, respectively.

Table 6. Flesh firmness of 'Fuyu' persimmon after 150 days storage affected by pre-drying, pre-cooling temperature and storage temperature.

Treatments	Mark ^z	Flesh firmness(kg/5mm [¶])
Pre-drying	PCI	3.0 a
	PD6h	2.6 bc
	PD3d	2.7 b
	PD6d	2.4 cd
	PD9d	2.2 d
	PD14d	1.1 e
Pre-cooling temp.	PC-1	2.7 a
	PC+1	2.7 a
Storage temp.	ULT55	3.3 a
	ULT65	3.3 a
	LT55	2.5 b
	LT65	3.3 a

^zPre-cooling immediately at -1°C for 30 hours after pre-drying of 6 hours(PCI), pre-drying for 6 hours(PD6h), 3 days(PD3d), 6 days(PD6d), 9 days(PD9d), 14 days(PD14d), pre-cooling at -1°C(PC-1) or 1°C(PC+1) for 30 hours after pre-drying of 72 hours, stored at -1°C(ULT) or 1°C(LT) conjugated with PE film thickness of 55 μ m and 65 μ m after pre-drying of 72 hours

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

라. 요약

‘부유’ 단감 MA 저장에서 저장 전 예건시간(6시간, 3일, 6일, 9일, 14일, 16℃)과 예냉온도(-1℃, 1℃, 30시간) 및 저장온도와 PE 필름의 두께(55 μ m, 65 μ m)를 조합한 시험에서 저산소와 저온이 갈변 발생에 미치는 영향을 보고자 본 연구가 수행되었다. ‘부유’ 단감 MA 저장에서 나타나는 갈변의 전형적인 형태인 과정부 과육갈변외에 연화형 과육갈변, 반점형 함몰갈변, 확산형 과육갈변, 리본형 과피갈변이 발생했다. 과정부 과육갈변은 예건이나 예냉처리에서는 거의 발생되지 않았고, 두께 65 μ m 포장의 -1℃ 저장에서 45% 발생했다. 리본형 과피갈변은 수확 후 갑작스런 예냉 처리에서 발생률이 가장 높았고(90%), 다음으로 예건 후 예냉처리(32-44%), 6시간의 짧은 예건(30%), 극저온 저장(15-20%)의 순이었다. 과정부 과육갈변은 극저온(-1℃)에 의해 조성된 극저산소(0.3% 이하)가, 리본형 과피갈변은 갑작스런 저온조우와 1%이하의 저산소 조건에서 극저온이 발생의 원인으로 생각된다. 갈변을 피하고 동시에 연화를 방지하기 위해서는 3-4일 정도의 예건을 실시하고 포장내의 산소농도를 1%, 저장온도를 -1℃ 정도로 유지하는 것이 최적의 저장조건이 될 것으로 사료된다.

마. 인용문헌

- Abe, K. 1990. Ultrastructural changes during stress, p. 71-84. In: C.Y. Wang, (eds.). Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ben-Arie, R. and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life of ‘Fuyu’ persimmon by modified-atmosphere packaging. HortScience 27:811-813.
- Choi, S.J. 1998. The relationship among flesh browning, membrane permeability, and fatty acid composition in ‘Fuyu’ persimmon fruit. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 5:35-39
- Choi, S.J., Y.P. Hong, and Y.B. Kim. 1995. Prestorage treatments to prevent fruit skin blackening during cold storage of ‘Niitaka’ pear fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:218-223
- Forney, C.F. and W.J. Lipton. 1990. Influence of controlled atmospheres and packaging on chilling sensitivity. p. 257-267. In: C.Y. Wang, (eds.). Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Iwata, T., K. Nakagawa, and K. Ogata. 1968. Relationship between the ripening

- of harvested fruits and the respiratory pattern. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 38:194-201.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40(5):99-104.
- Kawada, K. 1982. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruit and vegetables. p. 87-99. In: D. G. Richardson and M. Meheriuk (eds.), Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodity. Sym. 1. Corvallis. Ore. Timber Press. Beaverton. Ore.
- Kim, Y.S. 1995. Shelf-life extension after CA storage and optimum storage condition of 'Fuyu' persimmon fruits. M.S. Thesis., Seoul National Univ., Seoul.
- Lee, E.J. and Y.J. Yang. 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 38:516-519.
- Lee, Y.J. 1998. Developmental aspects and causal factors affecting the incidence of black stain and flesh browning disorder during storage of 'Fuyu' persimmon (*Diospyros kaki* T.). PhD Diss., Dong-A Univ., pusan.
- Lee, Y.J., Y.M. Lee, O.C. Kwon, S.J. Jeong, Y.B. Lee, Y.S. Cho, Y.M. Park and T.C. Kim. 2000. Effects of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 41:71-74.
- Lee, Y.M., O.C. Kwon, Y.S. Cho, Y.M. Park, and Y.J. Lee. 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:585-590.
- Lyons, J.M., and R.W. Breidenbach, 1990. Relation of chilling stress to respiration. p. 223-233. In: C.Y. Wang, (eds.). Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Park, Y.M. 1990. Gas exchange in apples: pathway for gas exchange, changes in resistance to gas diffusion during fruit development and storage, and factors affecting the changes. PhD Diss., Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Park, Y.M., K.Y Kwon. 1999. Prevention of the incidence of skin blackening by postharvest curing procedures and related anatomical changes in 'Niitaka' pears. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:65-69.
- Park, Y.M., Y.J. Lee, O.C. Kwon, Y.S. Cho, T.C. Kim. 2001. Ultra-low oxygen controlled atmosphere induces top flesh browning disorder in 'Fuyu' persimmon fruit. *Kor. J. Hort. Sci. & Technol. Supplement(1):43.* (Abstr.)
- Petracek, P.D., H. Dou, and S. Pao. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. *Postharvest Biol. Technol.* 14:99-106.
- Sala, J.M. 1998. Involvement of oxidative stress in chilling injury in cold-stored mandarin fruits. *Postharvest Biol. and Tech.* 13:255-261.
- Shin, I.S., S.K. Lee, and Y.M. Park. 1994. Factors involved in discoloration of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 35:155-164.
- Takata, M. 1967. Changes of respiration rate during development and ripening of Japanese persimmon and tomato fruits. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 35:95-100.
- Tarutani, T. 1960. Effect of some packing materials in the cold storage on the fruit quality 'Fuyu' variety. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 29:212-218.
- Yang, Y.J., S.J Choi, and C.H Lee. 1999. Effects of exposure to elevated CO₂ atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:352-354.

2. 갈변과 발생에 미치는 포장 밀봉방법의 영향

가. 서 언

국내에서 저장되는 ‘부유’ 단감은 polyethylene(PE) 필름 봉지에 과실을 5개씩 넣어 $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ 에 저장하는 modified atmosphere packaging(MAP) 방식이다. 이러한 MAP 저장은 저장 중 포장을 통하여 수분증발이 억제되고 생산물의 호흡작용에 의해 포장 내의 기체조성이 일반 대기보다 높은 이산화탄소 농도와 낮은 산소농도가 유지되어 생산물의 호흡속도가 감소되므로 저장 기간 중 품질변화를 지연시키는 효과를 이용한다(Kader, 1986; Tarutani, 1960; Ben-Arie와 Zutkhi, 1992). 그러나 이런 MAP 저장은 조건이 적절하면 상당히 우수한 저장력을 발휘하나 그렇지 못할 때에는 부적합한 가스 조성으로 변색장해가 발생된다(Lee, 1998). ‘부유’ 단감 MAP 저장 시 포장 내의 적정 이산화탄소 농도는 4-7%, 산소농도는 1-3%로 알려져 있으며, 포장 내에 적정 이산화탄소와 산소농도가 유지되기 위해서는 산물의 호흡속도와 필름을 통한 이산화탄소와 산소의 출입이 적절한 조화를 이루어야 하는데, 이것에는 과실의 중량에 대한 필름의 두께와 면적이 크게 관여하는 것으로 알려져 있다(Lee, 2000).

국내에서 1970년대부터 시작되어(Min과 Oh, 1975) 약 30여년 동안 사용되어 오고 있는 ‘부유’ 단감의 5개들이 MAP 저장방식은 과실을 넣고 남은 여분의 필름을 사용하여 수작업으로 밀봉을 하고 있는데 농장과 작업자마다 그 양상에 차이가 있다. 그런데 밀봉부위를 통한 기체의 이동이 포장 내의 기체조성에 영향을 미칠 수 있으므로 밀봉방법에 대한 기준이 필요한 것으로 생각되었다. 또한 이 방식은 많은 노동력을 필요로 하므로 특히 수확 시 노동력 부족이 초래되고 있는 현실에서 기계화를 통한 포장작업의 자동화가 절실히 요구되고 있다. 포장 작업의 자동화에 있어 PE 필름의 두께와 면적에 대한 고려는 어느 정도 인식되어 있으나 밀봉방법이 저장성에 미칠 수 있는 영향은 고려되고 있지 않는 것 같다. 이에 현행 사용되는 PE 필름을 이용하여 밀봉의 강도를 달리하고 또 자동화 포장에서 활용가능성이 높은 열접착과 고무밴드를 사용하여 밀봉의 강도와 방법에 따른 변색장해 발생과 자동화 포장을 위한 밀봉방법에 있어 그 기초자료를 얻고자 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

1) 공시과실 및 처리

울산시 범서면 척과리에 위치한 경사지에서 관행적으로 재배된 ‘부유’(*Diospyros kaki* T. cv. Fuyu) 단감을 11월 초에 수확, 상온에서 3일 예건하여 상처과, 병과, 연화과 등을 제하고 과실의 중량과 색도가 비슷한 과실을 사용하였다. 사용된 과실의 평균 중량은 223g 이었으며 PE 필름의 두께는 55 μ m, 봉지의 폭은 14cm이었다. 다섯 개의 과실을 넣은 PE 필름 봉지를 보통밀봉(normal hand sealing), 강한밀봉(tight hand sealing), 공기제거+보통밀봉(air removal+normal hand sealing), 고무밴드밀봉(rubber band sealing), 열접착(heat sealing)의 다섯 처리를 10반복으로 행하였다. 이때 봉지의 한쪽 끝에서 밀봉한 곳까지의 길이는 360mm로, 포장 내의 초기 공기량은 공기제거+보통밀봉은 200ml로 나머지 처리구는 400ml로 조정하였다. 보통밀봉과 강한밀봉은 현재 관행으로 사용되는 방법으로 과실을 넣고 남은 봉지의 여분을 한 바퀴 회전하여 매듭밀봉 하였다. 이 둘의 차이는 밀봉한 매듭의 단단한 정도인데 그 정도는 매듭부분을 절취하여 그 중량을 측정했을 때 보통밀봉의 매듭은 1.10g, 강한밀봉의 매듭은 0.81g 되게 하였다. 공기제거+보통밀봉은 포장내의 공기를 제거한 후 보통밀봉 하였다. 고무밴드밀봉은 여분의 PE 필름을 모아 접은 후 고무밴드를 사용하여 6회 감아 밀봉하였다. 열접착은 필름 열접착기를 사용하여 두 겹의 필름을 주름 없이 편 상태에서 열접착하였다. 저장고 온도는 -0.5-0.0 $^{\circ}$ C에서 관리되었다.

2) 과피흑변 및 갈변의 발생률과 발생면적률

과실의 표면에 발생한 과피흑변과 갈변을 육안으로 관찰하여 다음과 같이 나타내었다. 발생률(% occurrence)은 ‘발생과실 수/총 조사과실 수 \times 100’으로 발생면적률(% occurrence area)은 ‘발생된 과피 면적/총 조사과실의 면적 \times 100’으로 조사하였다.

3) 가스분석

감을 포장한 PE 필름 봉지에서 기체 1ml를 취하여 gas chromatography(Shimadzu, GC-17A, SUS 3.2mm \times 2m)로 정량하였다. 산소는 molecular sieve 60-80 mesh column, 이산화탄소는 porapak Q 80-100 mesh column을 사용하여 thermal conductivity detector로 검출하였으며 injector port와 detector port의 온도는 150 $^{\circ}$ C이었고 oven의 온도는 80 $^{\circ}$ C이었다. Carrier gas는 helium을 사용했으며 유속은 40ml/min로 조정하였다.

다. 결과 및 고찰

PE 필름의 두께와 면적이 동일한 조건에서 다섯 개 들이 포장의 밀봉방법에 따라 포장 내의 산소와 이산화탄소의 농도는 달리 조성되었으며, 이는 과실에 변색장해를 유발하는 요인이 될 수 있는 것으로 나타났다. PE 필름이 과실 표면에 완전 밀착되어 포장 내에 기체가 거의 없어 시료를 채취할 수 없었던 열접착 처리구를 제외하면 포장 내의 산소 농도(Table 1)가 높을수록 과피흑변과의 발생(Table 2)이 많았고, 이와 반대로 산소 농도가 낮은 조건에서는 갈변과 발생(Table 3)이 많았다. 이는 단감의 modified atmosphere package(MAP) 저장에서 과피흑변은 산소에 의한 산화로, 갈변은 극저산소에 의한 생리장해로 해석한 Lee 등(1999, 2000)과 Park 등(2001)의 결과와 일치하는 것으로 생각된다. 과피흑변은 모든 처리구에서 발생면적이 과실 표면의 1.0%를 넘지 않았는데 이는 산소농도가 2.0% 이하로 낮았기 때문으로 생각된다. 과피흑변은 전체적으로 발생면적이 적어 큰 문제가 되지는 않았으나 열접착 처리구는 특이하게 과피흑변과와 갈변과의 발생 비율이 동시에 높았는데 갈변과의 발생이 높은 것은 저산소의 원인으로 추정되나, 과피흑변과 발생이 높은 것은 이산화탄소 농도가 과도하게 높은 조건(Yang 등, 1999)에 의한 것인지 PE 필름이 과실 표면에 밀착된 상태에서 과실 표면에 침착되는 수분에 의한 영향인지(Kim 등, 1989; Shin 등, 1994)는 앞으로 더 연구되어야 할 것으로 생각된다. 과실의 경도(자료 미제시)는 고무밴드밀봉에서 다소 낮은 느낌이 있었으나 상품성에는 문제가 없었으며 모든 처리구에서 비교적 높게 유지되어 연화로 인한 손실은 없었다.

150일 저장 후 조사한 포장 내 산소 농도는 고무밴드밀봉(1.91%)은 보통밀봉(0.95%)보다 높았으며, 강한밀봉(0.62%)과 공기제거+보통밀봉(0.61%)은 보통밀봉보다 낮았다. 이산화탄소 농도는 산소 농도에 반비례하는 경향을 보였으나 고무밴드밀봉은 산소농도가 높음에도 불구하고 이산화탄소 농도도 높았다. 이는 고무밴드밀봉이 보통밀봉, 강한밀봉, 공기제거+보통밀봉 처리구 보다는 약간 느슨하게 형성된 밀봉부위를 통한 기체이동의 차이와 포장 내 산소농도에 따라 과실의 이산화탄소 발생량이 달라지는 것이 그 원인으로 작용했을 것으로 생각된다. Kubo 등(1996)은 감은 산소 농도 21%에서 호흡률(CO_2/O_2)이 1.0이며 이보다 산소농도가 낮아지면 호흡속도는 감소하고 호흡률은 증가하나 산소농도 1.0% 부근에서 그 증가량이 가장 낮고 이보다 더욱 산소농도가 낮아지면 오히려 이산화탄소 발생량은 증가한다고 하였다. 즉 고무밴드밀봉은 산소농도 1.0% 부근의 보통밀봉보다 약간 높은 조건에서 이산화탄소 발생이 다소 높았던 것이 아닌가 생각된다.

보통밀봉, 강한밀봉, 고무밴드밀봉, 공기제거+보통밀봉 처리구는 저장 중 포장내 공기량의 변화를 거의 관찰할 수 없었으나 열접착은 특이하게 저장 중 포장내의 공기가 점차 줄어들어 저장 75일째는 공기가 거의 없었다. 열접착에서 이처럼 포장내의 공기가 줄어드는 것은 포장 외부에서 내부로 흡입되는 기체량보다 내부에서 외부로 배출되는 기체량이 많기 때문이다. 기체의 흡입량과 배출량이 이렇게 차이가 나는 것은 PE 필름이 가지는 투과특성이 기체마다 다른 것이 하나의 원인으로 생각된다. PE 필름은 일반적으로 산소보다 이산화탄소에 대한 투과도가 2.0-5.9배 가량 높다. 과실의 호흡으로 높아진 포장 내부의 이산화탄소(6%)는 PE 필름의 투과특성과 외부(0.03%)와의 부분압(partial pressure) 차에 의해 빨리 배출되는데 비해 외부의 산소(21%)는 포장 내부(1%)로 흡입되는 속도가 상대적으로 느리고, 또 이로 인해 포장 내부의 질소 농도는 외부(78%)보다 높아져 내부에서 외부로 배출되기 때문인 것으로 생각된다(Zagory와 Kader, 1988). 또한 감은 일반적으로 호흡률이 1보다 높아 소모되는 산소보다는 생성되는 이산화탄소량이 많으나 이렇게 생성되는 이산화탄소의 양은 PE 필름의 이산화탄소에 대한 높은 투과특성에 의해 배출되는 양에 비하면 미미한 것으로 사료된다. 이로 미루어 볼 때 현재 관행으로 사용되고 있는 PE 필름 매듭밀봉 방법은 PE 필름의 기체에 대한 투과특성과는 무관하게 매듭밀봉 부분을 통해 출입하는 기체가 포장내의 기체조성에 한 요인으로 작용되고 있음을 보여준다.

갈변과 발생률(Table 3)은 보통밀봉과 고무밴드밀봉에서는 전혀 발생하지 않았고 열접착에서 가장 높았으며 다음으로 강한밀봉, 공기제거+보통밀봉 순으로 포장 내 산소 농도가 낮을수록 많이 발생했다. Kawada(1982)와 Lee(2000)는 과실을 날개로 열접착 밀봉한 것이 5개씩 넣어 손으로 매듭밀봉 한 것보다 저장성이 우수하다고 하였다. 날개로 열접착 한 것도 5개를 넣고 열접착 한 것과 마찬가지로 내부 공기가 없어지며 필름은 과실 표면에 밀착된다. 다시 말해서, 열접착으로 인해 포장 내에 공기가 없어지는 자체가 과실에 변색을 초래하는 직접적인 원인은 아닌 것이다. 5개 열접착 포장에서도 매듭밀봉을 통한 기체의 이동이 없어진 만큼 기체가 더 이동할 수 있게 필름의 면적을 늘이든지 두께를 얇게 하면 변색장애는 발생되지 않을 것으로 생각된다. 갈변의 양상은 과정부 과육갈변(top flesh browning, TFB), 반점성 함물갈변(pitted specks browning, PSB), 확산형 과육갈변(flesh blotch browning, FBB), 리본형 과피갈변(pitted blotch browning, PBB)의 네 가지 형태로 Park 등

(2000)의 보고와 유사했다. 이 중 리본형 과피갈변은 발생시기가 가장 빨랐고 발생률도 높았으나 발생면적은 발생된 과실 표면적의 5%를 넘지 않아 그 정도가 심하지는 않았다. 피해를 가장 크게 주는 과정부 과육갈변은 열접착에서 가장 많이 발생했고 강한밀봉에서는 발생하지 않은 반면 공기제거+보통밀봉에서는 낮지만 2.0%의 발생률을 보였다. 이로 미루어 볼 때 기계화 포장에 있어 포장 내 초기 공기량에 관한 검토 또한 요구되어진다.

결론적으로 단감의 MAP 저장에서 중요하지 않게 취급될 수 있는 포장의 밀봉방법은 기체의 이동에 영향을 미치며, 이로 인해 과실변색 장애가 발생할 수 있으므로 이는 간과 될 수 있는 것이 아니며 새로운 밀봉방법을 도입할 때에는 이에 대한 사전 검토가 필요한 것으로 보인다. 특히 자동화 포장에서 열접착 방법으로 단감을 포장하여 저장하려면 보통밀봉과 과실 중량에 대한 필름의 면적이 동일한 조건에서는 PE 필름의 두께를 얇게 하여 산소와 이산화탄소의 투과량을 높여주어야 할 것으로 생각된다.

Table 1. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag as influenced by sealing methods in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit at -0.5-0.0°C

Sealing methods ^z	O ₂ (%)		CO ₂ (%)	
	storage days			
	75	150	75	150
Normal hand sealing	0.85±0.1 ^y	0.95±0.1	6.0±0.1	5.4±0.1
Tight hand sealing	0.54±0.0	0.62±0.0	6.9±0.1	5.5±0.1
Rubber band sealing	1.39±0.3	1.91±0.3	6.8±0.1	5.9±0.1
Heat sealing	- ^x	-	-	-
Air removal + normal hand sealing	0.55±0.2	0.61±0.0	6.8±0.2	5.9±0.1

^zHand sealing: achieved by knotting the upper portion of the PE film bag and the tightness was expressed by the weight of the knot. The weight was 1.10 g in normal hand sealing and 0.81 g in tight hand sealing.

^yStandard error.

^xThe gas inside PE film bags was not sampled because the gas was reduced out.

Table 2. Incidence of skin blackening as influenced by sealing methods in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit at -0.5-0.0°C

Sealing methods ^z	Occurrence (%)		Suffered surface area (%)	
	storage days			
	75	150	75	150
Normal hand sealing	5.0±2.4 ^y	10.0±5.8	0.2±0.1	0.4±0.2
Tight hand sealing	4.0±2.7	10.0±3.4	0.2±0.1	0.4±0.1
Rubber band sealing	10.0±4.5	20.0±5.2	0.4±0.2	0.9±0.3
Heat sealing	20.0±5.2	25.0±1.3	0.7±0.2	0.9±0.2
Air removal + normal hand sealing	4.0±2.2	9.6±2.3	0.2±0.1	0.4±0.2

^zHand sealing: achieved by knotting the upper portion of the PE film bag and the tightness was expressed by the weight of the knot. The weight was 1.10 g in normal hand sealing and 0.81 g in tight hand sealing.

^yStandard error.

Table 3. Incidence of browning disorder as influenced by sealing methods in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit at -0.5-0.0°C

Sealing methods ^z	Occurrence (%)				
	TFB ^y	PSB ^x	FBB ^w	PBB ^v	Total browning
<i>75 Storage days</i>					
Normal hand sealing	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tight hand sealing	0.0	0.0	0.0	10.0±3.4 ^u	10.0±3.4
Rubber band sealing	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heat sealing	0.0	16.0±7.2	0.0	18.0±8.2	20.0±7.6
Air removal + normal hand sealing	0.0	0.0	0.0	8.0±8.3	16.0±8.3
<i>150 Storage days</i>					
Normal hand sealing	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tight hand sealing	0.0	6.0±3.1	2.0±2.0	24.0±5.8	30.0±3.9
Rubber band sealing	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heat sealing	15.0±6.3	5.0±3.3	2.5±2.5	35.0±6.3	50.0±5.7
Air removal + normal hand sealing	2.0±2.0	2.0±2.0	2.0±2.0	13.0±3.4	18.0±2.9

^zHand sealing: achieved by knotting the upper portion of the PE film bag and the tightness was expressed by the weight of the knot. The weight was 1.10 g in normal hand sealing and 0.81 g in tight hand sealing.

^yTFB: top flesh browning.

^xPSB: pitted specks browning.

^wFBB: flesh blotch browning.

^vPBB: pitted blotch browning.

^uStandard error.

라. 요약

본 연구는 '부유' 단감(*Diospyros kaki* T. cv. Fuyu) MAP 저장에서 포장의 밀봉방법이 과실의 과피흑변과 갈변 발생에 미치는 영향과 자동화 포장을 위한 포장방법에 있어 그 기초자료를 얻고자 수행되었다. 11월 초 수확한 과실을 상온에서 3일간 예건한 후 선과하여 평균 223g의 과실을 두께 55um의 PE 필름 봉지에 넣어 밀봉하였다. 밀봉은 보통밀봉(normal hand sealing), 강한밀봉(tight hand sealing), 공기제거+보통밀봉(air removal+normal hand sealing), 고무밴드밀봉(rubber band sealing), 열접착(heat sealing)의 다섯 처리를 행하였다. 보통밀봉과 강한밀봉은 과실을 넣고 남은 봉지의 여분을 한 바퀴 회전하여 매듭을 묶을 때 힘의 차이를 달리하였는데, 매듭부분을 절취하여 그 중량을 측정했을 때 보통밀봉의 매듭은 1.10g, 강한밀봉의 매듭은 0.81g 되게 하였다. 포장의 밀봉방법에 따라 포장 내의 산소와 이산화탄소의 농도는 달리 조성되었는데 포장 내의 산소 농도가 높을수록 과피흑변과의 발생이 많았고, 이와 반대로 산소 농도가 낮은 조건에서는 갈변과 발생이 많았다. 포장 내 산소 농도는 고무밴드밀봉(1.91%)은 보통밀봉(0.95%)보다 높았으며, 강한밀봉(0.62%)과 공기제거+보통밀봉(0.61%)은 보통밀봉보다 낮았다. 이산화탄소 농도는 산소 농도에 반비례하는 경향을 보였으나 고무밴드밀봉은 산소농도가 높음에도 불구하고 이산화탄소 농도도 높았다. 열접착은 특이하게 저장 중 포장내의 공기가 점차 줄어들어 저장 75일째는 공기가 거의 없었으며 갈변과 발생이 가장 많았다. 본 실험의 결과를 볼 때, 자동화 공정에 의해 열접착 방법으로 단감을 포장하여 저장하려면 보통밀봉과 과실 중량에 대한 필름의 면적이 동일한 조건에서는 PE 필름의 두께를 얇게 하여야 할 것으로 사료된다.

마. 인용 문헌

- Ben-Arie, R. and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. HortScience 27:811-813.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40:99-104.
- Kawada, K. 1982. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruit and vegetables. p. 87-99. In: D. G. Richardson and M. Meheriuk (eds.). Controlled atmospheres for storage and transport of

- perishable agricultural commodity. Sym. 1. Corvallis. Ore. Timber Press, Beaverton, Ore.
- Kim, Y.S., S.B. Jeong, D.S. Son, K.K. Lee, and U.J. Lee. 1989. Studies on the causal factors of skin browning during storage and its control method in non-astringent persimmon. Res. Rept. RDA(H) 31(3):62-72.
- Kubo, Y., A. Inaba, and R. Nakamura. 1996. Extinction point and critical oxygen concentration in various fruits and vegetables. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65:397-402.
- Lee, Y.J. 1998. Developmental aspects and causal factors affecting the incidence of black stain and flesh browning disorder during storage of 'Fuyu' persimmon(*Diospyros kaki* T.). PhD Diss., Dong-A Univ.
- Lee, Y.J. 2000. Postharvest technology of 'Fuyu' persimmon fruit. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 18:904-909.
- Lee, Y.J., Y.M. Lee, O.C. Kwon, S.J. Jung, Y.B. Lee, Y.S. Cho, Y.M. Park, and T.C. Kim. 2000. Effects of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmin fruit J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:71-74.
- Lee, Y.M., O.C. Kwon, Y.S. Cho, Y.M. Park, and Y.J. Lee. 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:585-590.
- Min, B.Y. and S.L. Oh. 1975. Studies on the CA storage of sweet persimmon on polyethylene film pack. Korean J. Food Sci. Technol. 7:128-134.
- Park, Y.M., S.G. Lee, and Y.J. Lee. 2000. Disorders in MA and CA storage of fruits. Postharvest Hort. Bul. in Korea. 9(3):3-19
- Park, Y.M., Y.J. Lee, O.C. Kwon, Y.S. Cho, and T.C. Kim. 2001. Ultra-low oxygen controlled atmosphere induces top flesh browning disorder in 'Fuyu' persimmon fruit. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. Supplement(1):43.
- Shin, I.S., S.K. Lee, and Y.M. Park. 1994. Factors involved in discoloration of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 35:155-164.

- Tarutani, T. 1960. Effect of some packing materials in the cold storage on the fruit quality Fuyu variety. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 29:212-218.
- Yang, Y.J., S.J. Choi, and C.H. Lee. 1999. Effect of exposure to elevated CO₂ atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:352-354.
- Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42:70-77.

3. 변색방지를 위한 포장단위와 과실크기별 적정 포장규격

가. 서 언

국내에서 생산된 ‘富有’ 단감의 저장은 대부분 polyethylene(PE) 필름을 사용하여 0°C에 저장하는 MA(modified atmosphere) 저장방식이다. 이러한 MA 저장은 저장 중 포장을 통하여 내용물의 수분증발이 억제되고, 필름의 물성과 두께에 따른 기체 투과도와 내용물의 호흡작용에 의해 포장 내의 공기조성이 일반 대기보다 낮은 산소 농도와 높은 이산화탄소 농도가 유지되어 산물의 호흡률이 감소되므로 저장 기간 중 산물의 품질변화를 지연시킨다(Tarutani, 1960; Kader, 1986; Zagory와 Kader, 1988). 이 방식으로 단감을 저장하면 3~6개월 정도의 경제적인 저장이 가능한 효과적인 방법이나 저장조건이 적당하지 않으면 과실연화, 과피흑변, 갈변 등이 발생되어 품질이 저하된다(Lee 등, 1999). Tarutani(1960)는 140×280mm 크기의 PE 필름 봉지에 과실을 3개씩 넣어 저장할 때 산소 5~8%, 이산화탄소 5%를 나타내는 0.06mm 두께가 0.08mm에 비해 저장성이 우수하다고 했으며, Kim 등(1989)도 5개씩 포장한 저장에서 같은 결과를 보고했다. 또한 현재 국내에서 사용되고 있는 PE 필름의 일반적인 두께는 0.05~0.06mm이다. 그러나 Min과 Oh(1975)는 120×350mm 크기의 PE 필름에 감을 5개씩 넣어 저장했을 때 0.06mm보다 0.08~0.1mm가 저장에 효과적이라 했으며, Ben-Arie와 Zutkhi(1992) 및 Choi 등(1996)도 유사한 결과를 보고하였다. 즉, 연구자마다 ‘부유’ 단감 MA 저장의 적정 PE 필름 두께에 차이가 있는데 이는 연구자에 따라 과실과 봉지의 크기를 제시한 경우와 그렇지 않은 경우가 있어 그 원인을 정확히 알 수는 없으나 사용된 과실과 PE 필름 봉지의 크기가 각기 다른 데서 기인된 것으로 보인다.

Kawada(1982)는 필름의 두께, 봉지안 과실의 수, 과실의 크기와 필름 면적이 필름을 이용한 MA 저장에서 저장력에 영향을 미치는 요인이라 하였다. 즉, 과실의 호흡량에 대한 PE 필름의 투과량이 적정해야 하는데, 과실의 숙기가 동일하다고 할 때 호흡량에는 과실 중량이, 저장온도가 동일하다고 할 때 PE 필름의 투과량에는 두께와 면적이 큰 요인으로 작용할 것이다. 이는 포장단위와 과실의 크기에 따라 필름의 두께와 면적은 적절히 조절되어야 함을 의미한다. 하지만 현장에서는 이러한 것이 고려되고 있지 않는데 이것이 변색을 일으키는 요인이 될 수 있을 것으로 판단되어 이를 살펴보고 변색을 방지할 수 있는, 포장단위와 과실 크기

에 맞는 포장재의 적정 규격을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

1) 공시과실 및 처리

경남 울산시 범서면에 위치한 경사지에서 관행적으로 재배된 ‘부유’(*Diospyros kaki* T. cv. Fuyu) 단감을 11월 초에 수확, 3일 예건하여 상처과, 병과, 연화과 등을 제하고 색도가 비슷한 과실을 중량 선과기로 선과하여 5등급(LL:261g, L:217g, M:188g, S:168g, SS:154g)으로 분류하였다. 5개 포장과 날개 포장은 각각의 등급에 대하여 두겹으로 된 포장지의 폭(LL:150Mmm, L:140mm, M:130mm, S:130mm, SS:120mm)과 두께(45um, 50um, 55um, 60um, 65um)가 조합된 25개 구로 처리하였고, 15kg 포장은 200g-220g의 과실을 사용했으며, 포장지는 85cm(두겹) 폭에 두께(30mm, 35mm, 40mm)를 조합하여 처리하였다. 포장의 밀봉방법은 5개 포장은 관행적으로 여분의 필름으로 손으로 매듭하였고, 1개 포장은 열접착 sealing하였으며 15kg 포장은 노끈으로 묶었다. 저장온도는 $-0.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 였다.

갈변과 분류, 변색과 발생률 및 발생면적 : 갈변과의 분류 기준은 제1절 1.의 table 2 및 fig.1과 같았으며 발생률은 과실의 표면에 발생한 과피흑변과 과육갈변을 육안으로 관찰하여 다음과 같이 나타내었다. 발생률(Occurrence %): 발생과실 수/총 조사 과실 수 $\times 100$. 발생표면적은 과실 1개의 표면적을 100으로 하여 발생한 면적의 비로 나타내었다.

2) 가스분석

감이 저장된 PE 필름 봉지에서 기체 1ml를 취하여 Gas chromatography(Shimadzu, GC-17A, stainless steel 3.2mm \times 2m)로 산소(Molecular sieve, 80 $^{\circ}\text{C}$, TCD)와 이산화탄소(Polapak Q, 80 $^{\circ}\text{C}$, TCD)를 분석하였다.

PE 필름 봉지 면적: 과실을 포장하고 있는(열 접착 부위에서 밀봉 한 곳까지) PE 필름을 한 겹으로 펼쳤을 때의 면적으로 하였다.

다. 결과 및 고찰

과실의 크기와 필름의 두께에 따른 변색과 발생은 유의한 차이를 보였다. 흑변은 과실이 작고 필름 두께가 얇은 조건에서 갈변은 과실이 크고 필름이 두꺼운 조건에서 많이 발생했다. 이러한 변색은 과실의 크기 자체가 가지는 생리, 화학적 요인보

다는 과실의 크기와 필름의 두께에 의해 달리 조성된 산소와 이산화탄소의 농도에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각된다. 포장 내 산소와 이산화탄소 농도는 과실의 크기와 필름의 두께에 의해 달리 조성되었다(Table 1). 큰 과실이 들어있는 봉지일수록 필름이 두꺼울수록 산소농도는 낮았으며 이산화탄소 농도는 높았다. PE 필름이 두꺼울수록 산소 농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은 것은 산소와 이산화탄소에 대한 투과도가 낮아지기 때문이다(Zagory and Kader, 1988). 동일한 두께의 필름에서도 큰 과실이 들어있는 포장에서 산소 농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높았는데 이는 포장 당시의 초기 공기 양보다는 필름의 표면적에 더 큰 영향을 받아 과실 중량에 대한 기체 투과 양이 더 적은데 그 원인이 있는 것으로 생각된다(Table 2). 과실 중량에 대한 포장 내의 초기 공기 양은 큰 과실이 들어있는 포장에서 높았으나 PE 필름의 면적은 오히려 낮았다. 과실 중량 당 PE 필름의 표면적에 대해 산소보다는 이산화탄소 농도가 더 깊은 관계를 가지는 것으로 나타났다. S 크기 과실의 중량은 M 과실보다 적으나 포장의 폭은 M 과실과 동일한 것이 사용되어 S 과실의 과실 중량 당 PE 필름의 면적이 처리구 중 가장 넓었다. 이로 인해 포장내 이산화탄소 농도는 SS 보다 낮아 처리구중 가장 낮았다. 이처럼 포장내의 산소와 이산화탄소 농도의 조성과 유지에는 PE 필름의 두께 못지 않게 과실 중량에 대한 PE 필름의 면적이 매우 큰 역할을 하는 것으로 나타났다. 하지만 큰 과실일수록 온도 하강 속도가 느려 설정 온도에 도달하는 시간이 더 걸려 호흡 양이 많은 것과 큰 과실 자체가 생리적으로 호흡 양이 더 많을 수 있는 가능성에 대해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

흑변은 상처나 큐티클층의 균열이 있는 부위에서 주로 발생되었으며, 포장 내의 산소와 이산화탄소 농도에 크게 영향을 받았다(Table 3). 이러한 흑변은 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도가 낮은 조건에서 세포의 노화가 빨리 진행되어 산소에 의한 산화가 촉진되기 때문인 것으로 사료된다(Park *et al.*, 1997; Shin *et al.*, 1994). 통계적 유의성은 없으나 60um에서 보다는 65um PE 필름 포장에서 오히려 흑변 발생이 약간 높았는데 이것이 고농도의 이산화탄소에 영향을 받은 결과인지에 대해서는 검토가 필요하다.

Browning은 TFB, SB FBB, PBB의 4가지 유형으로 나타났으며 산소농도가 낮고 이산화탄소 농도가 높은, 즉 흑변과는 완전히 반대되는 조건에서 많이 발생했다(Table 4). 포장 내 산소와 이산화탄소 농도는 반비례의 관계에 있으므로 browning

발생의 직접적인 요인이 이산화탄소인지, 산소인지, 이 둘의 복합 요인인지 아니면 유형마다 각기 다른 요인에 의한 것인지를 본 실험을 통하여 명확히 구명하기는 어려우나 매우 중요한 의미를 가진다. TFB 발생의 직접적인 원인은 고 이산화탄소보다 저 산소 조건인 것으로 사료된다. TFB는 산소 농도에 대해 아주 critical하게 나타났는데, 포장 내의 산소농도가 0.5% 이상일 때 TFB는 거의 발생되지 않았으며 0.3% 이하에서는 대량 발생했다. 이와 양(1997)도 산소농도 3%, 이산화탄소 농도 15%에서 갈변은 발생되지 않는다고 했으며, 또 다른 보고에서(이 등, 1999)는 산소 농도 1% 이하, 이산화탄소 농도 10%에서 갈변이 발생한다고 하였다. 또 산소 농도 0.5% 이하에서 이산화탄소는 갈변과 발생을 더욱 증가시킨다고 하였다. 이들 갈변은 발생시기와 저산소 및 고이산화탄소에 대한 내성이 다르게 나타났다. PBB는 TFB의 발생요인과는 다소 차이가 있는 것으로 사료된다. PBB는 TFB보다 발생시기가 약간 빠르며, TFB보다 조금 높은 산소와 낮은 이산화탄소 농도에서도 발생한다. 또한 TFB가 발생한 과실에서는 PBB가 거의 발생되지 않는다. 또한 흥미 있는 것은 PBB는 과실이 클수록 필름이 두꺼울수록 증가하면서 필름의 두께에 따른 기복(undulation)을 나타내는 특징을 보인다. FBB는 TFB보다 발생시기가 늦으나 TFB보다 조금 높은 산소와 낮은 이산화탄소 농도에서 발생하기도 한다. 극한 가스 조건에서는 TFB처럼 과육까지 갈변이 진행되며 TFB가 발생된 과실에서 같이 발생하는 경우가 많다. 이로 미루어 볼 때 TFB는 저장 초기의 극한 가스 조건에 크게 영향을 받고 FBB는 이보다 좀 덜한 가스 조건이라도 오래 지속될 때 나타나는 것으로 추측된다. SB는 TFB와 비슷한 가스 조건에서 발생되나 TFB보다 발생시기가 늦고 TFB와 SB가 한 과실에서 동시에 발생하지는 않는다. 이러한 갈변은 과실의 크기와 필름의 두께에 의해 달리 조성된 포장 내의 가스 농도에 영향을 받는 것은 명확하다. 하지만 동일한 포장 내에서도 갈변이 발생하는 과실과 발생되지 않는 과실이 있으며 한 과실에 여러 증상이 동시에 발생하는 경우가 있다. 이는 과실마다, 부위에 따라 미미하지만 구성 성분에 차이가 있으며, 이러한 성분과 세포의 조직적인 구조 차이에서 오는 조직 내부의 가스 농도 차이, 가스간의 비율, 각 가스들이 한계농도에 도달하는 시간, 지속시간, 이에 대한 민감성 등의 아주 미묘한 차이에 의해 각기 다른 양상으로 표현되는 것으로 생각된다.

결론적으로, 동일한 두께에서 과실 중량 당 PE 필름의 면적은 포장 내의 산소와 이산화탄소 농도의 조성과 유지에 영향을 미쳤으며, 이로 인해 과실 크기에 따라 흑

변과 갈변의 발생이 달랐다. 하지만, 실제 산업현장에서 과실 중량에 대한 PE 필름의 면적은 거의 고려되고 있지 않는데, 이는 과실 크기에 상관없이 모두 동일한 두께의 PE 필름이 사용되고 있는 것으로 잘 알 수 있으며 또한 작업의 편리성과 상품성을 향상시킬 목적으로 포장의 미관에만 관심을 기울이고 있는 것은 매우 큰 문제이다. 작업 능력과 최상의 상품성을 가지는 과실 크기별 포장재의 규격이 정해지면 그기에 맞는 포장재의 두께는 과실 크기에 따라 각기 달라져야 한다. 본 실험의 포장 규격에서 흑변과 갈변 발생을 동시에 최소화시킬 수 있는 과실 크기별 적정 PE 필름의 두께는 75일 저장에서는 LL은 45um, L은 50um, M은 55um, S와 SS는 65um, 170일 저장에서는 LL은 50um, L은 55um, M은 60um, S와 SS는 65um로 추정되었다(Table 10).

1개 포장에서도(Fig. 1) 필름 두께가 두꺼울수록 갈변과 발생이 많았으며, 얇을수록 과피흑변과 발생이 많은 5개 포장과 같은 경향의 변색과 발생을 보였다(Table 5-9). 흑변과 갈변 발생을 동시에 최소화시킬 수 있는 과실 크기별 적정 PE 필름의 두께는 75일 저장에서는 LL은 50um, L은 55um, M은 60um, S와 SS는 65um, 180일 저장에서는 LL은 60um, L은 60um, M은 60um, S와 SS는 65um로 추정되었다(Table 10). 5개 포장보다는 과실 크기별 포장지의 적정 두께가 다소 높는데 이는 1개 포장이 5개 포장에서보다 과실 g당 포장지의 면적이 넓은 것에 기인하는 것으로 생각된다.

15kg 포장에서도 변색과 발생은 동일한 경향이었으며, 포장지의 적정두께는 35um로 생각되었다(Table 10).



Fig. 1 Browning and blackening in individual MA storage of 'Fuyu' persimmon according to fruit weight and PE film thickness.

Table 1. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag in MA storage of 'Fuyu' Persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (A)	85 days storage						170 days storage					
	Fruit size(B)					Mean	Fruit size(B)					Mean
	LL	L	M	S	SS		LL	L	M	S	SS	
<i>O₂</i>												
45um	0.3	1.0	4.5	4.4	4.9	3.0 a ^z	0.5	0.9	1.8	2.0	2.3	1.5 a
50um	0.4	0.6	2.2	2.6	2.9	1.7 b	0.4	0.9	1.0	1.1	1.5	1.0 b
55um	0.3	0.8	1.6	2.4	1.6	1.3 c	0.3	0.6	1.1	1.0	2.2	1.0 b
60um	0.2	0.4	0.8	0.9	1.1	0.7 d	0.3	0.3	0.6	1.5	2.0	1.0 b
65um	0.2	0.4	0.5	0.7	0.7	0.5 d	0.3	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5 c
Mean	0.3d ^y	0.6c	1.9b	2.2a	2.2a		0.4d	0.6cd	1.0bc	1.3b	1.7a	
F test(A)			***						***			
(B)			***						***			
(A)×(B)			***						ns			
<i>CO₂</i>												
45um	7.1	6.5	5.5	5.4	5.4	6.0 e	8.1	6.2	5.4	4.7	5.4	5.9 d
50um	7.5	7.2	5.9	5.9	5.8	6.5 d	7.1	6.1	5.7	5.7	6.3	6.2 cd
55um	8.6	7.0	6.2	6.0	6.3	6.8 c	8.2	6.3	5.9	5.6	5.7	6.3 c
60um	9.2	9.6	7.1	6.5	6.6	7.8 b	8.2	7.8	6.1	5.9	5.8	6.7 b
65um	9.0	11.0	8.7	7.4	8.0	8.7 a	9.0	8.9	7.7	6.9	7.2	7.9 a
Mean	8.3a	8.2a	6.7b	6.3c	6.4c		8.1a	7.1b	6.2c	5.8cd	6.1d	
F test(A)			***						***			
(B)			***						***			
(A)×(B)			***						***			

^zMean separations within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yMean separations within rows by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

ns,*** Nosignificant or significant at the 0.01% levels, respectively.

Table 2. Surface area and initial free air volume of packaging in MA storage of 'Fuyu' Persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (A)	Surface area /g						Air volume(ul)/g					
	Fruit size(B)					Mean	Fruit size(B)					Mean
	LL	L	M	S	SS		LL	L	M	S	SS	
45um	86	92	95	104	100	96 a	385	364	324	400	371	372 b
50um	85	92	94	105	99	94 bc	408	363	363	438	359	382 b
55um	86	93	98	102	101	93 c	440	396	397	412	347	403 a
60um	85	91	93	104	98	95 a	425	371	359	403	360	382 b
65um	90	91	93	102	98	95 ab	449	385	361	395	366	388 ab
Mean	86e	92d	95c	104a	99b		420a	376b	359b	405a	362b	
F test(A)			*						*			
(B)			***						***			
(A)×(B)			ns						ns			

^zMean separations within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yMean separations within rows by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

ns,*,*** Nosignificant or significant at the 5%, 0.1% or 0.01% levels, respectively.

Table 3. Incidence of blackening of in MA storage of 'Fuyu' Persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (A)	Blackening(%)											
	85 days storage						170 days storage					
	Fruit size(B)					Mean	Fruit size(B)					Mean
LL	L	M	S	SS	LL		L	M	S	SS		
45um	0	0	20	10	0	6 a ^z	0	27	70	40	75	43 a
50um	0	0	15	15	10	8 a	5	20	30	13	50	24 b
55um	0	0	0	10	10	4 a	0	20	20	25	20	17 bc
60um	0	0	0	5	20	5 a	7	0	15	0	15	7 c
65um	0	15	10	10	0	7 a	0	10	10	15	10	10 c
Mean	0c ^y	3bc	9ab	10a	8ab		2d	15c	29ab	19bc	35a	
F test(A)			ns						***			
(B)			**						***			
(A)×(B)			*						*			

^zMean separations within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yMean separations within rows by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

ns,*,*** Nosignificant or significant at the 5%, 0.1% or 0.01% levels, respectively.

Table 4. Incidence of browning in MA storage of 'Fuyu' Persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (A)	85 days storage						170 days storage					
	Fruit size(B)					Mean	Fruit size(B)					Mean
LL	L	M	S	SS	LL		L	M	S	SS		
<i>Top flesh browning(%)</i>												
45um	0	0	0	0	0	0 b ^z	0	0	0	0	0	0 c
50um	10	0	0	0	0	2 b	0	0	0	0	0	0 c
55um	10	0	0	0	0	2 b	25	0	0	0	0	5 b
60um	35	15	0	0	0	10 a	33	15	0	0	0	8 b
65um	35	15	5	0	0	11 a	53	25	0	0	0	14 a
Mean	18a ^y	6b	1c	0c	0c		20a	8b	0c	0c	0c	
F test(A)			***						***			
(B)			***						***			
(A)×(B)			***						***			
<i>Pitted specks(%)</i>												
45um	0	0	0	0	0	0 a	10	0	0	0	0	2 b
50um	0	0	0	0	0	0 a	25	0	0	0	0	5 ab
55um	0	0	0	0	0	0 a	20	0	5	0	0	5 ab
60um	0	0	0	0	0	0 a	20	20	10	0	0	10 a
65um	0	0	0	0	0	0 a	7	25	0	0	0	6 ab
Mean	0a	0a	0a	0a	0a		17a	10b	3c	0c	0c	
F test(A)			ns						ns			
(B)			ns						***			
(A)×(B)			ns						*			
<i>Flesh blotch browning(%)</i>												
45um	0	0	0	0	0	0a	20	0	0	0	0	4 c
50um	0	0	0	0	0	0a	30	0	0	0	0	6 c
55um	0	0	0	0	0	0a	70	0	0	0	0	16 b
60um	0	0	0	0	0	0a	73	15	0	15	0	18 b
65um	0	0	0	0	0	0a	87	55	15	5	5	31 a
Mean	0	0	0	0	0		53a	15b	3c	4c	1c	
F test(A)			ns						***			
(B)			ns						***			
(A)×(B)			ns						***			
<i>Pitted blotch browning(%)</i>												
45um	0	0	0	0	5	1 c	30	40	0	0	0	13 c
50um	0	30	10	0	0	8 b	60	25	5	0	5	20 abc
55um	0	0	0	0	5	1 c	40	5	5	5	13	14 bc
60um	0	25	5	20	5	11 b	53	45	30	15	15	31 a
65um	0	70	20	0	5	19 a	47	50	25	10	10	27 ab
Mean	0c	25a	7b	4bc	4bc		46a	33a	13b	6b	8b	
F test(A)			***						*			
(B)			***						***			
(A)×(B)			***						ns			

^zMean separations within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yMean separations within rows by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

ns,*,*** Nosignificant or significant at the 5%, 0.1% or 0.01% levels, respectively.

Table 5. Incidence and surface area of blackening in individual MA storage of 'Fuyu' persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (um)	LL		L		M		S		SS	
	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)
<i>120 days storage</i>										
45	7.1±7.1	0.3±0.3	39±14	4.2±1.7	7.1±7.1	0.3±0.3	29±13	1.5±0.7	14±9.7	1.1±0.7
50	31±13	1.8±0.9	39±14	2.4±0.9	7.1±7.1	0.5±0.5	21±11	2.4±1.3	20±10	0.9±0.5
55	13±9.1	0.7±0.5	6.7±6.7	0.4±0.4	14±9.7	0.8±0.6	6.7±6.7	0.3±0.3	13±9.1	0.7±0.5
60	6.7±6.7	0.3±0.3	0	0	7.1±7.1	0.7±0.7	0	0	13±9.1	0.6±0.4
65	6.7±6.7	0.3±0.3	6.7±6.7	0.5±0.5	13±9.1	1.5±1.1	0	0	0	0
<i>180 days storage</i>										
45	27±12	1.3±0.6	47±13	3.1±1.2	75±13	7.3±1.9	79±11	7.0±1.9	57±14	4.7±1.5
50	67±13	4.8±1.9	7.7±7.7	0.2±0.2	60±13	2.9±0.9	67±13	4.5±1.1	64±13	3.2±0.9
55	6.7±6.7	0.8±0.8	40±13	1.4±0.5	31±13	2.5±1.5	33±13	2.5±1.3	57±14	2.8±0.8
60	0	0	13±9.1	0.5±0.4	57±14	2.5±0.7	43±14	1.8±0.6	58±15	2.4±0.7
65	0	0	0	0	20±11	0.6±0.3	7.1±7.1	0.3±0.3	6.7±6.7	2.0±2.0

Table 6. Incidence and surface area of top flesh browning in individual MA storage of 'Fuyu' persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (um)	LL		L		M		S		SS	
	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)
<i>120 days storage</i>										
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>180 days storage</i>										
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	6.7±6.7	0.7±0.7	13±9.1	0.7±0.5	0	0	0	0	6.7±6.7	1.5±1.5

Table 7. Incidence and surface area of pitted specks in individual MA storage of 'Fuyu' persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (um)	LL		L		M		S		SS	
	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)
<i>120 days storage</i>										
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	7.7±7.7	0.4±0.4	0	0	7.1±7.1	0.3±0.3	0	0	0	0
55	0	0	6.7±6.7	0.3±0.3	0	0	0	0	0	0
60	6.7±6.7	0.3±0.3	6.7±6.7	0.3±0.3	0	0	0	0	0	0
65	6.7±6.7	0.3±0.3	20±10	0.7±0.4	0	0	0	0	0	0
<i>180 days storage</i>										
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	6.7±6.7	0.1±0.1	0	0	0	0	0	0
55	6.7±6.7	0.1±0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	6.7±6.7	0.1±0.1	0	0	0	0	0	0

Table 8. Incidence and surface area of pitted blotch browning in individual MA storage of 'Fuyu' persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (um)	LL		L		M		S		SS	
	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)
<i>120 days storage</i>										
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	13±9.1	0.3±0.3
55	60±13	7.7±2.1	0	0	0	0	0	0	0	0
60	67±14	9.3±3.0	6.7±6.7	0.3±0.3	0	0	0	0	13±9.1	0.3±0.3
65	40±13	6.2±2.7	40±13	2.7±1.2	20±10	2.5±1.4	13±9.1	0.7±0.5	0	0
<i>180 days storage</i>										
45	13±9.1	0.7±0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
50	20±10	1.1±0.7	23±12	0.8±0.5	0	0	0	0	0	0
55	60±13	5.1±1.6	0	0	0	0	13±9.1	0.5±0.3	0	0
60	47±13	3.4±1.2	53±13	2.6±0.9	7.1±7.1	0.2±0.2	21±11	1.2±0.7	0	0
65	54±14	5.2±2.6	53±13	2.6±0.8	40±13	2.1±0.8	0	0	13.3±9.1	0.4±0.3

Table 9. Incidence and surface area of flesh blotch browning in individual MA storage of 'Fuyu' persimmon according to fruit weight and PE film thickness

Film thickness (um)	LL		L		M		S		SS	
	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)	Incidence (%)	Surface area(%)
<i>120 days storage</i>										
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>180 days storage</i>										
45	6.7±6.7	0.3±0.3	6.7±6.7	0.3±0.3	0	0	0	0	0	0
50	6.7±6.7	0.2±0.2	7.6±7.6	0.9±0.9	0	0	0	0	0	0
55	13±9.1	4.3±4.0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	13±9.1	0.5±0.4	13±9.1	0.4±0.3	0	0	14±9.7	1.2±0.9	0	0
65	31±13	12±7.0	47±13	9.3±3.0	13±9.1	1.3±1.0	14±9.7	0.5±0.3	20±11	4.9±4.0

Table 10. The optimal thickness of PE film bag for 1 fruit, 5 fruit and 15kg packaging units in MA storage of 'Fuyu' persimmon

Storage days	Optimal PE film thickness (um)				
	LL	L	M	S	SS
<i>5 fruits in a bag</i>					
75	45	50	55	65	65
170	50	55	60	65	65
<i>1 fruit in a bag</i>					
120	50	55	60	65	65
180	60	60	60	65	65
<i>15kg in a bag</i>					
100	35				

라. 요약

연구자마다 '부유' 단감 MA 저장에서 PE 필름의 적정 두께에 대한 결과에 차이가 있는데, 이는 연구자에 따라 과실과 봉지의 크기가 각기 다른 데서 기인된 것으로 생각되었다. 포장단위와 과실의 크기에 따라 필름의 두께와 면적은 적절히 조절되어야 하는데 현장에서는 이러한 것이 고려되고 있지 않아 이것이 변색을 일으키는 요인이 될 수 있을 것으로 판단되어 이를 살펴보고 변색을 방지할 수 있는, 포장단위와 과실 크기에 맞는 포장재의 적정 규격을 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

'부유' 단감을 11월 초에 수확, 3일 예건하여 5등급(LL:261g, L:217g, M:188g, S:168g, SS:154g)으로 분류하였다. 5개 포장과 날개 포장은 각각의 등급에 대하여 두 겹으로 된 포장지의 폭(LL:150mm, L:140mm, M:130mm, S:130mm, SS:120mm)과 두께(45um, 50um, 55um, 60um, 65um)가 조합된 25개 구로 처리하였고, 15kg 포장은 200g-220g의 과실을 사용했으며, 포장지는 85cm(두겹) 폭에 두께(30mm, 35mm, 40mm)를 조합하여 처리하였다. 포장의 밀봉방법은 5개 포장은 관행적으로 여분의 필름으로 손으로 매듭하였고, 1개 포장은 열접착 sealing하였으며 15kg 포장은 노끈으로 묶었다. 저장온도는 $-0.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 였다.

본 실험의 포장 규격에서 흑변과 갈변 발생을 동시에 최소화시킬 수 있는 과실 크기별 적정 PE 필름의 두께는 75일 저장에서는 LL은 45um, L은 50um, M은 55um, S와 SS는 65um, 170일 저장에서는 LL은 50um, L은 55um, M은 60um, S와 SS는 65um로 추정되었다. 1개 포장에서도 필름 두께가 두꺼울수록 갈변과 발생이 많았으며, 얇을수록 과피흑변과 발생이 많은 5개 포장과 같은 경향의 변색과 발생을 보였다. 흑변과 갈변 발생을 동시에 최소화시킬 수 있는 과실 크기별 적정 PE 필름의 두께는 75일 저장에서는 LL은 50um, L은 55um, M은 60um, S와 SS는 65um, 180일 저장에서는 LL은 60um, L은 60um, M은 60um, S와 SS는 65um로 추정되었다. 5개 포장보다는 과실 크기별 포장지의 적정 두께가 다소 높는데 이는 1개 포장이 5개 포장에서보다 과실 g당 포장지의 면적이 넓은 것에 기인하는 것으로 생각된다. 15kg 포장에서도 변색과 발생은 동일한 경향이었으며, 포장지의 적정두께는 35um로 생각되었다.

마. 참고문헌

- Ben-Arie, R. and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. *HortScience* 27:811-813.
- Choi, J.U., J.B. Lee, J.N. Nam. 1996. Studies on the biochemical changes of sweet persimmon fruit by the storage methods. KOSEF 93-06-00-02-3.
- Kader, A.A., 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40 (5):99-104.
- Kawada, K. 1982. Use of polymeric films to extend postharvest life and improve marketability of fruit and vegetables. p.87-99. In: D. G. Richardson and M. Meheriuk (eds.), *Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodity. sym. 1.* Corvallis. Ore. Timber Press. Beaverton. Ore.
- Kim, Y.S., S.B. Jeong., D.S. Son., K.K. Lee, and U.J. Lee. 1989. Studies on the causal factors of skin browning during storage and its control method in non-astringent persimmon. *Res. Rept. RDA(H)* 31(3):62-72.
- Lee, E.J. and Yang, Y.J., 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 38:516-519.
- Lee, Y.J., Lee, Y.M., Kwon, O.C., Jeong, S.J., Lee, Y.B., Cho, Y.S., Park, Y.M., and Kim, T.C., 2000. Effects of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 41:71-74.
- Lee, Y.M., Kwon, O.C., Cho, Y.S., Park, Y.M. and Lee, Y.J., 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of "Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:585-590.
- Min, B.Y and S.I. Oh. 1975. Studies on the CA storage of sweet persimmon on polyethylene film pack. *Korean J. Food Sci, Technol.* 7:128-134.
- Park, Y.S., Na, T.S., and Lee, K.M., 1997. Effects of O₂ and CO₂ treatments within polyethylene film bags on the fruit quality of non-astringent 'Fuyu'

- persimmon fruits during storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:510-515.
- Shin, I.S., S.K. Lee, and Y.M. Park. 1994. Factors involved in discoloration of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 35:155-164.
- Tarutani, T. 1960. Effect of some packing materials in the cold storage on the fruit quality Fuyu variety. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 29:212-218.
- Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 42:70-77.

제 2 절 CA 모의 실험을 통한 MA-연관 갈변장해 유기 요인 구명 및 생화학 요인과의 연관성

1. 서 언

단감의 PE film 포장방식을 이용한 MA 저장중 나타나는 갈변장해, 특히 과실 상부에서 특징적으로 나타나는 flesh browning의 유기원인을 저산소와 고이산화탄소 요인으로 분리하여 파악하기 위해 MA 포장내 gas 농도와 유사한 CA 환경과 상이한 CA 환경을 설정하여 장해 발생율을 조사하였다. CA 조건에서 발생하는 장해를 유형별로 구분하여 장해별로 1차 요인을 구명하였고 과실의 조직간에 다르게 표출되는 장해 현상을 과실의 생리와 생화학적 특성으로 설명하고자 하였다. 이와 함께 과수원간 장해 발생율의 차이를 조사함으로써 생리활성과의 연관성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 과실시료

1) 1년차

단감 시료는 경남 울산 소재 과수원에서 11월 6일 수확하여 3일간의 상온 예조를 거친 후 11월 10일 0℃에 저장하여 CA환경을 조성하였다.

2) 2년차

밀양과 울산지역에서 재배된 '부유' 단감을 상업적 수확기에 해당하는 11월 7일과 11월 14일에 수확한 후 4일간 예건 처리를 거쳐 CA 저장에 사용하였다.

3) 3년차

밀양지역에서 재배된 '부유' 단감을 상업적 수확기에 해당하는 11월 3일에 수확한 후 4일간 예건 처리를 거쳐 CA 저장에 사용하였다.

나. CA 저장 환경 조절

CA 환경은 10-L 유리병에 과실 15~17개를 담고 밀봉한 후 뚜껑 연결관을 통해 설정 농도로 혼합된 가스를 주기적으로 치환시키는 간헐적 유동 시스템(intermittent flow system) 및 지속적으로 혼합가스를 흘려보내는 방식(constant flow system)을 적용하였다. 1, 2년차 실험에서는 하루에 2회씩 유리병 안의 공기를 혼합가스로 완전히 치환함으로써 설정된 산소와 이산화탄소 농도 범위를 유지시켰고 3년차에서는 혼

합공기를 지속적으로 흘려보냄으로써 정밀한 가스농도를 유지하였다. 한편 유리병은 80×60×80cm 크기의 자체 제작한 냉장 chamber에 배치하고 냉장 chamber의 온도를 0~-0.5℃로 설정함으로써 유리병 내 온도를 0℃로 유지하였다. 3년차 실험에서는 저장온도의 효과를 보기 위해 -1℃와 1℃로 설정하고 온도 편차는 ±0.5℃가 되도록 유지하였다.

1) 1년차

극저산소 + 저이산화탄소 (0.0 - 1.0kPa + <5.0 kPa), 저산소 + 고이산화탄소 (<1.5kPa + <5.0kPa), 고산소 + 고이산화탄소(>15.0 kPa + 20.0kPa), 저산소 + 고이산화탄소(<1.5kPa + 20.0kPa)의 4개 조합으로 처리하였다.

2) 2년차

CA 조성은 산소농도를 0.5~0.75 kPa(저산소) 및 0.1~0.3 kPa(극저산소)의 조건하에 각각 이산화탄소를 5.0~7.5 kPa (저이산화탄소)과 10.0~12.5 kPa(고이산화탄소)로 조합하여 4개 처리를 두었다.

3) 3년차

산소농도 0.25 kPa(저산소) 및 0.1 kPa(극저산소)의 조건하에 각각 이산화탄소를 9.0 kPa로 조합하였다.

다. 과실 특성 분석 및 장해 발생을 조사

MA ‘부유’ 과실 경도는 물성분석기(Texture analyzer, Model TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., UK)를 사용하여, plunger 직경 2mm, 침투 속도(the penetrating speed) 2mm/sec 및 50% strain 조건하에서, 과실 적도부의 마주보는 양면 과육조직에 대한 투과력 (penetration force)을 측정된 평균값을 취하였다. 당함량은 굴절당도계(Atago model N-1E; Atago Co., Ltd., Tokyo)로 측정하였다. 과실 표면 색도는 color meter(Minolta model CR-10; Minolta Co., Ltd., Osaka)로 측정하여 Hunter ‘L’, ‘a’, ‘b’ 값으로 표현하였다.

장해 발생율은 과실 표면에 발생한 장해 유형에 따라 4개 유형으로 조사하여 조사과실수에 대한 발생과 비율로 환산하였다.

과실 품질과 장해 발생율은 저장직후와 저장후 3일간의 상온유통을 경과시킨 후 조사하였고 각각의 처리 당 4반복을 두었으며 장해 발생을 조사를 위한 반복 당 과실 수는 15~17개, 과실 품질 조사를 위한 과실은 반복 당 정상 과실 2개를 택하여

평균값을 취하였다.

라. 내부 가스 농도 및 호흡속도의 측정

과실 조직 내 산소와 이산화탄소 농도는 과실을 상부, 중앙부, 하부로 나누어 물 속에서 절단하고 물 속에 잠긴 상태로 진공 desiccator 물 속으로 옮긴 후, 각각의 과실조직 위에 유리깔대기를 덮고 깔때기 안의 공기를 완전히 제거하고 밀봉한 후 압력을 낮춤으로써 과실 조직에서 추출되는 가스를 깔때기 안에 포집하였다(Saltveit Jr., 1982). 분석에 사용한 가스시료는 headspace 0.5ml를 사용하였다. 호흡속도 측정을 위한 이산화탄소 가스 시료 역시 한 개의 과실을 상부, 중앙부, 하부의 3개 부위로 절단한 직후 각각의 부위를 2.5 L 플라스틱 용기에 넣어 밀폐하고 6시간 후에 0.5ml headspace 가스를 채취하여 이용하였다. 호흡속도 측정에 이용한 과실은 0~1°C에서 3개월 동안 저장한 과실을 꺼내 상온에 4시간 방치하여 실내온도 18~20°C와 평형을 이룬 후 분석에 사용하였다. 과실 조직 내 에탄올 함량은 같은 방법으로 과실 조직을 절단하고 유리병 안에 밀봉시킨 후 평형상태에 도달한 4시간 후 headspace 가스 0.5ml를 채취하여 분석하였다. 과실 부위별 산소, 이산화탄소, 호흡속도, 알코올 함량의 측정은 날개 포장한 과실 9개를 이용하였고 각각의 포장단위를 반복으로 간주하여 난괴법으로 통계분석함으로써 과실 개체간 및 포장환경에서 비롯되는 변이를 뺀 조직간 차이를 검정하였다.

이산화탄소, 산소 농도는 thermal conductivity detector가 장착된 gas chromatograph(GC; Model M600D, Young Lin Co., Seoul)로 측정하였다. 이산화탄소는 Porapak Q column, 산소농도는 Molecular sieve column을 사용, injector 80°C, oven 90°C, detector 90°C 조건에서 측정하였다. 에탄올 농도는 capillary column(DB-1, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)이 장착된 gas chromatograph(Model GC-17A, Shimadzu Corp., Tokyo, Japan)를 이용, injector 200°C, oven 180°C, detector 200°C 조건에서 flame ionization detector로 분석하였다.

마. 가스투과성 측정

과실 부위별 가스 투과성(상대적 가스 확산능)은 과실을 100% 이산화탄소 혹은 30ppm 에틸렌 가스에 16시간 이상 노출시켜 균형 상태에 이르게 한 후, 특정 부위를 통해 확산되는 이산화탄소와 에틸렌 가스를 포집하여 그 양을 비교함으로써 평가

하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 갈변장애를 유기하는 기체환경 요인(1년차)

단감의 모의 CA 저장중 발생하는 과피변색 장애는 발생부위와 증상에 따라 크게 top flesh -browning(TFB), pitted specks(PS), 및 과실 표면 전반으로 확산되는 장애유형으로써 왁스층은 정상적으로 남아있으나 과육조직까지 갈변이 진행되는 flesh blotch-browning(FBB)와 왁스층이 손상되어 표피조직이 거칠게 드러나는 pitted blotch-browning(PBB)의 네가지 유형으로 구분되었다. 각각의 장애는 모의 CA 저장조건에 따라 즉, 산소와 이산화탄소 농도 수준에 따라 각각 다른 증상으로 표출되는 것으로 추정되었다(Tables 1, 3). 상용 저장고에서의 MA저장 중 특징적으로 나타나는 flesh top-browning(‘초코’ 현상)은 산소농도가 0.5% 수준을 유지하는 1차년도 모의 CA 저장조건에서는 극히 낮은 발생율을 보였으며(Tables 2, 3), TFB 갈변장애는 1차 요인으로 추정되는 저산소 조건에서 유기되며 높은 이산화탄소에 의해 그 증상이 외부로 표출되고 심화되는 것으로 추정되었다. PS 장애는 높은 이산화탄소에 의해 유기되며 저산소 조건과 복합적인 상승효과를 보였다. 넓은 띠 모양의 갈변을 보이면서 광택이 유지되고 표피조직의 함몰이 없는 제1 유형의 blotch-browning(FBB)은 0.5% 이하의 극히 낮은 산소 수준(ultra low-oxygen)이 진제되면서 이산화탄소가 높으면 저장 중에 증상이 표출되며 이산화탄소가 낮은 저장 조건에서는 CA 환경이 해제되면서 증상이 나타나는 것으로 관찰되었다. 한편 넓은 띠 모양의 갈변을 보이면서 광택의 손실 및 표피조직의 함몰을 동반하는 제2 유형의 blotch-browning(PBB)은 높은 이산화탄소나 저산소 두 요인이 동시에 관여하면서 고농도 이산화탄소에 의해 급격히 발생이 증가하는 경향을 보였다. 이처럼 다양한 유형의 장애 현상은 주변의 CA나 MA 환경중 산소와 이산화탄소의 농도중 어느 쪽이 우선적으로 장애유기 수준에 도달하느냐 하는 유기 시점과 증상이 표출되는 농도의 미세한 차이에 의해 결정되는 것으로 분석된다.

저장중 CA 조성 별 과피색의 변화를 보면 (Table 4), 저장 2개월까지는 Hunter ‘L’, ‘a’, ‘b’ 값 모두 CA 환경간 차이가 없었으나 저장 4개월에는 고산소 + 고이산화탄소 조건의 과실이 ‘L’, ‘a’, ‘b’값이 모두 낮은 것으로 측정되었으며 육안으로는 표피조직이 검게 변하는 증상으로 나타났다. 저장기간에 따른 색택의 변화양상은 ‘L’ 값

의 경우 지속적으로 감소하는 경향을 보인 반면, 'a' 값은 저장 2개월까지 급격히 증가한 후 이후에는 큰 변화를 보이지 않았고, 'b' 값은 저장후기에 유의적인 감소를 보여 저장 2개월까지는 숙성의 진행에 따른 'a' 값의 증가가 뚜렷하고 저장후기에는 CA 저장장해에 의해 'L' 값과 'b' 값이 감소하는 것으로 풀이되었다. 장해가 표출된 표피조직은 건전한 부위에 비해 'L', 'a', 'b' 값이 모두 낮게 나타났다(Table 5).

PE film MA 저장 단감과 모의 CA 저장에서 나타나는 장해현상을 종합 분석해 보면 유형별 장해증상은 부위별로 산소농도와 이산화탄소 농도의 수준이 다르므로써 변색 장해의 유형과 표출 부위가 상이한 것으로 추정되었다. 즉 산소와 이산화탄소 농도 수준이 비교적 높게 유지되는 상부조직은(Table 6) MA 환경에서 저산소에 의해 top flesh-browning이 유기되며 높은 이산화탄소 조건이 형성되면 복합적인 장해로 발전하면서 원형의 갈변증상을 보이는 반면, 과실의 중간 부위와 하부 조직은 극저산소 조건이나 높은 이산화탄소 조건에 놓이면서 FBB나 PBB 유형의 장해가 나타나는 것으로 보인다. 한편 과실의 부위별 산소와 이산화탄소 농도의 차이는 조직세포의 간극 및 치밀성, 당함량의 차이에 따른 가스 확산도의 차이 등의 원인에 의한 것으로 추정된다(Table 7).

한편, 4개월 저장 후 과실의 품질요인인 과육 경도와 당함량은 처리간 유의성이 없는 것으로 조사되었다(Table 8). 이러한 결과를 해석해 보면, CA 처리시 산소농도나 이산화탄소 농도 한가지 요인만으로도 품질을 유지할 수 있으리라는 유추가 가능하다. 즉 산소농도가 1% 수준으로 매우 낮거나 이산화탄소농도가 20% 이상 높은 경우에는 한가지 요인만으로도 다른 요인 효과가 대체되는 것으로 판단된다. 따라서 장해를 유발하지 않는 수준에서의 산소농도가 밝혀진다면 이에 따른 이산화탄소 적정수준에 대한 재검토가 필요할 것으로 생각된다.

Table 1. Types of CA-related browning symptoms in ‘Fuyu’ persimmon fruits.

Type	Symptoms	Hypothetical causes
Flesh top-browning	- occurs at the top portion - develops into flesh breakdown - chocolate colored and typical odor	ULO → High CO ₂
Pitted specks	- small, dotted area - depressed and pitting-like breakdown	High CO ₂ + ULO
Blotch-browning	Flesh - ribbon-like - occurs on the surface - maintain glossy appearance - not depressed	High CO ₂ → low oxygen
	Pitted - ribbon-like - occurs on the surface - a little depressed - lose gloss resulting in rough surface	High CO ₂ and ULO

Table 2. Incidence of CA-induced browning symptoms in ‘Fuyu’ persimmon fruits after two months of simulated CA storage.

Target CA ^z : kPa [O ₂] + [CO ₂]	TFB			PS, FBB, and PBB		
	Days on the shelf ^y		DI ^x	Days on the shelf		DI
	0	2		0	2	
T1: <1.0 + <5.0	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	>1.0
T2: <1.5 + <5.0	0.0	0.0	0.0	4.6	6.0	>1.0
T3: >15.0 + 20.0	0.0	0.0	0.0	14.3	21.9	4.0
T4: <1.5 + 20.0	6.7	14.3	1.5	1.7	16.7	3.0

^zAverage and range of oxygen + carbon dioxide levels (kPa) during four month storage were:

T1, 0.6 (0.0 - 0.8) + 1.6 (0.0 - 3.7); T2, 0.7 (0.2 - 1.2) + 2.5 (0.0 - 3.6);

T3, 16.0 (14.1 - 20.0) + 21.9 (19.6 - 23.6); T4, 0.6 (0.4 - 1.2) + 21.3 (20.0~23.5).

^yDay 0, on removal from after storage; day 2, two days on the shelf at ambient temperature after removal from the CA storage.

^xDisorder index: 0, sound; 1, only small spotty injuries; 3, 25% of the surface area injured; 5, more than 50% of the surface area injured.

Table 3. Incidence of CA-induced browning symptoms in ‘Fuyu’ persimmon fruit after four months of simulated CA storage.

Target CA ^z : kPa [O ₂] + [CO ₂]	TFB		PS		FBB		PBB		Abnormal discoloration	
	0 ^y	2	0	2	0	2	0	2	0	2
T1: <1.0 + <5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	2.4	0.0	0.0
T2: <1.5 + <5.0	2.2	2.2	2.4	4.6	0.0	2.2	9.0	9.0	0.0	6.7
T3: >15.0 + 20.0	0.0	0.0	7.1	9.5	2.4	9.5	9.5	11.5	58.3	83.7
T4: <1.5 + 20.0	7.5	10.2	54.7	57.1	19.0	28.6	47.6	52.4	0.0	0.0

^zAverage and range of oxygen + carbon dioxide levels (kPa) during four month storage were:

T1, 0.6 (0.0 - 0.8) + 1.6 (0.0 - 3.7); T2, 0.7 (0.2 - 1.2) + 2.5 (0.0 - 3.6);

T3, 16.0 (14.1 - 20.0) + 21.9 (19.6 - 23.6); T4, 0.6 (0.4 - 1.2) + 21.3 (20.0~23.5).

^yDay 0, on removal from the CA storage; Day 2, two days on the shelf at ambient temperature after removal from the CA storage.

Table 4. Changes in surface color during simulated CA storage of ‘Fuyu’ persimmon fruit.

Target CA ^z : kPa [O ₂] + [CO ₂]	Hunter ‘L’				Hunter ‘a’				Hunter ‘b’			
	0 ^y	2	4	LSD ^x	0	2	4	LSD	0	2	4	LSD
T1: <1.0 + <5.0	55.8	54.6	52.4	a ^w 1.67	20.2	33.2	33.5	a 2.33	33.9	33.4	31.6	a 1.21
T2: <1.5 + <5.0	55.8	54.0	52.5	a 1.78	20.2	30.9	33.7	a 3.45	33.9	33.0	31.4	a 1.32
T3: >15.0 + 20.0	55.8	54.2	51.3	b 1.89	20.2	28.9	30.0	b 5.15	33.9	33.0	30.7	b 1.44
T4: <1.5 + 20.0	55.8	53.4	52.6	a 1.48	20.2	28.4	29.0	b 4.44	33.9	32.7	31.4	a 1.17

^zAverage and range of oxygen + carbon dioxide levels (kPa) during four month storage were:

T1, 0.6 (0.0 - 0.8) + 1.6 (0.0 - 3.7); T2, 0.7 (0.2 - 1.2) + 2.5 (0.0 - 3.6);

T3, 16.0 (14.1 - 20.0) + 21.9 (19.6 - 23.6); T4, 0.6 (0.4 - 1.2) + 21.3 (20.0~23.5).

^yStorage period: 0, at harvest; 2, after two months of storage; 4, after four months of storage.

^xLeast significant difference within rows (among storage period) at $P \leq 0.05$.

^wMean separation within columns (among treatment) by Duncan’s multiple range test, at $P \leq 0.05$.

Table 5. Differences in surface color between sound and injured areas on 'Fuyu' persimmon fruits.

Surface area	Hunter value		
	L	a	b
Sound	52.2	30.9	31.2
Injured	41.3	23.2	21.7
P>T	** ^z	**	**

^zSignificance between top and bottom portions at $P \leq 0.05$.

Table 6. Differences in oxygen and carbon dioxide concentrations among fruit portions of 'Fuyu' persimmon fruits packaged individually with 55 μ m PE film

Gas	MA Environment	Fruit portion		
		Top	Middle	Bottom
Oxygen	9.1%	9.1% ab ^z	9.2% a	8.7% b
Carbon dioxide	3.1%	3.6% b	4.0% b	4.8% a

^zMean separations within rows (among fruit portions) by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

Table 7. Differences in total soluble solid contents between top and bottom portion of 'Fuyu' persimmon fruit

Fruit portion	Storage period		
	0: at harvest	Two months	Four months
Top	13.4	12.5	13.0
Bottom	12.4	11.7	12.2
P>T	* ^z	*	*

^zSignificance between top and bottom portions at $P \leq 0.05$.

Table 8. Flesh firmness and soluble solid contents at harvest and after 4 month simulated CA storage of 'Fuyu' persimmon fruit.

Target CA ^z : kPa [O ₂] + [CO ₂]	Flesh firmness (g/2 mm Φ)		Soluble solid contents (%)	
	At harvest	After storage	At harvest	After storage
T1: <1.0 + <5.0	693 \pm 42	563 a ^y	12.8 \pm 0.6	12.9 a
T2: <1.5 + <5.0		567 a		12.7 a
T3: >15.0 + 20.0		583 a		12.5 a
T4: <1.5 + 20.0		610 a		12.5 a

^zAverage and range of oxygen + carbon dioxide levels (kPa) during four month storage were:

T1, 0.6 (0.0 - 0.8) + 1.6 (0.0 - 3.7); T2, 0.7 (0.2 - 1.2) + 2.5 (0.0 - 3.6);
T3, 16.0 (14.1 - 20.0) + 21.9 (19.6 - 23.6); T4, 0.6 (0.4 - 1.2) + 21.3 (20.0~23.5).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, at $P \leq 0.05$.

나. 갈변장애를 유기하는 가스의 한계농도(2년차)

CA 저장 실험 결과, ‘부유’ 단감의 과육갈변 장애(‘초코’ 현상)는 산소 농도가 0.3% 이하일 경우에 발생한 반면 0.5 - 0.75 kPa 수준에서는 발생을 보이지 않음으로써 (Table 9), MA 저장 중 발생하는 과육갈변은 PE 필름 포장내 산소 농도가 최소한 0.5% 이하 수준으로 떨어질 때 발생하는 것으로 풀이되었다. 이러한 결과는 1년차 연구결과와 일치하는 경향이였다. 요인별 변이 분석 결과는 비록 이산화탄소의 영향이 유의성이 없는 것으로 분석되었으나 이산화탄소 요인의 유의성 확률($P>F$)이 저장직후에는 0.144, 상온유통 3일 후에는 0.161인 점과 이산화탄소 농도 증가시 발생을 변화 경향을 종합해 볼 때, 과육갈변 장애는 저산소 농도가 전제되는 조건에서 이산화탄소 농도가 높을수록 장애 발생률도 높아지는 경향이 있음을 알 수 있다.

다른 유형의 장애 발생률에 미치는 요인분석 결과를 보면 모든 장애발생은 산소 농도의 영향을 크게 받는 것으로 나타나 MA 저장 ‘부유’ 단감에서 나타나는 변색장애는 1차적으로 저산소 농도에 의해 유기되는 것으로 해석되었다. 한편 3일간의 모의 유통기간 후의 장애발생률은 저장 직후에 비해 다소 증가하는 것으로 관찰되어 저장 직후에는 증상이 나타나지 않더라도 MA 포장상태가 유지되지 않고 상온에 노출될 경우에는 증상이 표출되는 경향이 나타났다.

CA 저장 환경별 과실의 표피 색은 저장 3일후 Hunter ‘L’ 값에 대한 산소의 영향과 ‘a’ 값에 대한 이산화탄소의 영향이 유의성을 보였는데(Table 10) 0.3% 이하의 저산소 저장은 유통시 과실의 명도를 낮추고 고농도의 이산화탄소는 저장직후의 적색도를 저하시키는 것으로 풀이된다. 95% 수준에서의 통계적인 유의성은 없으나 유통 3일 후 ‘a’ 값과 ‘b’ 값은 산소와 이산화탄소의 영향을 받아 저산소와 고농도 이산화탄소에 의해 적색과 황색도가 낮은 경향을 보였다.

저장 직후 및 유통 후 과실의 경도는 산소, 이산화탄소 및 두 요인의 복합작용 모두 고도로 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다(Table 11). 특히 저장 직후 경도는 산소 농도가 비교적 높고 이산화탄소가 낮은 처리(0.5 - 0.75kPa + 5.0 - 7.5kPa)에서만 유의적으로 낮게 나타났고 산소는 상대적으로 높더라도 이산화탄소가 높은 처리(0.5 - 0.75kPa + 5.0 - 7.5kPa)에서는 저산소 처리와 (0.3 kPa 이하) 거의 동일한 경도를 보이는 것으로 보아, 산소 농도가 상대적으로 높게 유지될 때에도 이산화탄소 농도를 높여 줌으로써 경도 유지가 가능한 것으로 해석되었다. 한편, 상온 유통 3일 경과 후에는 저산소와 저이산화탄소 처리(0.1 - 0.3kPa + 5.0 - 7.5kPa) 과실에

서만 경도가 높게 유지된 반면 저장직후 경도가 높았던 고농도 이산화탄소 처리(0.5 - 0.75kPa + 10.0 - 12.5kPa; 0.1 - 0.3kPa + 10 - 12.5kPa) 과실에서는 큰 폭의 감소를 보여 모두 유의적으로 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 고농도 이산화탄소가 저장기간 중 경도유지에는 효과적이지만 저장 후 유통시에는 급격한 연화를 초래하는 것으로 해석된다. 저장 후 이러한 경도의 급격한 감소 현상은 10% 이상의 고농도 이산화탄소 조건이 세포의 이상대사를 초래하기 때문인 것으로 유추가 가능하다.

과실의 당함량은 저장 직후에는 이산화탄소의 영향이, 유통 후에는 산소의 영향이 유의하게 나타났다. 저장 직후 당함량은 고농도 이산화탄소 저장 처리에서 높은 경향을 보여 저장중 당 성분의 대사는 고농도의 이산화탄소에 의해 저하되는 것으로 풀이되었다. 한편 유통 후 당함량을 측정한 결과, 저농도 이산화탄소 조건에 저장한 과실의 당함량은 증가한 반면, 고농도 이산화탄소에 저장한 과실은 당함량이 감소하는 특이한 경향을 보였는데, 이러한 결과는 단순히 산소와 이산화탄소 농도 효과만으로는 설명이 어려운 현상으로써 세포 대사의 정상적인 활성, 과실의 숙성 진행 여부 등을 종합적으로 검토하여야 풀어질 과제로 판단된다.

한편 CA 저장 중 MA-연관 갈변 장애는 과수원 별로 뚜렷한 차이를 보였는데 TFB에 민감한 과수원의 과실은 다른 유형의 장애 발생율도 높게 발생하였고 과실 내 종자의 수가 많은 것으로 조사되었다(Table 12).

갈변 장애와 직접 연관될 것으로 보이는 조직 내 이산화탄소와 산소농도는 실험의 가설과는 달리 하부 조직에서 이산화탄소 농도가 높고 산소 농도가 낮은 경향을 보였다(Table 13). 조직 별 호흡속도는 하부조직에서 높고 상부 조직에서 낮게 나타남으로써 조직 내 가스 농도 조사 결과와 일치하고 있다(Table 14). 그러나 생화학 대사물질인 에탄올 함량은 오히려 TFB 특이 발생부위인 과실 상부 조직에서 높게 나타나고 하부 조직에서 낮은 경향을 보임으로써 호흡속도나 이산화탄소 농도와는 다른 경향이였다. 사과 과실의 경우에는 에탄올 함량이 장애 발생의 지표로 이용되고 있으며 '부유' 단감에 있어서도 장애 발생 과실이 높은 에탄올 함량을 보이는 것으로 조사되고 있지만 조직 내 에탄올 축적이 장애 현상을 유기하는 직접적인 원인 인지에 대해서는 보다 심도있는 연구가 뒤따라야 할 것이다.

Table 9. Incidence of MA-related browning disorder in 'Fuyu' persimmon fruit stored under controlled atmosphere conditions for three and half months at 0°C.

CA range (kPa O ₂ + kPa CO ₂)	Incidence of disorder ^z							
	TFB		PS		FBB		PBB	
	Day 0 ^y	Day 3	Day 0	Day 3	Day 0	Day 3	Day 0	Day 3
0.5-0.75 + 5.0-7.5	0.0 c ^x	0.0 b	0.0	2.6	0.0	8.2	1.4 b	2.8 b
0.5-0.75 + 10.0-12.5	0.0 c	1.3 b	5.5	6.9	0.0	4.1	2.6 b	4.0 b
0.1-0.3 + 5.0-7.5	28.3 a	32.5 a	12.6	15.5	5.6	15.5	44.9 a	46.3 a
0.1-0.3 + 10.0-12.5	55.1 b	56.6 a	13.9	15.3	2.9	10.1	36.2 a	45.5 a
Source of variation (P>F)								
oxygen (O)	< 0.01	< 0.01	0.07	0.04	0.10	0.10	< 0.01	< 0.01
carbon dioxide (C)	0.14	0.16	0.52	0.65	0.58	0.21	0.71	0.98
O×C	0.14	0.20	0.69	0.61	0.58	0.85	0.63	0.91

^zTFB, top flesh browning; PS, pitted specks; FBB, flesh blotch browning; PBB, pitted blotch browning.

^yDisorder was investigated twice; immediately after storage (day 0) and after 3 days on the shelf at room temperature (day 3).

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 10. Surface Hunter color of 'Fuyu' persimmon fruit stored under controlled atmosphere for three and half months at 0°C.

CA range (kPa O ₂ + kPa CO ₂)	L		a		b	
	Day 0 ^z	Day 3	Day 0	Day 3	Day 0	Day 3
	0.5-0.75 + 5.0-7.5	55.0	56.6 a ^y	33.0 a	31.7	50.4
0.5-0.75 + 10.0-12.5	56.9	55.4 ab	31.9 ab	30.3	51.9	49.0
0.1-0.3 + 5.0-7.5	54.9	52.9 b	35.5 a	33.8	50.5	48.9
0.1-0.3 + 10.0-12.5	55.2	54.3 ab	28.0 b	31.7	49.0	45.8
Source of variation (P>F)						
oxygen (O)	0.42	0.04	0.63	0.15	0.52	0.13
carbon dioxide (C)	0.31	0.91	0.01	0.14	0.99	0.15
O×C	0.43	0.24	0.04	0.72	0.48	0.70

^zDisorder was investigated twice; immediately after storage (day 0) and after 3 days on the shelf at room temperature (day 3).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 11. Fruit quality of 'Fuyu' persimmon stored under controlled atmosphere for three and half months at 0°C.

CA range (kPa O ₂ + kPa CO ₂)	Flesh firmness (g/2 mm ●)		Soluble solid content (%)	
	Day 0 ^z	Day 3	Day 0	Day 3
0.5-0.75 + 5.0-7.5	304 b ^y	155 b	12.1 c	12.5 ab
0.5-0.75 + 10.0-12.5	381 a	108 c	12.6 ab	12.1 b
0.1-0.3 + 5.0-7.5	376 a	317 a	12.3 bc	12.5 ab
0.1-0.3 + 10.0-12.5	382 a	163 b	12.8 a	12.7 a
Source of variation				
(P>F)				
oxygen (O)	< 0.01	< 0.01	0.19	0.04
carbon dioxide (C)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.37
O×C	< 0.01	< 0.01	0.99	0.08

^zDisorder was investigated twice; immediately after storage (day 0) and after 3 days on the shelf at room temperature (day 3).

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 12. Relationship between seed number and the incidence of top flesh browning in 'Fuyu' persimmon fruit stored under ultra-low oxygen and high carbon dioxide controlled atmosphere for three and half months at 0°C.

Orchard	Incidence of disorders ^z				Number of seed
	TFB	PS	FBB	PBB	
Susceptible	61.6 a ^y	17.7	5.6	52.0	5.6
Resistant	21.8 b	8.8	2.9	29.0	3.0
P > F or T	0.04	0.52	0.89	0.38	< 0.01

^zTFB, top flesh browning; PS, pitted specks; FBB, flesh blotch browning; PBB, pitted blotch browning.

^yMean separation within a column by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

Table 13. Differences in oxygen and carbon dioxide concentrations among fruit portions in ‘Fuyu’ persimmon fruit packaged individually in 50 and 60 μm PE film during 2000–2001 storage season.

Sampling point	50 μm PE MAP		60 μm PE MAP	
	Oxygen	Carbon dioxide	Oxygen	Carbon dioxide
Inside package	3.94 \pm 1.29 ^z	2.52 \pm 0.61	1.94 \pm 0.49	4.17 \pm 0.45
Top	5.49 \pm 1.59 a ^y	3.27 \pm 1.00 b	3.10 \pm 0.46 a	4.47 \pm 0.46 b
Fruit Equator	4.98 \pm 1.68 a	3.32 \pm 0.85 b	3.06 \pm 0.77 a	4.77 \pm 0.68 b
Bottom	4.11 \pm 1.81 b	4.03 \pm 0.96 a	2.66 \pm 0.51 a	5.17 \pm 0.50 a

^zMean \pm SD.

^yMean separation within columns (among fruit portions) by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

Table 14. Differences in respiration rates and ethanol content among fruit portions in ‘Fuyu’ persimmon fruit packaged individually in 60 μm PE film during 2000 – 2001 storage season.

Sampling point	Respiration rate ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$)	Ethanol content ($\mu\text{g}/100 \text{ g fresh wt}$)
Top	54.5 b	553.4 a
Equator	57.3 b	451.7 ab
Bottom	66.9 a	385.0 b

^zMean separation within columns (among fruit portions) by Duncan’s multiple range test at $P = 0.05$.

다. 갈변장애의 내적요인(3년차)

1) 갈변장애를 유기하는 한계 CA 환경 구명 및 과실 특성

‘부유’ 단감에서 발생하는 갈변 장애는 그 유형에 따라 유기 한계 산소농도가 상이한 것으로 조사되었다(Table 15). TFB 장애는 산소 농도 0.5 kPa, 1°C 저장 과실에서 5% 정도의 발생하였고, -1°C 저장 시에는 발생하지 않은 반면, 0.25 kPa 조건에서는 온도와 무관하게 15% 이상 발생하였다. 이러한 결과를 볼 때, TFB 장애는 0°C 이상에서는 산소 농도 0.5 kPa 수준에서 장애가 유기되는 것으로 판단되며 -1°C 저장환경에서는 그보다 낮은 산소농도에서 유기되는 것으로 판단되었다. 그러나 장애 발생에 미치는 온도의 효과는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났으며 이러한 결과는 과실 간 변이에 따른 것으로 추정되었다. PS 장애는 산소농도 0.5 kPa 조건에서도 비교적 높게 발생하였고 0.25 kPa 조건에서는 급격히 증가하는 양상을 보였으며 온도의 영향은 미미한 것으로 나타났다.

FBB 장애는 특이하게 저장직후에는 모든 처리에서 5 - 7% 수준으로 낮은 발생을 보이다가 3일간 상온에 노출되면서 급격히 증가하였으며 저장온도가 낮고 산소농도가 낮은 환경에서 저장한 과실에서 뚜렷하게 높은 경향을 보였다. PBB 장애는 PS 장애와 유사한 경향을 나타내, 0.5k Pa 산소 농도 환경에서 이미 높은 발생률을 보이고 산소농도가 낮아지면 발생률이 급격히 증가하였다. 그러나 PS와는 달리 PBB는 저장온도에 따라 산소농도에 대한 반응이 상이하게 나타나 1°C 저장과실은 산소농도가 낮은 환경에서 발생률이 증가한 반면, -1°C 저장 직후에는 0.5 kPa에서 보다 0.25 kPa에서 오히려 발생률이 낮았다가 상온에 노출되면서 발생률이 증가하는 것으로 나타났다.

종합적으로 분석해 볼 때, TFB 장애는 다른 유형의 장애보다 낮은 산소농도 수준에서 유기되는 것으로 판단되며, 1, 2년차 연구 결과를 고려할 때, 한계농도는 0.5 kPa 수준인 것으로 판단된다. 반면, PS, FBB, PBB 유형의 장애는 0.5kPa 수준에서 이미 장애 발생이 뚜렷한 양상을 보이는 것으로 미루어 장애를 유기하는 산소농도는 이보다 높을 것으로 판단되며 MA 저장한 과실의 저장 중 관찰된 장애 발생 양상이나 MA 저장 연구 결과 등을 고려할 때 장애 유기 농도는 1.0 kPa 수준일 것으로 추정된다. 이러한 해석은, PE 필름 MAP 저장 중에 산소 농도가 극단적으로 저하되는 경우에는 TFB의 발생이 많고 상대적으로 산소 농도가 높을 때는 PS나 FBB 장애가 주로 관찰되는 현장 보고와 일치된다고 할 수 있다(이, 2001).

한편 산소 농도와 온도 요인 별 과실 품질은 저장 직후나 3일 상온 유통 후 모두 처리간 통계적 유의성이 없는 것으로 조사되었다(Tables 16, 17). 산소 농도나 온도 차이가 품질에 유의적인 영향을 미치지 않는 이유로는 본 실험의 저장 환경, 특히 산소 농도가 0.5kPa 이하의 극단적인 수준으로 설정됨으로서 그보다 더 낮은 산소 농도나 온도 차이의 효과가 나타나지 않았던 것으로 풀이된다. 그러나, 온도가 높고 (1°C) 산소농도가 상대적으로 높으면 저장직후나 유통 후 과육 경도가 낮은 반면 (Table 17) 산소농도가 0.25kPa 이하이거나 온도가 -1.0°C 조건에서는 경도가 높게 유지되는 경향을 보임으로써 장해를 피하면서 경도를 유지하기 위해서는 산소농도의 저장온도 요인의 상호작용 효과를 분석할 필요성이 있는 것으로 판단된다 .

품질에는 영향을 미치지 않았지만 저장온도는 과실의 부패율에 영향을 미쳐 1°C 저장조건에서는 매우 낮기는 하지만 과실의 부패가 관찰된 반면, -1°C 저장 조건에서는 부패과실이 없었다 (Table 18). 특이한 점은, 저장 후 상온 유통 시 과실의 표피조직과 과육조직이 전반적으로 변색 혹은 연화되는 전형적인 동결 피해 증상이 나타났는데 이러한 동결 증상은 -1°C 저장 환경에서 5 - 10% 발생하였고 심지어는 1°C 저장 환경에서도 관찰되었다. 일반적으로 MAP 저장 과실은 -1°C 저장환경에서 동결피해가 나타나지 않는 사실과 비교해 볼 때(이, 2001), 본 실험 결과는 수확 직후부터 설정된 극단적인 CA 환경이 과실의 동결 피해를 조장함을 알 수 있고 심한 경우 0°C 이상의 온도 조건에서도 동결피해가 나타나는 것으로 해석된다.

2) 과실내 에탄올 농도와 장해 발생률과의 상관

단감의 CA 저장 후 과실 내 에탄올 함량은 모든 CA 환경에서 100ppm 이상으로 높게 나타났으며 TFB 장해와 PS장해 유형은 에탄올 함량과 고도의 상관관계를 보였다 (Fig. 1). 단감 과실 내 에탄올 함량은 사과 과실의 저산소 CA 저장 시 내부갈변장해를 유기하는 농도, 100ppm(Lidster 등 , 1985) 보다 훨씬 높은 경향을 보였으며 TFB와 PS 장해 모두 500ppm 이상에서 장해가 증가하는 경향이였다.

과실의 CA 저장 장해, 특히 저산소 환경과 연관된 장해 현상은 에탄올 함량과 연관성이 있는 것으로 보고되어 있으나 과실 내 축적된 에탄올이 생화학적인 이상을 초래하는 직접적인 원인 물질인지에 대해서는 명확한 해석이 내려져 있지 않다(최, 1997; Lidster 등, 1985). 단감에 있어서도 TFB 장해 현상이 진전됨에 따라 과실 내 에탄올 농도가 급격히 증가하는 상관관계를 보이고는 있으나 아세트알데히드나 에탄

올이 직접적인 원인물질은 아닌 것으로 보고되어있다.

다만 CA 혹은 MA 환경에서 과실 내 에탄올 함량의 증가 양상은 저장 장해 발생 가능성을 예측할 수 있는 지표가 될 것으로 기대된다.

3) 장해 유형별 조직 특이성에 대한 해석

단감의 MA 혹은 CA 저장 중 나타나는 장해 현상은 유형별로 발생 부위가 다른 경향이 있으며 그 중 TFB 장해 발생 부위는 특히 과정부(style end)에 한정되는 조직 특이성을 보이고 있다. 이러한 조직특이성과 TFB 발생은 극저산소에 의해 유기되고 높은 이산화탄소에 의해 심화된다는 연구결과를 고려해 볼 때, 과 정부가 다른 부위에 비해 산소 농도가 낮거나 이산화탄소 농도가 높을 것이라는 추정이 가능하다. 동시에 이러한 농도 차이는 호흡속도의 차이에서 기인될 것이라는 가정을 세울 수 있는데, 과실 부위별 산소와 이산화탄소 농도 차이나 호흡속도 등을 조사한 결과(1, 2년차 연구), 오히려 과정부위의 산소 농도가 높고 이산화탄소 농도는 낮은 것으로 조사되었다. 호흡속도 역시 과 정부가 다른 부위에 비해 상대적으로 낮거나 유사하였다.

3년차 실험에서는 이러한 연구결과를 뒷받침하기 위해 과실 부위별 이산화탄소와 에틸렌에 대한 가스 투과성(상대적 확산도)을 조사하였는바, 과 정부의 가스투과성이 가장 높게 나타났다(Table 19). 3년간의 연구결과를 종합해 보면, ‘부유’ 단감의 과 정부는 호흡속도가 낮고 가스투과성은 높아 과실의 적도부나 기부(stem end)에 비해 산소농도는 높고 이산화탄소 농도는 낮게 유지되고 있음이 확인되었다.

이와 같은 일련의 가스 농도 및 가스 확산도 조사 결과는, TFB 장해를 유기하는 산소농도가 다른 부위에 발생하는 장해유형을 유기하는 산소농도보다 더 낮다는 결과와 일치하지 않음으로써 또 다른 요인이 관여하고 있음을 시사하고 있다. 즉 TFB 장해를 보이는 과 정부 세포는 다른 조직 세포에 비해 큰 항상성(homeostasis)을 가지고 있어서 저산소 환경에 조우할 경우 이를 극복하기 위한 별도의 에너지 대사경로(혐기성 호흡 혹은 alternative pathway)를 작동시키며 그 결과 에탄올 함량이 높게 나타나는 것으로 추정된다. 이처럼 특이한 생화학적 특성으로 인해 다른 조직 혹은 과실 부위가 장해를 보이는 환경하에서도 과 정부는 장해가 발생하지 않으며 극단적으로 산소 농도가 낮은 경우에 한해 특이한 장해 현상을 표출시킨다는 추정이 가능하다.

Table 15. Incidence of physiological disorders in 'Fuyu' persimmon fruit after 4-month CA storage as influenced by storage temperature and oxygen concentrations combined with 9% carbon dioxide.

Storage environment		Types of physiological disorders ^z							
Temp.	Oxygen	TFB		PS		FBB		PBB	
		Day ^y 0	3	Day 0	3	Day 0	3	Day 0	3
1°C	0.50	5.2	5.4	13.1 bc ^x	15.8 bc	4.8	5.1 c	18.1	28.0
	0.25	15.6	18.1	34.9 ab	47.1 ab	6.7	35.4 b	26.5	43.7
-1°C	0.50	0.0	0.0	5.0 c	8.6 c	4.7	19.5 bc	26.3	31.4
	0.25	17.9	20.6	45.7 a	56.0 a	6.3	56.1 a	13.1	38.8
Source of variation									
Temperature (T)		NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
Oxygen (O)		*	*	**	**	NS	**	NS	NS
T × O		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zTFB, top flesh browning; PS, pitted specks; FBB, flesh blotch browning; PBB, pitted blotch browning.

^yDay 0, immediately after harvest; day 3, after 3 days on the shelf at room temperature.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

NS, *, **Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, or 0.01, respectively.

Table 16. Surface Hunter values of 'Fuyu' persimmon fruit after 4-month CA storage as influenced by storage temperature and oxygen concentrations combined with 9% carbon dioxide.

Storage environment		Surface Hunter values ^z								
Temp.	Oxygen	L			a			b		
		H ^y	Day ^y		H	Day		H	Day	
			0	3		0	3		0	3
1°C	0.50	57.0	56.8	57.7	31.3	32.3	35.9	56.3	53.0	54.9
	0.25		55.8	56.6		28.6	31.9		49.2	51.8
-1°C	0.50		56.2	56.1		31.6	32.8		49.1	51.2
	0.25		56.4	56.0		33.6	34.5		50.2	51.7
Source of variation										
Temperature (T)			NS	NS		NS	NS		NS	NS
Oxygen (O)			NS	NS		NS	NS		NS	NS
T × O			NS	NS		NS	*		NS	NS

^zSound fruits were used for the analysis.

^yH, at harvest; Day 0, immediately after harvest; day 3, after 3 days on the shelf at room temperature.

^{NS}, *Nonsignificant or significant at $P \leq 0.05$, respectively.

Table 17. Flesh firmness and Soluble solid content 'Fuyu' persimmon fruit after 4-month CA storage as influenced by storage temperature and oxygen concentrations combined with 9% carbon dioxide.

Storage environment		Flesh firmness (g force/5 mm Φ)			Soluble solid content (%)		
Temp.	Oxygen	H ^y	Day ^y		H ^y	Day	
			0	3		0	3
1°C	0.50	2024.7	1794.4	1258.8	14.6	15.2 a ^z	14.6
	0.25		1490.9	1599.1		14.0 b	14.2
-1°C	0.50		1906.2	1538.3		14.4 ab	14.6
	0.25		1913.5	1478.8		14.6 ab	14.8
Source of variation							
Temperature (T)			NS	NS		NS	NS
Oxygen (O)			NS	NS		NS	NS
T × O			NS	NS		NS	NS

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

^yH, at harvest; Day 0, immediately after harvest; day 3, after 3 days on the shelf at room temperature.

^{NS}Nonsignificant at $P \leq 0.05$.

Table 18. Incidence of decay and freezing injury in 'Fuyu' persimmon fruit after 4-month CA storage as influenced by storage temperature and oxygen concentrations combined with 9% carbon dioxide.

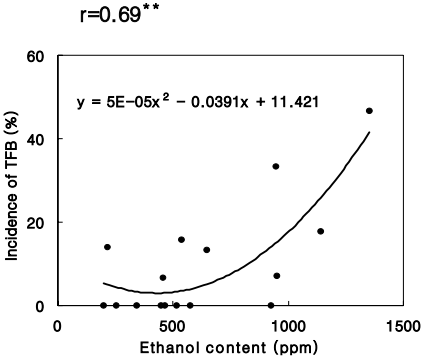
Storage environment		Decay (%)	Freezing injury (%)
Temp.	Oxygen		
1°C	0.50	1.7 ± 1.7 ^z	0.0
	0.25	1.3 ± 1.3	1.3 ± 1.3
-1°C	0.50	0.0	9.4 ± 9.4
	0.25	0.0	6.2 ± 4.2

^zMean ± standard error.

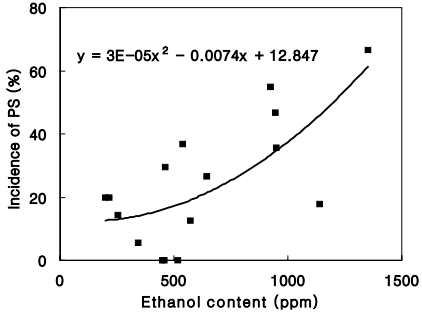
Table 19. Relative gas permeation properties of the fruit portion in 'Fuyu' persimmon fruit.

Fruit portion	Target gas	
	Carbon dioxide	Ethylene
Top	1.00 a ^z	1.00
Middle	0.65 b	0.72
Bottom	0.56 b	0.68

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.



$r=0.67^{**}$



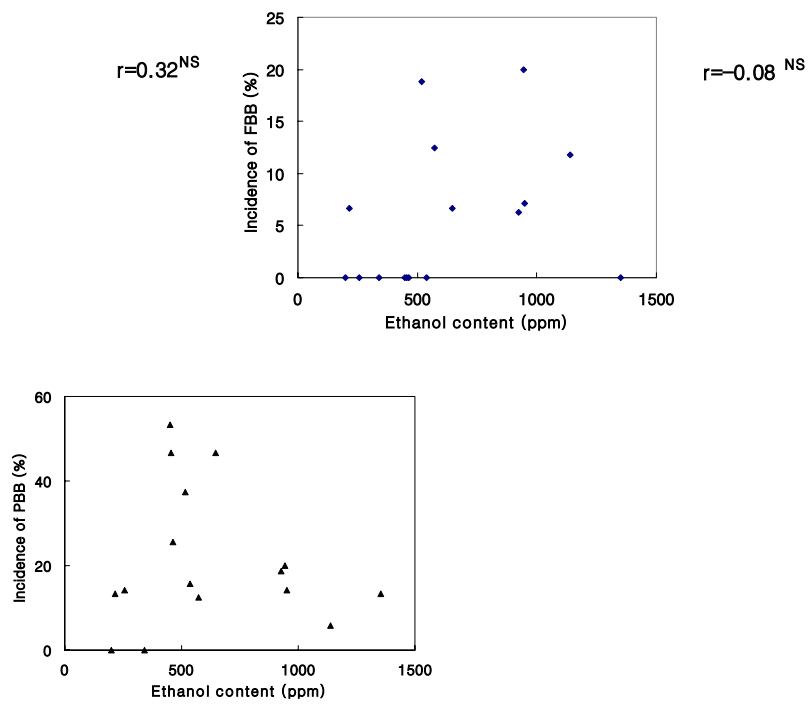


Fig. 1. Relationship between the incidence of MA-related disorders and ethanol content in the fruit immediately after 4 month storage of 'Fuyu' persimmon.

4. 요약

‘부유’ 단감의 저장 중 발생하는 갈변 장애는 저산소 조건이 1차 유기 요인이며 고이산화탄소는 상가적인 요인으로 해석되었다. 장애 발생율과 과실의 품질을 종합해 볼 때, CA 혹은 MA 저장 중 산소농도는 1.0kPa 이상 유지되어야 할 것으로 판단된다. 산소농도 1.0kPa 조건에서 이산화탄소 농도의 적정수준, 즉, 기존의 9-10% 까지 높은 수준이 필요한가에 대해서는 저장 직후와 유통 후 과실 품질요인 변화 조사 등 심도있는 보완연구가 필히 뒤따라야 할 것으로 생각된다. 한편, 과실 품질을 최적 수준으로 유지하기 위해서는 온도를 -1.0°C 유지하는 것이 유리한 것으로 조사되었다.

과실 조직간 가스 조성이나 호흡속도 조사 결과는 과육갈변 장애(FTB) 발생의 조직 특이성이 단순한 조직 내 이산화탄소나 산소 농도에 의해 발현되는 것이 아님을 시사하고 있다. 다만, TFB가 발생하는 상부조직은 생화학적으로 혐기성호흡이 심하게 일어나 에탄올이 축적되고 그에 따라 다른 부위와는 다른 특이한 장애 현상이 나타나는 것으로 풀이되며 이 상부조직이 다른 조직에 비해 장애에 민감한 생리특성을 가지고 있는 것으로 유추된다. 현재까지 조사한 생리, 생화학적 요인만으로는 왜 상부조직이 유독 혐기성 호흡을 하는가에 대한 명쾌한 해석을 내리기 어려우므로 과실 상부조직(style end)이 갖는 이상대사의 원인을 생화학 대사의 차이, 유효 산소 농도 및 해부학적 관점에서 다각적으로 밝혀야 할 것이다.

5. 참고문헌

- Choi, S.J., 1998. The relationship among flesh browning, membrane permeability, and fatty acid composition in ‘Fuyu’ persimmon fruit. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 5:35-39.
- Choi, S.J., Yang, Y.J., and Lee, C.H., 1998. The physiological properties of ‘Fuyu’ persimmon fruits suffering from blossom-end browning disorder. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 39:741-744.
- 최성진. 1997. ‘후지’ 사과 과실의 과육 갈변과 관련된 생리적 특성. *한국원예학회지* 38:250-254.
- Kader, A.A., (1995). Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. *Acta*

Horticulture, **398**, 59-70.

- Kim, M.S., Oh, S.D., and Son, D.S., 1999. Effect of seedlessness on the incidence of flesh browning during MA storage in non-astringent persimmons (*Diospyros kaki* L.). *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 40:79-82.
- Lee, E.J. and Yang, Y.J., 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 38:516-519.
- 이용재. 2001. 저산소와 저온에 의해 유기된 '부유' 단감의 modified atmosphere 저장 장애. *한국원예학회지* 42:725-731.
- Lee, Y.J., Lee, Y.M., Kwon, O.C., Jeong, S.J., Lee, Y.B., Cho, Y.S., Park, Y.M., and Kim, T.C., 2000. Effects of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 41:71-74.
- Lee, Y.M., Kwon, O.C., Cho, Y.S., Park, Y.M. and Lee, Y.J., 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 40:585-590.
- Lidster P.D., G.D. Blanpied, and E.C. Loughheed. 1985. Factors affecting the progressive development of low-oxygen injury in apples. In S.M. Blankenship (ed.) *Proc. 4th National Controlled Atmosphere Res. Conf. July 1985. Hort. Rpt.* 126, North Carolina Univ. Raleigh.
- Park, Y.M., Blanpied, G.D., Jozwiak, Z., and Liu, F.W., 1993. Postharvest studies of resistance to gas diffusion in 'McIntosh' apples. *Postharvest Biology and Technology* 2:329-339.
- Park, Y.M., 1990. Gas exchange in apples: pathway for gas exchange, changes in resistance to gas diffusion during fruit development and storage, and factors affecting the changes. PhD thesis. Cornell Univ. Ithaca, NY, 116 pages.
- Park, Y.M. and Lee, S.K., 1991. Susceptibility of 'Fuji' apples to low-oxygen injury and high-carbon dioxide injury during CA storage. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 33:38-43.

- Park, Y.S., Na, T.S., and Lee, K.M., 1997. Effects of O₂ and CO₂ treatments within polyethylene film bags on the fruit quality of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits during storage. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 38:510-515.
- Park, Y.S., 1999. Changes in the incidence of fruit skin blackening, phenolic acids, and ethanol production of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits during CA and MAP storage. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 40:83-87.
- Saltveit Jr., M., 1982. Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissues by gas chromatography. *HortScience* 17:878-881.
- Yang, Y.J., 1997. Effects of controlled atmospheres on storage life in 'Niitaka' pear fruit. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 38:734-738.
- Yang, Y.J., Choi, S.J., and Lee, C.H., 1999. Effects of exposure to elevated CO₂ atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 40:352-354.

제 3 절 과피흑변 방지를 위한 환경조건 구명과 처리

1. 서 론

단감(*Diospyros kaki* L.)은 세계적으로 한국과 일본, 중국에서 주로 재배되는 동양 특유의 과실이나 최근에는 뉴질랜드, 호주, 이탈리아(59천톤), 브라질(41천톤), 칠레(27천톤), 이스라엘(13천톤), 대만(9천톤), 미국(3천톤)등 서양의 여러 나라에서도 단감을 생산하기 시작하여 세계적인 과실로 부상하고 있다. 우리나라 단감 재배면적은 2001년에 22,807ha로 전체 과수 재배면적의 12.7%를 차지하고 있으며, 과종 별 재배면적에서 사과, 감귤, 포도, 단감, 배, 복숭아 순으로 주요 과수로 대두되었다.

국내 단감 생산의 80% 이상을 차지하는 '부유' 단감은 온대과수로서 기온의 영향을 크게 받으며 연평균 기온은 13℃이상이고, 휴면기인 11~12월경에 -14℃이하로 내려가지 않는 지역에서 재배가 가능하며 우리나라에서는 주로 남부 온난한 지역에 한정되어 재배되고 있다. '부유' 단감은 결실연령에 빨리 도달하므로 결실기가 빠르고, 꽃눈이 많이 생기며, 해거리가 적은 다수성 품종이다.

나무에서 완전히 탈삼되는 완전단감으로 과실의 크기는 200g의 보통 크기이며, 당도는 15~16%로 높고, 저장성이 강하고 수송력이 높다. 다른 품종에 비해 과정부 열과나 과피 열과 등의 생리장해가 거의 발생되지 않는 품질이 매우 우수한 과실이나(이와 이, 2001) 부적합한 재배환경과 약제살포 및 저장조건 등에 의해 여러 형태의 과피흑변 발생으로 상품성이 저하되는 문제를 지니고 있다. 하지만 이에 대한 원인구명과 방지대책에 관한 연구는 국내에서 매우 부족한 실정이다.

과피흑변은 크게 수확 전 성숙기에 나무에서 일어나는 樹上黑變과 저장 중 발생하는 흑변(浜地 등, 1974a, b; Kim 등, 1989; Lee, 1998)으로 나눌 수 있는데, 두 경우 모두 그 발생기작은 동일하며 세포의 손상으로 유출된 polyphenol 물질이 그 산화효소인 polyphenol oxidase의 작용으로 산소에 의해 산화되어 O-quinone이 축적되면 중합반응이 일어나 melanin 화합물이 생성되는데 그 정도의 열고 진함에 따라 갈변, 흑변으로 나타나며, 이 때 수분과 구리는 산화를 촉매 한다고 하였다(Thomson, 1964; Macheix 등, 1990; Kim 등, 1989).

'부유' 단감 과피에 발생하는 흑변은 매우 다양한 형태로 나타나는데, 선행 연구자들은 과피흑변을 크게 흑점상, 운형상, 파선상(浜地 등, 1974a)으로, 더 자세하게는 dotted, cloudy, broken line-like, vertical line-like, vertically striped,

wavy(Yamamura 등, 1984)로, 병원균과 과피흑변과의 관계에 대한 연구에서는 흑점상 과피흑변을 용기형, 중간형, 평골형, 함몰형으로 분류하였으며(田中, 1976), 이들의 발생원인은 주로 과실의 이상 비대에서 오는 과피 균열, 습도와 관련된 과원 환경, 약제에 의한 약해, 병원균 등이 관여하고 있다고 하였다.

그런데, 근년의 본 연구자의 관찰과 2000년도의 예비시험에서 위 선행연구자들의 기준에 의해 어느 하나의 형태로 분류하기 어려운 정부삼각 과피흑변(top-triangle black stain, Fig. 1)으로 규정지을 수 있는 것이 관찰되었는데, 이 흑변은 과실 정부의 얇은 골과 골 사이의 불룩한 부분에 일정하진 않으나 대체적인 삼각형 모양을 나타내며, 흑변부에는 함몰 및 번진 점상과 짧은 종선의 미세한 균열이 혼재되어 있고, 9월말에서 10월 초에 발생이 시작되어 수확기까지 점점 증가한다. 이는 기준에 발생되던 것과는 다른 새로운 형태의 과피흑변이라기 보다는 浜地 등(1974a)이 분류한 파선상이나 운형상 중의 어느 하나로 분류하기 어려우면서도 파선상이나 운형상 흑변을 나타내는 부분요소가 될 수 있는 특징을 지닌다. 무엇보다도 이 정부삼각 과피흑변은 따로 구분하여 원인을 구명해야 할 정도로 상당수의 농가에서 다량 발생하는데, 주로 보르도액을 살포하는 농가에서 많이 발생되는 것으로 농민들 사이에서 이야기되고 있다.



Fig. 1 Top-triangle black stain.

하지만 보르도액은 방제범위가 넓고 효과가 높으며 약효가 오래 지속되고 비용이 저렴하여 국내에서 상당수의 농가가 현재에도 보르도액을 사용하고 있는데, 이들 농가 사이에도 그 발생과 양상에 차이를 보이고 있다. 이에 과원의 습도환경과 보르도액 살포가 과피흑변 발생에 미치는 영향과, 특히 정부삼각 과피흑변의 발생원인을 구명하고자 각기 다른 과원환경에 약제 종류와 보르도액 살포 방법을 달리하고, 또 재배 중 감에 봉지를 씌워 봉지 내 온·습도, 광 등의 미세 환경과 약제 부착 정도가 조절되게 하였다. 이를 통하여 요인들간의 상호작용과 과원환경과 약제 요인이 복합될 때 나타나는 종합적인 관계를 구명하고자 하였다.

한편, 저장 중 발생하는 과피흑변은 polyphenoloxidase가 과피에 다량 존재하는 phenol류를 산화시키기 때문이다. 이 때 과피의 미세한 상처나 균열은 과피흑변을 더욱 조장한다. 그러므로 열처리를 하여 polyphenoloxidase를 싹살시키거나 과피의 균열을 회복시키면 과피흑변을 방지할 수 있을 것이며, 또한 과면에 기생하는 병해충에 대한 살균, 살충 효과가 기대되어 열처리와 coating 처리로 과피흑변과 병과 발생을 줄이고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 과피흑변 발생에 미치는 과원환경과 약제처리의 영향

1) 공시과수 및 시험포장 위치

본 시험은 2000년도에 예비시험이 있었고, 2001년도의 자료를 본 논문에 사용했으며, 2002년도에 확인시험이 있었다. 공시과수는 10~30년생의 '부유' 단감 (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) 나무를 사용하였다. 시험포장의 위치는 경남 밀양시 하남읍 수산리의 낙동강변에 접한 주간형의 산 밑 평지과원(Flat - river surrounds - central leader; F-Ri-CL)과 이와 바로 접한 변칙주간형의 경사지 과원(Slant - river surrounds - modified central leader; S-Ri-MC) 및 초동면에 도로와 접하고 있는 주간형의 경사지과원(Slant - road surrounds - central leader; S-Ro-CL)과 주변에 논이 있는 변칙주간형의 경사지 과원(Slant - field surrounds - modified central leader; S-Fi-MC)을 선정하고 한 그룹을 1반복으로 하여 3반복 처리하였다. 과피흑변 조사는 11월 2일과 3일에 지상으로부터 70cm 이상에 착과된 과실을 수확하여 11월 4일 육안으로 과피흑변을 조사했는데, 수관하부에 대한 조사는 70cm 이하에서 수확되었다. 자료정리는 SAS Program을 이용하여 Duncan 다중검정 하였다.

2) 시험포장 온·습도 및 결로 측정

온·습도는 수관 내부의 지상 1.5m 위치에 자동 온·습도 기록계(TR-72S, T&D corporation, Japan)를 설치하고, 8월 1일부터 10월 30일까지 30분 간격으로 측정하여 10일간의 평균으로 나타내었으며, 결로시간은 상대습도가 99% 이상을 나타내는 시간을 합산하여 1일 평균하였다. 결로량은 오전 6시 30분경에 과피면에 부착된 물을 채취하여 무게를 측정하였는데 한 처리구에서 과실 3개씩 3반복 측정하여 과실 3개에 대한 평균으로 나타내었다.

3) 약제살포

약제의 조성 및 살포시기는 table 1과 같으며, 보르도액은 6월 10일과 7월 26일은 2:10식으로, 7월 24일과 8월 14일은 2.5:12.5식으로 제조하였다. 살포는 동력 고압분무기를 40kg/cm²의 압력으로 조정하여 사용하였다. 약대는 이중관 또는 단관으로 된 회전형 노즐을 사용했으며 직경 1.8mm의 세라믹 분사판을 끼워 사용하였다.

4) 보르도액 제조

2:10식(황산구리 2kg : 생석회 10kg/1,000L)으로 1,000L씩 제조하여 살포하였는데 이를 자세히 설명하면, 물 490L에 황산구리 2kg를 녹인 액 10L가하여 묽은 황산구리용액을 준비하고, 한편으로 물 200L에 생석회 10kg을 넣어 소화(slaking)시킨 다음, 280L의 물을 가하여 석회유를 만든 후, 완전히 냉각된 석회유를 잘 저으면서 여기에 황산구리용액을 조금씩 넣어 보르도액을 제조하였다. 여기에 진착체로 콩가루 1kg을 10L에 녹여 가하고, 첨가되는 약제는 물 10L에 용해하여 가하였다.

5) 병원균 탐색

병원균 탐색을 위해 수확 후 각 유형별 흑변 부위를 절취하여 90% 에탄올에 30초간 멸균하고, 멸균수에 3회 세척하여 PDA배지(potato dextrose agar)에 치상 한 후 25℃에서 4차례 계대배양하면서 순수분리 한 후 현미경으로 포자 및 균사의 형태로 병원균을 탐색하였다.

Table 1. Composition and spray season of agricultural chemicals.

Treatment ^z	Nozzle	First (June 10)	Second (June 26)	Third (July 24)	Forth (Aug. 14)	Fifth (Oct. 15 or Sep. 4)
B2+O2+D	Screwed double tube	Bordex EPN	Thiopan Dimethoate Phenthoate	Bordex Cartap	Thiopan Dimethoate Phenthoate	
B2+O3+D	Screwed double tube	Bordex EPN	Thiopan Dimethoate Phenthoate	Bordex Cartap	Thiopan Dimethoate Phenthoate	Oct. 15 Thiopan
B2+O2+M	Screwed mono tube	Bordex EPN	Thiopan Dimethoate Phenthoate	Bordex Cartap	Thiopan Dimethoate Phenthoate	
B4+D	Screwed double tube	Bordex EPN	Bordex Fenitrothion	Bordex Cartap	Bordex EPN	
O5+D	Screwed double tube	Benomyl EPN	Thiopan Dimethoate Phenthoate	Benomyl Cartap	Thiopan Dimethoate Phenthoate	Sep. 4 Dimethoate Phenthoate Benomyl

* Spray whole diameter is 1.8mm.

^zB2+O2+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Double tube

B2+O3+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide triple + Double tube

B2+O2+M: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Mono tube

B4+D: Bordex mixture four times + Double tube

O5+D: Organic pesticide five times + Double tube

나. 봉지 내 미기상이 과피혹변 발생에 미치는 영향

1) 공시과수 및 시험포장 위치

본 시험은 2000년도에 예비시험이 있었고, 2001년도의 자료를 본 논문에 사용하였다. 공시과수는 30년생 '부유' 단감(*Diospyros kaki* cv. Fuyu)나무였으며 위치는 시험1의 낙동강변에 접한 변칙주간형의 경사지과원(Slant - river surrounds - modified central leader; S-Ri-MC)이었다.

2) 봉지 및 봉지 씌우기

봉지종류는 전화번호부 봉지(telephone book paper), 사과 이중 봉지(apple two-layer paper bag), PE 필름 봉지(polyethylene bag), 방충망(insect control net)을 공시하여 무처리와 비교하였다. 전화번호부 봉지는 비와 바람에 의해 찢어지는 것이 많이 발생하여 자료로서 의미가 없어 통계처리에서 제외시켰다. 시험에 사용된

봉지의 하단부 모서리에는 공기와 물이 통과할 수 있는 직경 2mm 정도의 구멍을 두었다. 봉지의 특성은 Table 2와 같은데, 봉지 크기는 비슷하였고, 두께는 종류에 따라 다소 차이가 있었다. 사과이중봉지는 외지의 바깥쪽은 회백색이나 안쪽은 흑색이고, 내지는 균청색이며 파라핀 왁스처리가 되어 있었다. 봉지의 광선투과율은 조도계(L260393, EXTECH instruments)로 측정하여 자연광 100에 대한 비율로 환산하였다.

봉지 씌우기는 생리적 낙과가 거의 끝난 7월 17일에 나무 3그룹을 선정하여 전화번호부 봉지, 사과이중봉지, PE 필름 봉지, 방충망, 무처리의 5가지를 완전임의 배치법으로 각각 200 반복 처리하였다. 봉지를 씌우는 방법은 먼저 봉지를 될 수 있는 한 과면에 접촉되지 않도록 벌리고 과경이 짧으므로 봉지 입구를 과경부에 밀착시켜 틈이 없게 하여 플라스틱 코팅된 철사로 단단히 결속시켰다.

3) 봉지 내 온·습도 조사

봉지 내부의 온·습도를 온·습도계(TR-72S, T&D corporation)를 이용하여 8/17~8/18, 9/4~9/5, 9/27~9/28, 10/14~10/15, 11/2~11/3일 5회 측정하였는데 18시부터 다음날 18시까지 10분 간격으로 측정하여 최저·최고 및 일 평균으로 나타내었고, 결로시간은 상대습도가 99.0% 이상을 나타내는 시간을 합산하여 일 평균하였다.

4) 과피흑변 조사 및 과실특성 조사

11월 5일에 수확하여 육안으로 과피흑변을 조사하였다, 중량은 과실 각각의 무게를 측정하여 평균하였고, 각 처리구에서 중간 크기 20개의 과실을 선정하여 5mm 직경의 탐침으로 경도(木屋製作所, Cat. No. 166)를 측정하였고, 적도부의 과피 바로 밑가로, 세로, 높이 1.5mm의 크기로 채취 후 착즙하여 굴절당도계로 측정하였다. 건물중은 직경 10mm의 borer를 사용하여 10mm 깊이로 채취하여 85℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 측정하였다, 비중은 건물중과 동일한 방법으로 채취하여 물의 비중 1을 기준으로 한 질량/부피 법으로 측정하였다. 색도는 육안으로 보아 과피 전체에서 가장 중간 정도의 색을 띄는 부위를 골라 색도계(Nippon denshoku INC. CO. LTD. Model No. NR-3000)로 측정하여 Hunter L(lightness), a(greenish-redness), b(blueness-yellow ness)로 나타내었다. 자료정리 및 통계처리는 시험1과 동일하였다.

5) 병원균 탐색

병원균 탐색은 시험1과 동일하였다.



Fig. 2 Bagging of the kinds of bags.

Table 2. Physical characteristics of bags treated.

Type of bag ^z	Size			Weight (g)	Face color	Illuminance intensity (lux)	Light transmittanc (%)
	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (μm)				
Control						47100	100
ICN	18.5	14.7	330	2.76	Blue	35000	74.0
ADP	17.5	14.5	40 (inner) 80 (outer)	4.78	Dark blue Black(inside) White-gray(outside)	39	0.082
PE	18.8	15.0	25	1.24	Colorless	42700	90.0

^zICN: insect control net, ADP: apple two-layer paper, PE: polyethylene

다. 과피흑변 방지를 위한 저장 전 heating 및 coating 처리 효과

1) 공시과수 및 시험포장 위치

울산시 범서면 척과리에 위치한 경사지에서 관행적으로 재배된 ‘부유’(*Diospyros kaki* T. cv. Fuyu) 단감을 수확하여 3일 예건 한 후 200-210g의 과실을 air heating 과 hot water 및 coating 처리한 후 55 μ m, 폭이 14.5cm인 PE 필름 봉지에 과실을 5개씩 넣어 각 처리 당 10봉지씩 저장하였으며 1봉지를 1반복으로 통계처리 하였다. 저장 온도는 $-0.5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 관리되었으며, 냉각기의 서리 제거는 하루에 세 번 20분간 행하였다.

2) Air heating, hot water 및 coating 처리

Air heating은 60 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15분, 70 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15분, 80 $^{\circ}\text{C}$ 에서 30분, 90 $^{\circ}\text{C}$ 에서 30분 처리하였고, hot water 및 coating은 열처리 후 과실을 상온에 두어 온도를 내린 다음 coating하였다. 처리 조합은 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15분, 55 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15분, 60 $^{\circ}\text{C}$ 에서 5분, 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15min+0.3% chitosan 과피정부, 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15분+0.3% chitosan 과면전체, 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15min+0.3% nocc 과피정부, 50 $^{\circ}\text{C}$ 에서 15min+0.3% nocc 과면전체였다.

3) 과피흑변 및 과실특성 조사

발생률은 과실의 표면에 발생한 과피흑변과 갈변을 육안으로 관찰하여, 발생률 (Occurrence %): 발생과실 수/총조사 과실 수 $\times 100$. 발생표면적은 과실 1개의 표면적을 100으로 하여 발생한 면적의 비로 나타내었다. 색도는 육안으로 보아 과피전체에서 가장 중간 정도의 색을 띄는 부위를 골라 색도계(Nippon denshoku INC. CO. LTD. Model No. NR-3000)로 측정하여 Hunter L(lightness), a(greenish-redness), b(blueness-yellowness)로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

가. 과피흑변 발생에 미치는 과원환경 및 약제처리의 영향

과원환경이 ‘부유’ 단감의 정부삼각 과피흑변 발생에 미치는 영향을 보고자 경남 밀양시 하남읍 수산리의 낙동강변에 접한 주간형의 산 밑 평지과원(Flat - river surrounds - central leader; F-Ri-CL)과 이와 바로 접한 변칙주간형의 경사지 과원(Slant - river surrounds - modified central leader; S-Ri-MC) 및 초동면에 도로와

접하고 있는 주간형의 경사지과원(Slant - road surrounds - central leader; S-Ro-CL)과 주변에 논이 있는 변칙주간형의 경사지 과원(Slant - field surrounds - modified central leader; S-Fi-MC)을 선정하여 수관 내부의 온·습도 및 결로 시간과 과면 결로량을 조사하였다. 과원별 평균 온도(Fig. 3)는 1-2℃ 정도의 차이를 보였는데 과원의 위치보다는 수형에 의한 차이가 컸다. 변칙 주간형은 밀양 기상대에서 관측한 대기 중 기상과 거의 동일하였으나 주간형은 이보다 낮았다. 이는 주간형이 변칙주간형 보다 수형이 다소 복잡하여 차광 정도가 심한 것이 그 원인으로 생각된다. 수관 내부의 상대습도(약 85%)가 대기중의 상대습도(약 70%)보다 다소 높았으며(Fig. 4) 온도와 마찬가지로 과원의 위치보다는 수형에 의한 차이가 컸다. 상대습도가 높은 과원이 반드시 결로 시간(Fig. 5)이 긴 것은 아니었다. 즉 S-Ri-MC 과원은 상대 습도는 S-Ro-CL 과원보다 낮으나 주·야간 습도차가 커서 결로시간이 더 길게 나타났다. 이는 지형과 주위 환경의 영향을 받은 것으로 생각된다. 결로시간은 모던 과원에서 과피흑변 발생에 영향을 미칠 것으로 생각되는 수확 1, 2 주전인 10월 말에 크게 증가하는 경향을 보였는데, S-Fi-MC 과원은 다른 과원에 비해 2-3 시간정도 짧았다. 과면 결로량(Fig. 6)은 모던 과원에서 여름에서 가을로 갈수록 증가하는 경향이였다. S-Fi-MC 과원은 S-Ro-CL 과원보다 상대습도가 낮고 결로시간도 짧았으나 결로량은 많았다.

과원별 정부삼각 과피흑변(Table 3)은 F-Ri-CL, S-Ri-MC, S-Ro-CL, S-Fi-MC 순으로 F-Ri-CL 과원은 23.4%의 발생률을 보인 반면, S-Fi-MC 과원은 9.9%로 최고 2배 이상의 차이를 보였다. F-Ri-CL 과원은 습도, 결로시간 및 결로량이 가장 높은 과원으로 습도환경이 정부삼각 과피흑변 발생에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. S-Fi-MC 과원은 결로량은 가장 많았으나 S-Ri-MC 과원이나 S-Ro-CL 과원보다 습도와 결로시간이 낮은 것으로 볼 때 결로량 보다는 상대습도와 결로시간이 정부삼각 과피흑변 발생에 미치는 영향이 더 큰 것으로 생각되며, S-Ri-MC 과원과 S-Ro-CL 과원에서 볼 때 상대습도보다는 결로시간이 정부삼각 과피흑변 발생에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보인다. 즉 상대습도, 결로시간, 결로량이 정부삼각 과피흑변 발생에 복합적으로 영향을 미치는데, 결로량 보다는 상대습도가, 상대습도 보다는 결로 시간이 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

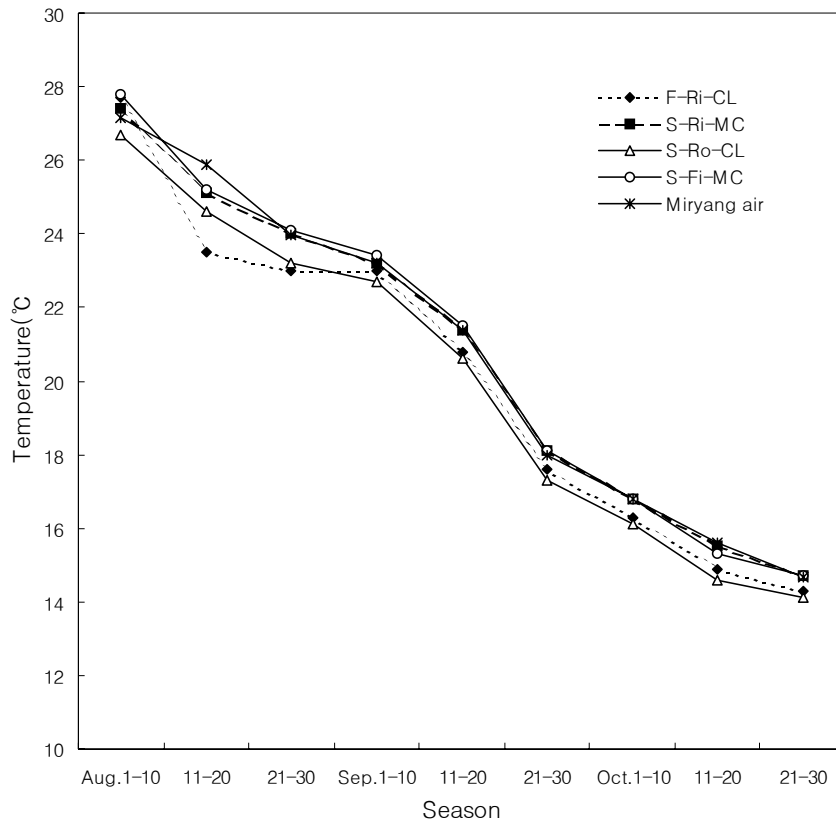


Fig. 3 Changes of temperature of orchard at 1.5m height inner tree crown in 2001.

F-Ri-CL; flat - river surrounds - central leader
 S-Ri-MC; slant - river surrounds - modified central leader
 S-Ro-CL; slant - road surrounds - central leader
 S-Fi-MC; slant - field surrounds - modified central leader

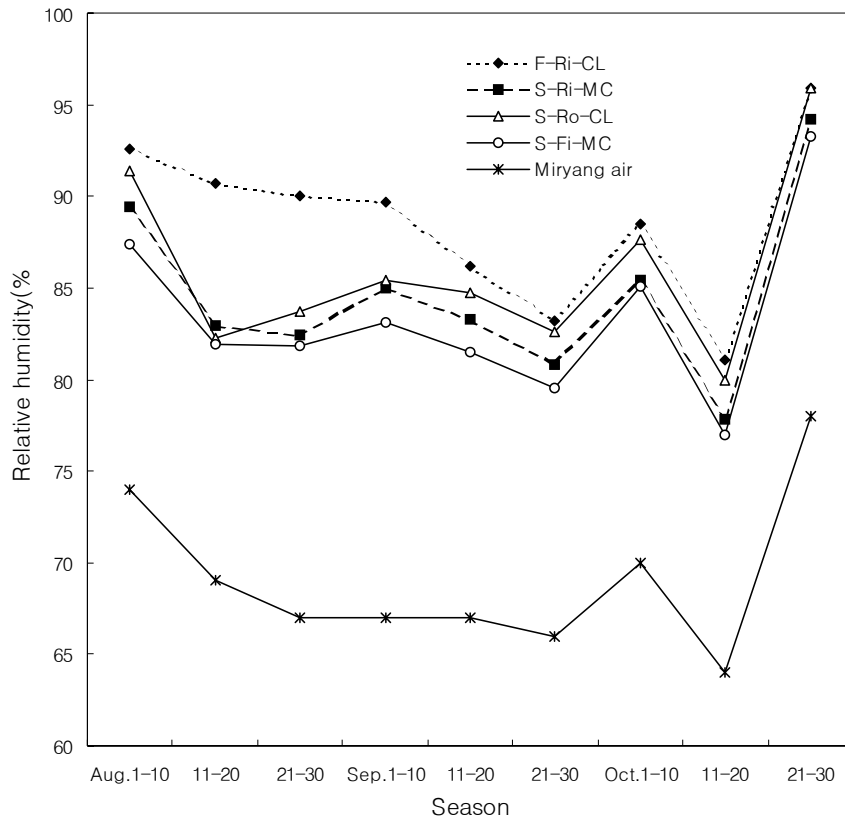


Fig. 4 Changes of relative humidity of orchard at 1.5m height inner tree crown in 2001.

F-Ri-CL; flat - river surrounds - central leader
 S-Ri-MC; slant - river surrounds - modified central leader
 S-Ro-CL; slant - road surrounds - central leader
 S-Fi-MC; slant - field surrounds - modified central leader

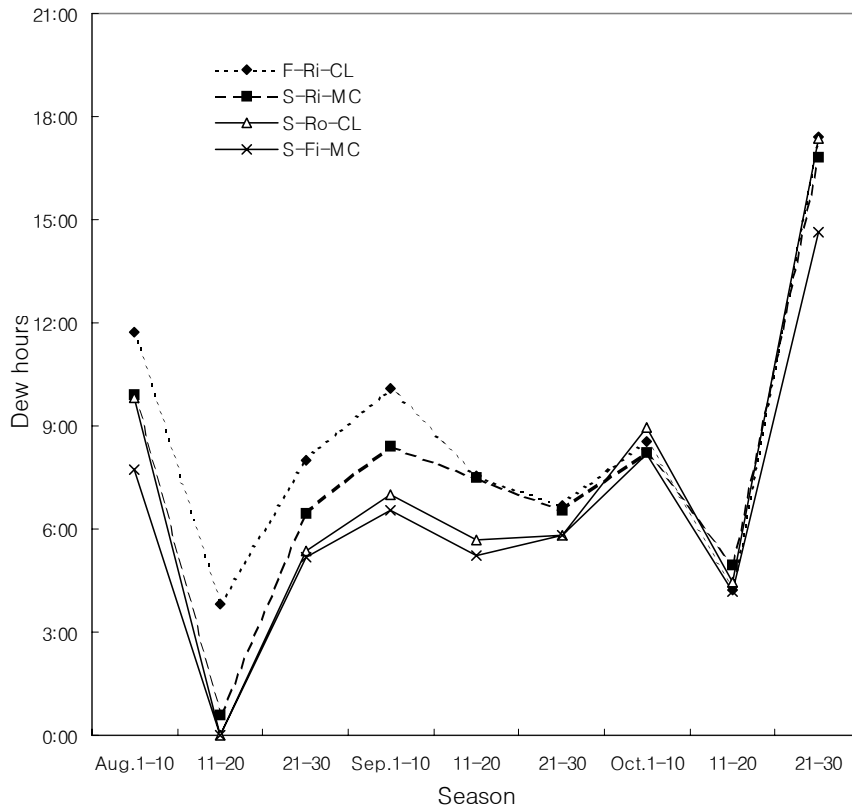


Fig. 5 Changes of dew hours of orchard at 1.5m height inner tree crown in 2001.

F-Ri-CL; flat - river surrounds - central leader
 S-Ri-MC; slant - river surrounds - modified central leader
 S-Ro-CL; slant - road surrounds - central leader
 S-Fi-MC; slant - field surrounds - modified central leader

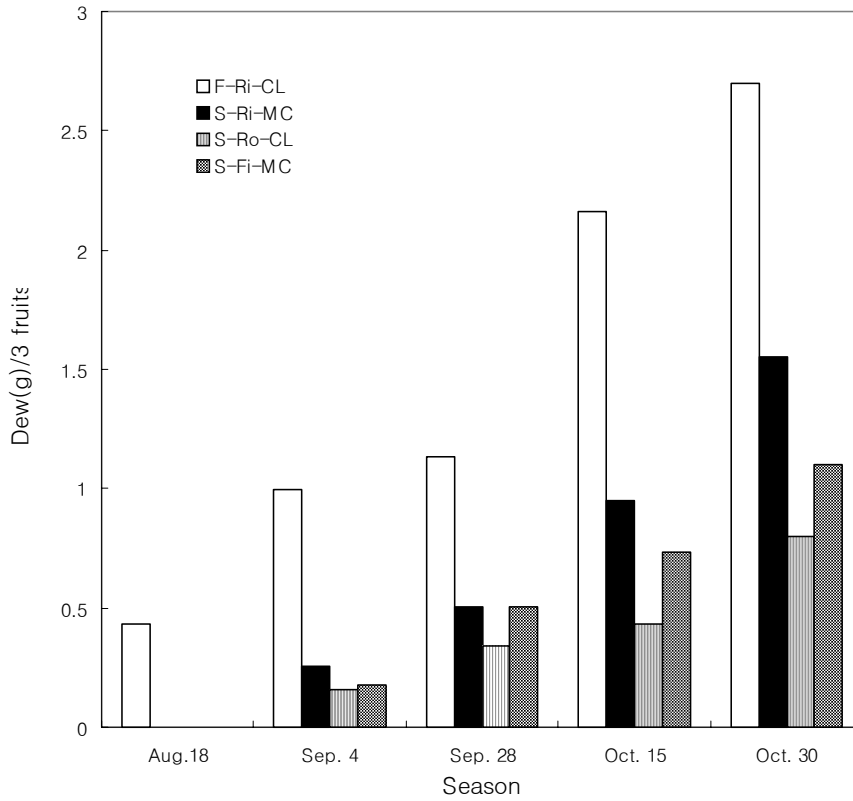


Fig. 6 Changes of dew grams of fruit surface at 1.5m height outer tree crown at 6:30 AM in 2001.

F-Ri-CL; flat - river surrounds - central leader
 S-Ri-MC; slant - river surrounds - modified central leader
 S-Ro-CL; slant - road surrounds - central leader
 S-Fi-MC; slant - field surrounds - modified central leader

약제 종류별 수관 상부와 하부의 정부삼각 과피흑변 발생률(Table 4)을 보면 약제 종류에 관계없이 수관 상부보다 수관하부에서 발생이 높았다. 이는 수관 상부보다 수관 하부의 상대습도가 높고, 잡초 등의 접촉물에 의한 과피 손상 등에 영향 받은 것으로 생각된다. F-Ri-CL와 S-Ri-MC 과원에서 약제 종류에 따른 정부삼각 과피흑변과 발생률(Table 5)을 보면 모든 약제 처리구에서 고습환경인 F-Ri-CL과원에서 발생률이 높았다. 이는 어떤 약제를 사용하더라도 과원의 상대습도, 결로시간, 결로량이 높을수록 정부삼각 과피흑변과 발생이 증가하는 것으로 생각된다. 정부삼각 과피흑변에 미치는 보르도액의 영향을 살펴보면 보르도액을 사용하지 않은 처리구(O5+D)보다 보르도액 2회 처리구(B2+O2+D)에서 다소 높은 경향이나 보르도액을 4회 살포(B4+D)한 처리구에서는 오히려 발생률이 낮으며 상대적으로 저습환경인 S-Ri-MC 과원에서는 매우 낮게 발생하였다. 이는 특이한 현상으로 더욱 깊은 연구가 필요하겠으나 고습환경에서는 과피에 부착된 보르도액의 구리 용해도가 높아 구리에 의한 약해를 다소 받는 것으로 생각되며 상대적인 저습환경에서의 4회 살포는 저습과 잦은 살포로 인해 석회와 구리 용해도를 적절히 낮추어 구리로 인한 약해를 방지하고 병원균에 대한 방제효과가 큰 것이 그 원인이 아닌가 추측된다.

노즐방식(B2+O2+M)의 차에 의해 과면에 가해지는 물리적인 충격은 정부삼각 과피흑변에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 수확 근접기에 병원균에 의한 영향을 보고자 10월 15일 톱신을 1회 더 살포한 처리구(B2+O3+D)에서도 큰 차이를 보이지 않았다.

보르도액(B2+O2+D)과 유기농약(O5+D) 살포에 따른 과피흑변과 유형별 발생률(Table 6)을 보면 정부삼각과 파선상 과피흑변은 거의 비슷하게 발생했으나 흑점상 과피흑변은 유기농약 처리구에서보다 보르도액 처리구에서 현저히 낮았다. 그런데 유기농약 처리구에서 발생하는 흑점상과 보르도액 처리구에서 발생하는 흑점상은 차이가 있는데, 전자는 원형으로 점이 작고 깊이가 얕으며 대체로 과면 전체에 퍼져있는 반면, 후자는 약간 부정형이고 점이 크고 깊으며 색이 진하며 특정부위에 집중된다. 또 보르도액 처리구에서는 용기형 흑점상은 전혀 발생되지 않는다. 野口(1977)등은 흑점상 흑변으로부터 기생균을 검출한 결과 상당한 탄저병이 검출되고, 그 외 수 종류의 균도 검출된다고 하였다. 田中(1976) 등은 흑점상 과피흑변과로부터 고빈도의 탄저병 균을 분리하여 이 분생포자의 크기가 종래부터 알려지고 있는 감의 탄저병 균과 같은 것이거나 약간 다른 것이 보인다고 하였다. 과피흑변의 유형과 병

원균과의 관계를 살펴보면(Table 7) 흑점상 흑변은 병원균에 의해 발생되었을 가능성이 높아 보이고 정부삼각과 파선상 흑변은 과원내의 습도환경과 과실의 비대에 의한 과피면의 균열이 일차적 원인이고 병원균은 그 이후에 기생하는 것으로 생각된다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때 보르도액은 흑점상 과피흑변을 억제하는 효과가 크고, 정부삼각 과피흑변을 다소 조장하는 경향이 있으나 저습환경의 과원에서는 전체적인 과피흑변 발생을 크게 조장하지 않는 것으로 생각되며, 보르도액 자체보다는 과원의 고습환경이 과피흑변과 발생을 증가시키는 더 큰 원인으로 작용하는 것으로 사료된다.

Table 3. Occurrence of top-triangle black stain of 'Fuyu' persimmon according to different environment of orchards.

Top-triangle black stain ^Z (%)			
F-Ri-CL ^y	S-Ri-MC	S-Ro-CL	S-Fi-MC
23.4 a ^x	19.0 ab	11.2 c	9.9 c

^ZBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

^yF-Ri-CL; flat - river surrounds - central leader

S-Ri-MC; slant - river surrounds - modified central leader

S-Ro-CL; slant - road surrounds - central leader

S-Fi-MC; slant - field surrounds - modified central leader

^xMean separation within rows by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 4. Occurrence of top-triangle black stain of 'Fuyu' persimmon in upper and under portion of tree crown of flat-river surrounds-central leader.

	Top-triangle black stain ^Z (%)				
	B2+O2+D ^y	B2+O3+D	B2+O2+M	B4+D	O5+D
Upper portion	23.4 ab ^x	25.2 ab	30.0 a	18.7 b	21.0 b
Under portion ^w	34.6 c	46.6 b	59.0 a	31.2 c	45.4 b

^ZBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

^yB2+O2+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Double tube

B2+O3+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide triple + Double tube

B2+O2+M: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Mono tube

B4+D: Bordex mixture four times + Double tube

O5+D: Organic pesticide five times + Double tube

^xMean separation within rows by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

^wUnder portion is the height of 70cm from ground

Table 5. Occurrence of top-triangle black stain of 'Fuyu' persimmon affected by pesticides in different environment of orchards.

	Top-triangle black stain ^Z (%)				
	B2+O2+D ^y	B2+O3+D	B2+O2+M	B4+D	O5+D
F-Ri-CL ^x	23.4 ab ^w	25.2 ab	30.0 a	18.7 b	21.0 b
S-Ri-MC	19.0 a	19.2 a	18.9 a	9.9 b	17.2 a

^ZBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

^yB2+O2+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Double tube

B2+O3+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide triple + Double tube

B2+O2+M: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Mono tube

B4+D: Bordex mixture four times + Double tube

O5+D: Organic pesticide five times + Double tube

^xF-Ri-CL; flat - river surrounds - central leader

S-Ri-MC; slant - river surrounds - modified central leader

^wMean separation within rows by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 6. Occurrence of black stain of 'Fuyu' persimmon affected by spray of bordex mixture and organic pesticide in flat-river surround - central leader.

	Black stain(%)				Total
	Sunken dot	Risen dot	Top-triangle ^z	Vertical stripe	
B2+O2+D ^y	36.7 b ^x	0.0 b	23.4 a	16.7 a	53.3 b
O5+D	60.0 a	13.3 a	21.0 a	20.3 a	73.3 a

^zBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

^yB2+O2+D: Bordex mixture twice + Organic pesticide twice + Double tube

O5+D: Organic pesticide five times + Double tube

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 7. Pathogenic fungi according to type of black stain.

Type of black stain	Pathogen	Replication			Total
		I	II	III	
Top-triangle ^z	Pathogenic			2	2
	Non-pathogenic	1	1		2
Vertical stripe	Pathogenic		1		1
	Non-pathogenic	1		2	3
Sunken dot	Pathogenic	1	1	1	3
	Non-pathogenic			1	1
Risen dot	Pathogenic	1	1	1	3
	Non-pathogenic				0
Normal skin	Pathogenic				0
	Non-pathogenic				0

^zBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

나. 봉지 내 미기상이 과피흑변 발생에 미치는 영향

봉지 종류별 봉지 내 평균 온도(Table 8, Fig. 7)는 큰 차이를 보이지는 않았으나 PE 필름 봉지가 다소 높았고 사과이중봉지가 약간 낮았다. 상대습도(Table 8, Fig. 8)는 PE 필름 봉지가 95% 정도로 가장 높았으며, 무처리, 방충망, 사과이중지는 80% 정도로 이들간에 큰 차이는 없었으나 사과이중지가 무처리나 방충망 처리구보다는 약간 높았으며 방충망은 무처리보다 약간 낮았다. 결로 시간(Table 8, Fig. 9)은 PE 필름이 일일 평균 17시간 정도로 가장 높았고 다른 처리구는 비슷한 경향이나 무처리, 방충망, 사과이중지 순이었다.

봉지 종류별 총 과피흑변과 발생률(Table 9)은 상대습도가 높고 결로 시간이 긴 PE 필름에서 발생률이 가장 높게 나타나 전체적인 과피흑변 발생에 습도환경이 미치는 영향이 매우 큰 것으로 생각되었다. 정부삼각 과피흑변은 가장 고습조건인 PE 필름보다 무처리에서 더 많이 발생했으며, PE 필름에서는 오히려 과선상 흑변이 매우 높게 발생했고, 방충망과 사과이중봉지에서는 거의 발생되지 않았다. 이는 방충망 봉지와 사과이중봉지는 상대습도에 의한 결로 시간이 무처리보다 짧고 비나 이슬이 과면에 맺히는데 물리적인 저해작용을 했기 때문으로 생각된다. 즉, 가지나 잎, 과면을 타고 내리는 물과 과면의 적도부와 기부에 주로 맺히는 이슬을 방충망이 봉지 내로 통과시키지 않고 망을 통해 흘러내리게 함으로써 과면 결로를 줄이고, 일부 결로가 되어도 방충망과 과면사이에 확보된 공간을 통해 통풍이 잘 이루어지는 것으로 생각된다. 또 무처리는 과실의 중량이 증가하면 무게에 의해 과실의 정부가 지면을 향하게 되므로 결로가 과정부에서 오래 머무르는 반면 PE 봉지는 과실의 적도부와 PE 봉지 사이에 물이 오랜 시간 맺히게 되고, 과중, 건물중, 비중, 경도(Table 10)를 고려해 볼 때 PE 필름 봉지안의 과실이 다소 높은 온도와 습도에 의해 과잉 비대되면서 조직이 치밀하지 못하여 과실 적도부에 굵은 과선의 균열을 동반하는 것이 과선흑변에 상조적으로 작용한 것으로 여겨진다. 한편, 보르도액의 영향을 받았을 가능성이 있는데, PE 필름봉지와 사과이중봉지는 6월 10일 보르도액이 살포되었고, 7월 24일 방제에는 봉지가 씌워진 상태이므로 과면에 보르도액이 살포되지 않았으나 무처리는 7월24일 보르도액이 살포되었으므로 보르도액에 의해 증가했을 가능성이 있다. 하지만 방충망봉지의 경우는 과면에 약제가 살포되는 조건은 무처리와 큰 차이가 없으나 정부삼각 과피흑변이 거의 발생되지않았다. 이로 볼 때 정부삼각 과피흑변은 보르도액에 의한 약해보다는 고습환경과 결로에 더 큰 영향을 받는 것으로 사

료된다.

함물집형 흑변도 습도환경에 크게 영향 받는 것으로 생각되며 병원균 침입이 용이한 방충망이 사과이중봉지보다 발생이 높고, 병원균이 많이 검출되는 것(Table 11)으로 볼 때 병원균이 관련되어 있는 것으로 생각된다. 네 처리구 모두 용기집형 흑변은 발생되지 않았다.

Table 8. Temperature, humidity and dew hours in the bags.

Season	Aug.17~18				Sep.4~5				Sep.27~28				Oct.14~15				Nov.2~3				
Bags ²	CON	ICN	ADP	PE	CON	ICN	ADP	PE	CON	ICN	ADP	PE	CON	ICN	ADP	PE	CON	ICN	ADP	PE	
<i>Temperature(°C)</i>																					
Minimum	22.5	22.5	22.5	22.5	16.8	17.2	17.0	17.1	12.4	12.8	13.0	12.6	8.8	9.1	9.4	8.9	5.3	6.0	6.2	6.3	
Maxim	35.2	34.1	33.7	34	31.1	31.8	30.3	32.4	35.9	34.8	30.5	38.1	37.9	37.7	31.0	36.7	15.1	16.4	15.5	16.9	
Mean	26.7	26.6	26.6	26.6	22.3	22.5	22.3	22.5	19.5	20.0	19.7	20.7	17.5	18.1	17.3	18.0	8.9	9.3	9.1	9.5	
<i>Humidity(%)</i>																					
Minimum	53	58	56	79	52	49	54	88	29	34	42	61	19	22	38	58	47	45	50	97	
Maxim	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	
Mean	81.2	83.2	82.3	95.6	78.9	77.5	78.4	98.0	79.7	78.7	79.7	92.0	78.9	77.7	80.0	91.7	82.7	82.4	83.4	99.0	
<i>Dew</i>																					
D.S.T. ^y	hour	00	00	01	19	03	05	06	18	21	21	00	18	20	21	23	18	21	21	22	18
	minute	50	50	50	10	40	00	10	10	40	40	10	20	30	00	10	10	20	30	50	00
D.E.T. ^x	hour	04	04	05	10	06	06	06	11	09	08	09	09	10	09	09	10	06	06	06	17
	minute	10	40	10	30	40	30	40	00	00	50	10	40	00	00	50	10	00	00	10	50
Dew hours	hour	04	03	03	15	03	01	00	17	11	11	09	15	13	12	10	16	08	08	07	23
	minute	20	50	20	20	00	30	30	50	20	10	00	20	30	00	40	00	40	30	20	50

¹ICN: insect control net, ADP: apple two-layer paper, PE: polyethylene

^yD.S.T. : dew start time ^xD.E.T. : dew end time

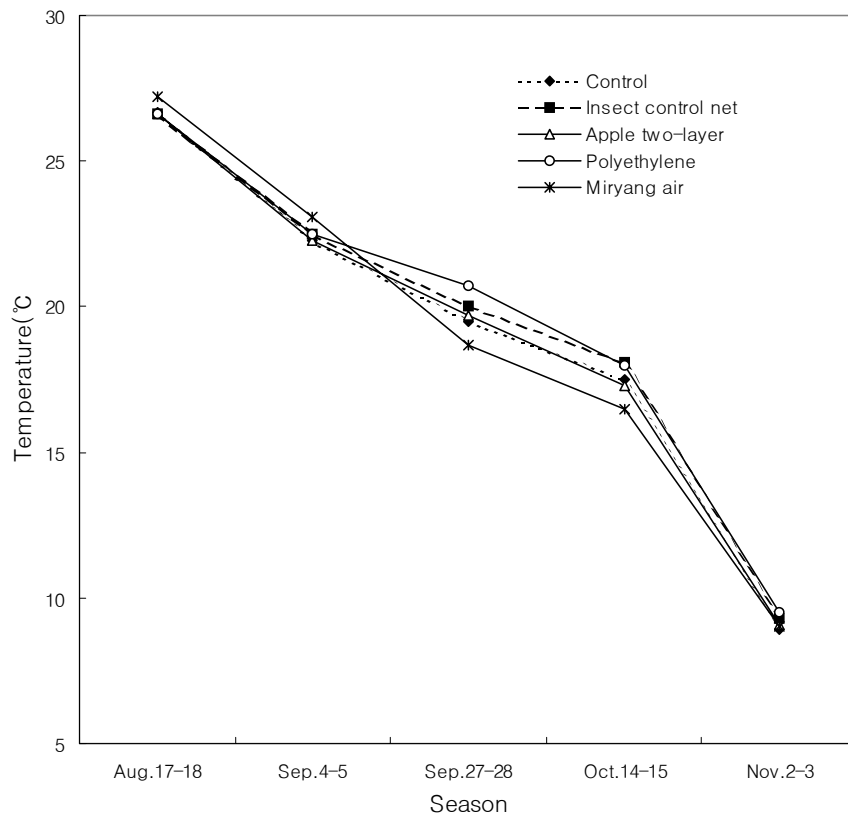


Fig. 7 Changes of temperature in bags outer tree crown in 2001.

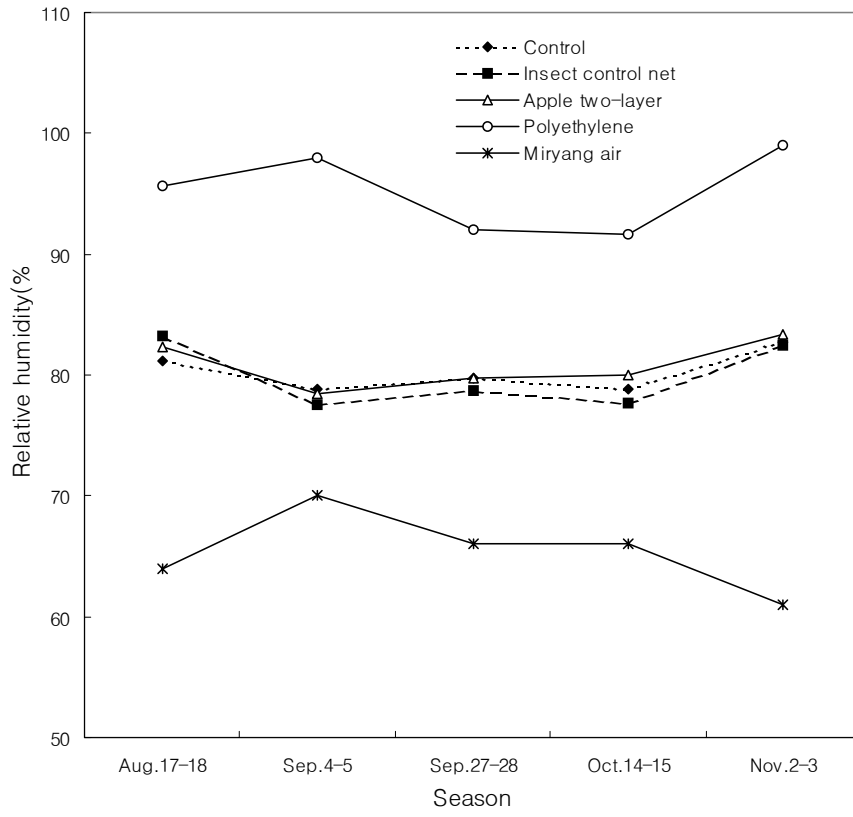


Fig. 8 Changes of relative humidity in bags outer tree crown in 2001.

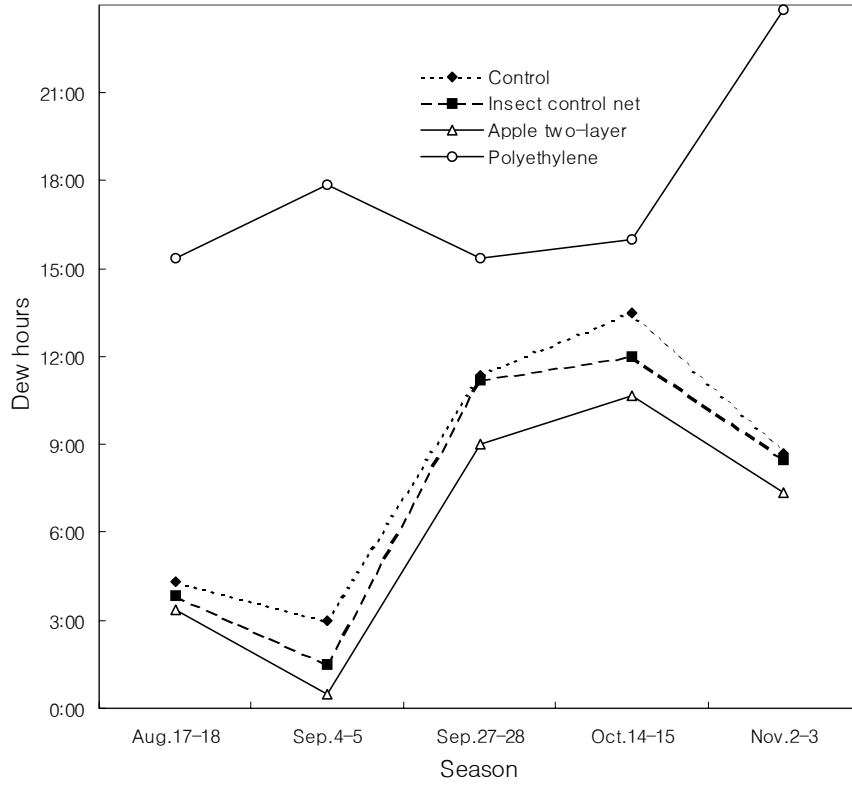


Fig. 9 Changes of dew hours in bags outer tree crown in 2001.

Table 9. Occurrence of black stain of 'Fuyu' persimmon affected by the kinds of bags in slant-river surrounds-modified central leader.

Type of bags ^z	Black stain(%)			
	Sunken dot	Triangle-cloudy ^y	Vertical stripe	Total
Control	21.7 b ^x	19.0 a	15.3 b	41.7 b
ADP	5.0 d	1.7 c	5.0 c	10.0 c
PE	25.0 a	10.4 b	31.7 a	57.0 a
ICN	13.3 c	0.6 c	0.0 c	13.3 c

^zICN: insect control net, ADP: apple two-layer paper bag, PE: polyethylene bag

^yBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

^xMean separation within rows by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 10. Weight, dry weight, specific gravity, firmness, s.s.c, hunter value of the fruit affected by the bags.

Type of bag ^z	weight (g)	Dry weight (g/100g F.W. ^y)	Specific gravity	Firmness (Φ5mm)	S.S.C (%)	Hunter ^x		
						L	a	b
Control	179 b ^w	20.12 a	0.9795 ab	4.47 b	16.6 a	50.2 c	16.8 a	29.3 c
ICN	178 b	20.17 a	0.9752 b	4.73 ab	16.5 a	51.7 bc	15.6 a	29.1 c
ADP	157 c	20.67 a	0.9817 a	4.91 a	16.6 a	57.7 a	12.6 b	31.5 a
PE	193 a	18.72 b	0.9668 c	4.46 b	14.9 b	53.2 b	15.5 a	30.2 b

^zICN: insect control net, ADP: apple double paper bag, PE: polyethylene bag

^yF.W.: fresh weight

^xHunter: L(lightness:0~100), a(green 60~red 60), b(blue 60~yellow 60)

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 11. Pathogenic fungi according to kinds of black stain in bagging fruits.

Type of black stain	Pathogen	Replication			Total
		I	II	III	
Top-triangle ^z	Pathogenic			2	2
	Non-pathogenic	1	1		2
Vertical stripe	Pathogenic		1		1
	Non-pathogenic	1		2	3
Sunken dot	Pathogenic	1	1	1	3
	Non-pathogenic			1	1
Normal skin	Pathogenic				0
	Non-pathogenic				0

^zBlack stain of top-triangle type with smeared dot and short vertical line on the top portion

다. 과피흑변 방지를 위한 저장 전 heating 및 coating 처리 효과

Air heating 처리(Table 1)에 의해 저장 중 포장 내의 산소나 이산화탄소 농도가 크게 달라지는 것 같지는 않으나 90℃,30분 처리구에서 이산화탄소 농도가 다소 낮은 것은 과도한 열처리에 의해 피사한 조직이 호흡을 하지 않은 것이 원인으로 생각된다. 거의 모든 처리구에서 과피흑변과 발생이 매우 낮았는데 이는 열처리의 효과보다는 포장 내의 산소농도가 매우 낮은 데에 원인이 있는 것으로 생각된다. 갈변은 80℃,30분 처리구에서 약간 발생되기 시작하여 90℃,30 분 처리구에서는 모든 과실이 갈변하였다. Air heating 처리에 의해 발생된 갈변의 형태는 가스 장해에서 발생하는 제1절 1. fig.1의 pitted blotch browning과 구별할 수 없을 정도로 동일하였다. 병과 발생도 처리간 큰 차이를 발견할 수 없었다. 본 시험을 통하여 과실이 air heating 처리에 대해 장해를 나타내는 온도는 알 수 있었으나 air heating 처리를 통한 과피흑변이나 병과 방지에 대해서는 더욱 세밀한 온도 조건과 시간을 조합하여 처리되어야 할 것으로 보이며 현실 적용을 감안할 때, 장비의 정밀한 온도제어와 설비기술이 매우 중요한 요인이 될 것으로 사료된다. 한편, 포장 내 산소 농도가 본 시험보다 조금 높은 조건이나 무포장 상태에서는 다소 효과가 있을 것으로 생각된다.

Table 12. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag and incidence of blackening and browning in MA storage of 'Fuyu' persimmon affected by hot air treatments.

Treatments	Oxygen (%)	Carbon dioxide (%)	Occurrence rate(%)		
			Blackening	Browning	Disease
Control	0.47 a	5.83 a	6.67 a	0.0 b	13.3 a
60℃,15min	0.60 a	6.0 a	0.0 a	0.0 b	20.0 a
70℃,15min	0.57 a	6.06 a	0.0 a	0.0 b	0.0 a
80℃,30min	0.50 a	6.0 a	0.0 a	6.67 b	13.3 a
90℃,30min	0.57 a	5.67 b	0.0 a	100 a	13.3 a

²Mean separation within each storage period columns by Duncan's multiple range test at P=0.05

Hot water와 coating을 조합한 처리에(Table 2)서는 60℃,5분 처리에서 과실의 호흡이 약간 감소한 것으로 보이는데, 이는 air heating 처리에서와 같이 과도한 열에 의해 과실의 조직이 괴사한 것이 그 원인으로 생각되며 이것이 pitting을 동반하는 과피갈변(PBB)으로 나타난 것으로 생각된다. 과피흑변은 hot water 처리에 의해 다소 감소하는 경향을 보였으나 과피흑변이 감소되는 처리 조건에서는 갈변(PBB)이 발생하는 것이 문제였는데, 50℃를 전후하여 온도와 처리시간을 잘 조합하면 과피흑변과 갈변을 동시에 방지할 수 있을 것으로 사료되었다. 산소가 매우 낮은 조건에서 저장된 본 시험과 같은 경우에 coating 처리는 과피흑변 방지에 크게 효과를 나타내지 못하는 것으로 나타났다. Hot water처리에 의한 병과의 발생은 유의하게 낮게 나타나 과실이 큰 해를 입지 않는 조건에서, 기생하는 병원균을 살균하여 병과 발생을 줄일 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 13. Concentrations of oxygen and carbon dioxide inside PE film bag and incidence of blackening and browning in MA storage of 'Fuyu' persimmon affected by hot water and coating treatments.

Treatments	Oxygen (%)	Carbon dioxide (%)	Occurrence rate(%)		
			Blackening	Browning	Disease
Control	0.61 b	6.06 ab	18.0 a	2.0 d	34.0 a
50℃,15min	0.63 b	5.86 c	8.0 abc	22.0 c	2.0 b
55℃,15min	0.69 b	5.66 d	6.0 bc	100 a	2.0 b
60℃,5min	0.96 a	5.48 e	0.0 c	100 a	2.0 b
50℃,15min+0.3% chitosan, half	0.6 b	6.09 ab	8.0 abc	28.0 c	4.0 b
50℃,15min+0.3% chitosan, full	0.55 b	6.19 a	6.0 bc	50.0 b	0.0 b
50℃,15min+0.3% nocc, half	0.57 b	5.96 bc	14.0 ab	10.0 cd	2.0 b
50℃,15min+0.3% nocc, full	0.60 b	5.96 bc	6.0 bc	24.0 c	2.0 b

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

Hot water와 coating처리에 의해 과실의 밝기와(Table 2) yellow 값이 매우 적기는 하지만 감소하여 경향이 있었다. 육안으로는 유심히 관찰하면 약간 느껴지거나 거의 비슷하였다.

Table 14. Hunter L, a and b value in MA storage of 'Fuyu' persimmon affected by hot water and coating treatments.

Treatments	Occurrence rate(%)		
	L	a	b
Control	52.95 a	21.4 ab	31.0 a
50°C,15min	51.22 ab	22.0 ab	30.7 ab
55°C,15min	49.60 b	21.3 ab	29.5 b
60°C,5min	51.60 a	19.5 b	30.8 ab
50°C,15min+0.3% chitosan, half	51.20 ab	22.0 ab	30.7 ab
50°C,15min+0.3% chitosan, full	51.80 a	22.5 a	31.6 a
50°C,15min+0.3% nocc, half	52.20 a	21.5 ab	31.8 a
50°C,15min+0.3% nocc, full	51.60 a	20.9 ab	31.8 a

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

4. 요약

근년에 본 연구자의 관찰과 예비시험에서 선행연구자들의 기준으로는 분류하기 어려운 정부삼각 과피흑변(top-triangle black stain)으로 규정지을 수 있는 것이 관찰되었다. 이 흑변은 과실 정부의 얇은 골과 골 사이의 불룩한 부분에 일정하진 않으나 대체적인 삼각형 모양을 나타내며, 흑변부에는 함몰 및 번진 점상과 짧은 종선의 미세한 균열이 혼재되어 있고, 9월말에서 10월 초에 발생이 시작되어 수확기까지 점점 증가한다. 이는 기존에 발생되던 것과는 다른 새로운 형태의 과피흑변이라기 보다는 기존의 과선상이나 운형상 중의 어느 하나로 분류하기 어려우면서도 과선상이나 운형상 흑변을 나타내는 부분요소가 될 수 있는 특징을 지닌다. 무엇보다도 이 정부삼각 과피흑변은 따로 구분하여 원인을 구명해야 할 정도로 상당수의 농가에서 다량 발생하고 있다. 이에 과원의 습도환경과 보르도액 살포가 과피흑변 발생에 미치는 영향과, 특히 정부삼각 과피흑변의 발생원인을 구명하고자 각기 다른 과원환경에 약제 종류와 보르도액 살포 방법을 달리하고, 또 재배 중 감에 봉지를 씌워, 봉지 내 온·습도, 광 등의 미세 환경과 약제 부착 정도가 조절되게 하였다. 이를 통하여 요인들간의 상호작용과 과원환경과 약제 요인이 복합될 때 나타나는 종합적인 관계를 구명하고자 본 연구를 수행한 결과는 다음과 같다.

과원의 상대습도와 결로시간, 결로량은 모든 유형의 과피흑변 발생을 조장하였는데, 결로량보다는 상대습도가, 상대습도 보다는 결로시간이 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료되며, 이러한 높은 수분 환경은 과원의 지형, 방향, 주위환경 및 수형이 크게 영향을 미치는 것으로 생각된다. 이러한 측면에서 볼 때 과원의 적지와 수형은 과실의 상품성과 더불어 신중히 고려되어야 할 것이다.

정부삼각 과피흑변에 미치는 보르도액의 영향은 습도가 낮은 과원에서는 큰 영향을 미치지 않으나 습도가 높은 과원에서는 서로 상호하여 발생을 증가시키는 것으로 사료된다. 정부삼각 과피흑변이 특히 과실의 정부에서 삼각형 모양으로 발생하는 이유는 수확기로 갈수록 과실의 중량이 증가되면 무게에 의해 과실의 정부가 지면을 향하게 되어 결로가 과정부에서 오래 머무르고, 또 과면의 골과 골 사이의 불룩한 부분이 삼각형 모양을 띠는데 이 부분의 과피가 골보다 상대적으로 약하기 때문으로 생각된다.

흑점상 과피흑변은 유기농약 처리구에서보다 보르도액 처리구에서 현저히 낮았다. 그런데 유기농약 처리구에서 발생하는 흑점상과 보르도액 처리구에서 발생하는

흑점상은 차이가 있는데, 전자는 원형으로 점이 작고 깊이가 얕으며 대체로 과면 전체에 퍼져있는 반면, 후자는 약간 부정형이고 점이 크고 깊으며 색이 진하며 특정 부위에 집중된다. 또 보르도액 처리구에서는 용기형 흑점상은 전혀 발생되지 않는다. 이로 미루어 볼 때 전자는 병원균에 의해 발생된 것이 거의 확실시되고, 후자는 높은 습도와 보르도액의 상호작용에 병원균이 관여하는 지는 더욱 연구가 필요하다. 과선상 과피흑변은 PE 필름 봉지 내의 과실과 같은 고습조건과 신문지 등이 접촉되어 과면에 계속적인 수분을 유지시킬 때 발생하는 특징을 보이는데, 이는 장기간의 결로가 과면에 균열을 일으키게 하는 것이 그 원인으로 사료된다.

한편, 저장 전 heating과 coating 처리에 의한 과피흑변 방지에 대해서는 coating 처리는 큰 효과가 기대되지 않았다. Heating 처리는 과피흑변과 병과 발생을 줄일 수 있는 것으로 나타났으나 과피흑변이나 병과 발생이 감소하는 온도 부근에서 갈변이 발생되므로 갈변이 발생되지 않는 조건에서 효과를 거두기 위해서는 세밀한 온도 조건과 처리시간의 조합이 잘 이루어져야 하며, 원하는 온도를 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 정도에서 조절할 수 있는 장비와 설비기술이 매우 중요한 요인으로 사료된다. 한편, Air heating 처리보다는 hot water 처리가 수분 증산 문제를 해결하고, 기능수를 사용할 수 있으며 균일한 온도 제어에 더욱 효과적일 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

- 이용문, 이용재. 2001. 최신감재배기술. 도서출판 서원. p.25-58.
- 北川傳敏. 1970. 카키의栽培と利用. 養賢堂. p141-143.
- 野口保弘. 1997. 카키汚染果. 日植炳報. 44:82
- 田中寛康. 1976. 카키汚染果の種類とその原因. 植物防疫. 30:448-452.
- 浜地文雄, 恒遠正彦, 森田 彰. 1974a. 카키의汚損果の發生原因と對策(1). 農業および園藝. 49:533-536.
- 浜地文雄, 恒遠正彦, 森田 彰. 1974b. 카키의汚損果の發生原因と對策(2). 農業および園藝. 49:653-655.
- Ben-Arie. R. and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. HortScience 27:811-813.
- Kim, Y.S., S.B. Jeong., D.S. Son., K.K. Lee. and U.J. Lee. 1989. Studies on the

- causal factors of skin browning during storage and its control method in non-astringent persimmon. Res. Rept. RDA(H) 31:62-72.
- Lee, E.J. and Y.J. Yang. 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:516-519.
- Lee, K.C. 1999. Effect of environmental factors on black spots of 'Fuyu' persimmon fruits. M.S. thesis of Kyungpook national uni., p.1-17.
- Lee, Y.J. 1998. Developmental aspects and causal factors affecting the incidence of black stain and browning disorder during storage of 'Fuyu' persimmon (*Diospyros kaki* T.). PhD Thesis. Dong-A Univ. p.1-129.
- Lee, Y.J. 2001. Discoloration disorder as influenced by sealing methods of PE film bag in MAP storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42:721-724.
- Lee, Y.J., Y.M. Lee, O.C. Kwon, S.J. Jeong, Y.B. Lee, Y.S. Cho, Y.M. Park and T.C. Kim. 2000. Effects of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Korean Soc. Hort. Sci. 41:71-74.
- Lee, Y.M., O.C. Kwon, Y.S. Cho, Y.M. Park, and Y.J. Lee. 1999. Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:585-590.
- Macheix, J., A. Fleuriot, and J. Billot. 1990. Changes and metabolism of phenolic compounds in fruits. In: Fruit phenolics. CRC Press, Boca Raton. p. 149-237
- Masahiko F. and G. Hidemi. 2001. Effects of bagging on the occurrence of black stain on the skin of 'Shinsyu' persimmon (*Diospyros kaki* L.) grown under film. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 70:261-263.
- Park, Y.S., T.S. Na, and K.M. Lee. 1997. Effects of O₂ and CO₂ treatments within polyethylene film bags on the fruit quality of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits during storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 85:510-515.
- Shin, I.S., S.K. Lee. and Y.M. Park. 1994. Factors involved in discoloration of

- non-astringent Fuyu[†] persimmon fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 35:155-164.
- Tarutani, T. 1961. Effect of the composition of atmosphere in the cold storage on the fruit quality Fuyu variety. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 95-102.
- Thomson, R. H. 1964. Structure and reactivity of phenolic compounds. In : J.B. Harborne (ed.) Biochemistry of phenolic compounds. Academic Press. London. pp.1-29.
- Yamamura, H., H. Bessho. and R. Naito. 1984. Occurrence of black stain on fruit skin(Black spot) in relation to growth and development of pericarp tissue in Japanese persimmons J. Japan. Soc. Hort. Sci. 53(2):115-120.

제 4 절 가공용 분말원료 및 가공품 개발

1. 가공용 분말원료 제조

가. 서론

단감(*Diospyros kaki* T.)은 중국, 한국, 일본 등이 원산지이나 일본에서 많은 우량 품종이 개량 육성되었고 세계적으로 아시아 국가 중 한국과 일본에서 대부분 생산되고 있다. 우리 나라에서 단감의 재배면적은 전체 과수 재배면적의 약 9.1%를 차지하고 있으며, 과수생산량은 5대 과수의 하나로 자리잡고 있다 (1). 단감은 온대과수에 속하면서 년평균 12℃이상인 지역에서만 안전재배가 가능한 남부지역 과수인데 이 가운데 ‘부유’가 국내 주요 품종으로 자리잡고 있으며, 다른 과실에 비하여 시비나 농약의 사용이 적고 기호성이 높아 생산과 소비가 매년 증가 추세에 있다 (2). 감과실은 다른 과실과는 달리 신맛이 없는 알칼리성 식품으로 풍부한 당질과 비타민 A와 C가 함유되어 있고, 대장의 수축과 분배액의 분비촉진에 효과적이며, 또한 기침, 지혈 등에도 효과적인 것으로 알려져 있다 (3,4). 그러나 이러한 기능적 특성에도 불구하고 다른 과실에 비하여 감과실은 가공이나 이용성이 제한되어 왔다. 현재 가공 식품으로는 꺾감, 연시, 수정과, 건과, 감분말, 감식초 등이 제조되고 있으며 (5), 최근에 단감에 대한 기호도가 높아 대부분 생과로 애용되고 있다. 그러나 단감은 유통 및 저장 중에 연화현상과 수확시기의 기후조건에 따른 생리적 장애로 쉽게 품질이 저하되며, 상품성이 없는 불량과실은 생과로서 이용되기 어려움으로 단감 재배농가에 많은 경제적 손실을 초래하고 있는 실정이다. 최근 유통이나 저장 중 생기는 품질저하를 방지하기 위해 여러 가지 연구가 보고 (6,7)되고 있으나, 본질적으로 불량과실을 이용할 수 있는 연구 (8,9)는 아직 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 단감의 재배, 유통, 및 저장 중에 생기는 불량과실을 이용할 목적으로 건조방법에 따른 단감의 이화학적 성분변화를 알아봄으로써 분말화 공정을 정립시켜 식품가공 원료로 제공하기 위한 기초연구를 하고자 한다.

나. 재료 및 방법

1) 시료의 전처리

단감 시료의 처리 방법으로 Slice 처리, Mixer 처리, 연시 처리로 나누어 각각 실험

하였다. 처리구의 타당성 실험을 위하여 각 처리구별로 예비 실험을 하였다. 결과 Slice 처리는 0.5cm, 1cm, 1.5cm, 2cm 처리구를 껍질 유·무로 나누어 건조하였으나, 동결건조에서 건조시간이 상당히 많이 소요되고 완전히 건조되지 않으며, 열풍건조에서는 건조시간과 건조불량 뿐아니라 갈변과 변형이 시간이 갈수록 심해져 효율적인 건조방법을 위한 시료 전처리로는 부적합한 것으로 나타났다. 따라서 처리구로는 Mixer 와 연시 처리로 나누어 실제 실험을 행하였다. Mixer 처리는 단감을 Homogenizer로 분쇄하여 시료로 사용하였으며, 연시 처리는 단감을 상온에서 방치하거나 가온하여 임의적으로 모두 연시 처리한 후 시료로 사용하였다.

2) 열풍건조에 의한 분말 제조

열풍건조에 의한 분말 제조에는 60℃에서 대류용 팬과 히터가 장착된 열풍건조기(WTE binder, Germany)를 사용하였다. 건조의 효율을 높이기 위해 시료를 용기 바닥에 얇게 펴서 건조하였다. 각각 시간대별로 10분, 20분, 40분, 60분, 90분, 2시간, 4시간, 8시간, 12시간, 24시간 경과 후 경시적으로 고형물량을 측정하였다.

3) 동결건조에 의한 분말 제조

동결건조는 시료를 각각 Mixer와 연시 처리한 후 deep freezer를 이용하여 -70℃에서 24시간 동결시킨 후 동결건조기(SFDSF12, 삼원냉열)로 동결건조 시켰다. 시료를 1시간, 2시간, 4시간, 8시간, 1일, 2일, 4일 경과 후 경시적으로 고형물량을 측정하였다.

4) 일반성분 분석

건조 시료의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분은 A.O.A.C. 상법에 준하여 정량분석하였다(10). 즉, 열풍건조 및 동결건조시켜 마쇄시킨 시료를 회분은 회화법으로, 조지방은 Soxhlet법으로 추출한 다음 정량하였다. 조단백질은 micro kjeldahl법으로 질소 함량을 구한 후 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였다.

5) 미네랄 분석

우(11)등의 방법을 약간 변형하여 분석하였다. 즉, Dry ash 법에 따라 시료를 일정량 평취하여 550~600℃에서 회분처리한 후 3N-HCl로 무기성분을 용해시키고 100℃

에서 10분간 반응시켰다. 반응시킨 시료를 여과한 후 100ml로 정용하여 원소분석기 (AAAnalyst 300, Perkin Elmer, U.S.A)로 측정하였다.

6) 지방산 분석

시료로부터 총지질은 Folch 방법(12)으로 추출하였다. 분리된 지질에 메탄올:염산 (5:1, v/v)액을 가하여 65°C에서 3시간 트랜스메틸화한 후, 헥산으로 지방산 메틸에스테르를 추출하여, DB wax capillary column (30m×0.25 μ m, Perkin Elmer, U.S.A.)을 사용하여 가스크로마토그래피(GC-17A, Shimatzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 캐리어가스는 헬륨, 검출기는 FID를 사용하였다. 인젝트온도는 250°C, 오븐온도는 200°C 및 디텍터온도는 280°C로 하였다.

7) 아미노산 분석

단백질 시료 약 100~200 mg을 가수분해용 시험관에 평취하여 6 N-HCl 2~3 ml를 가하여 탈기, 질소가스를 충전시키면서 밀봉하고, 110°C에서 24시간 가수분해시킨 후, 개관하여 염소를 제거, pH 2.2 0.2N-sodium citrate buffer에 용해시켜, 0.2 μ m membrane filter로 여과하여 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia Biotech. CO., U.S.A.)로 분석하였다(13).

다. 결과 및 고찰

1) 열풍건조, 동결건조에 의한 분말 제조

열풍건조에 의한 시료의 처리구는 껍질을 포함한 Mixer 처리구, 껍질을 제거한 Mixer 처리구, 껍질을 포함한 연시 처리구, 껍질을 제거한 연시 처리구로 각각 고품물량을 경시적으로 측정된 것을 Fig. 1에 나타내었다. 고품물량은 최초 50g에서 10분 경과, 20분 경과까지는 비슷한 양상이나, 20분 이후로 조금씩 차이를 보이다가 4시간에서는 거의 건조가 완료되면서 다시 비슷한 양상으로 나타났다. 열풍건조의 경우 건조율이 각 처리구마다 별차이없이 비슷한 양상을 보였다. 열풍건조 시 시료의 갈변도와 변형이 많이 나타났으며 시료가 얇게 퍼지지 않고 뭉쳐질 경우는 건조가 이루어지지 않았다. 따라서 시료를 균일하게 처리하지 못할 경우 건조방법으로는 효율적이지 못하다는 결과가 나왔다.

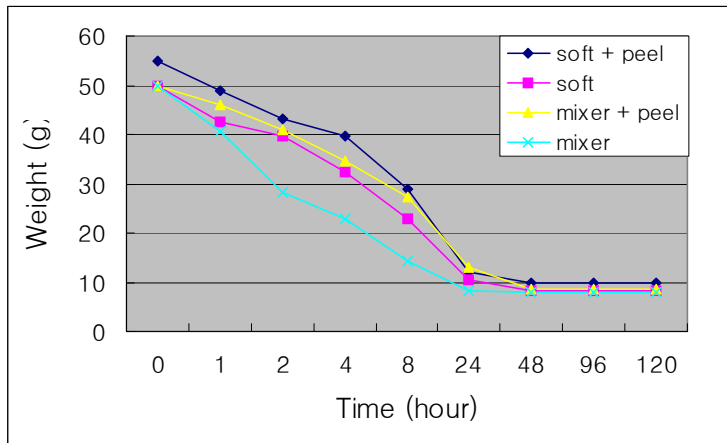


Fig. 1. Sample residue during freeze dry of sweet persimmon

동결건조에 의한 시료의 처리구는 열풍건조와 동일한 처리구로 동일한 방법으로 측정된 결과가 Fig. 2와 같다. 동결건조 방법은 동결과정을 거치기 때문에 최초 처리구가 시료량은 같으나 약간의 고형물 차이를 보였다. 열풍건조 시에는 시료를 용기 바닥에 얇게 편 후 건조에 들어갔으나, 동결건조는 동결건조 용기의 사용으로 인해 열풍건조시 조건과 똑같은 조건을 맞추지 못하고 실험을 행하였다. 다소 차이는 있었지만 대체적으로 껍질을 제거한 Mixer 처리구가 건조율이 가장 높게 나타났으며, 나머지 처리구는 비슷한 양상을 나타냈다. 처음 1시간, 2시간, 4시간, 8시간을 거쳐 24시간 후 완료되는 것으로 나타났다.

대체적으로 시료의 갈변도와 변형을 많이 일으키지만 열풍건조가 단기간에 빠른 건조가 이루어졌으나, 이것은 시료가 멍치지 않는 조건하에서만 이와같이 나타났다. 동결건조의 경우 시료의 형태와는 관계없이 일정하게 건조가 이루어졌다. 정 등(14)의 건조방법이 분말 마늘의 품질에 미치는 영향에서 보면 열풍 건조법보다는 동결건조법이 상당히 좋은 품질을 얻을수 있다는결과에 비추어 볼 때, 동결건조가 시료를 본래 색깔과 모습 그대로 유지하면서 수분을 제거하는데 가장 효율적인 방법으로 생각된다.

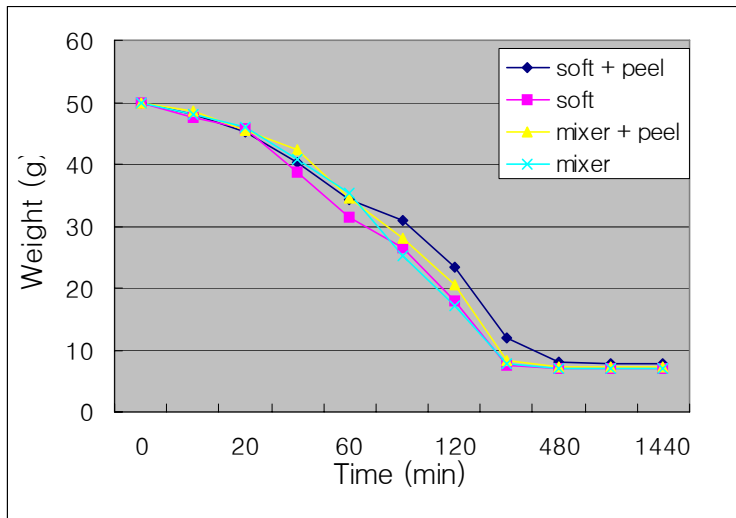


Figure 2. Sample residue during hot-air dry of sweet persimmon

동결건조에 의한 시료의 처리구는 열풍건조와 동일한 처리구로 동일한 방법으로 측정된 결과가 Fig. 2와 같다. 동결건조 방법은 동결과정을 거치기 때문에 최초 처리구가 시료량은 같으나 약간의 고형물 차이를 보였다. 열풍건조 시에는 시료를 용기 바닥에 얇게 편 후 건조에 들어갔으나, 동결건조는 동결건조 용기의 사용으로 인해 열풍건조시 조건과 똑같은 조건을 맞추지 못하고 실험을 행하였다. 다소 차이는 있었지만 대체적으로 껍질을 제거한 Mixer 처리구가 건조율이 가장 높게 나타났으며, 나머지 처리구는 비슷한 양상을 나타냈다. 처음 1시간, 2시간, 4시간, 8시간을 거쳐 24시간 후 완료되는 것으로 나타났다.

대체적으로 시료의 갈변도와 변형을 많이 일으키지만 열풍건조가 단기간에 빠른 건조가 이루어졌으나, 이것은 시료가 멍치지 않는 조건하에서만 이와같이 나타났다. 동결건조의 경우 시료의 형태와는 관계없이 일정하게 건조가 이루어졌다. 정 등(14)의 건조방법이 분말 마늘의 품질에 미치는 영향에서 보면 열풍 건조법보다는 동결건조법이 상당히 좋은 품질을 얻을수 있다는결과에 비추어 볼 때, 동결건조가 시료를 본래 색깔과 모습 그대로 유지하면서 수분을 제거하는데 가장 효율적인 방법으로 생각된다.

2) 일반성분 분석

각각의 건조방법으로 제조한 분말의 일반성분 분석은 Table 1에 나타내었다. 조단백질은 열풍건조가 mixer+peel 1.1%, mixer 1.0%, soft+peel 1.1%, soft 0.9%로, 동결건조가 mixer+peel 2.2%, mixer 2.0%, soft+peel 1.5%, soft 0.9%로 나타났다. 조지방은 다소 차이는 있었지만, 열풍건조가 mixer+peel 15.0%, mixer 39.0%, soft+peel 29.0%, soft 17.0%로, 동결건조가 mixer+peel 31.0%, mixer 27.0%, soft+peel 49.0%, soft 29.0%로서 전체적으로 열풍 건조 처리구에서보다 동결건조 처리구가 높게 나타났다. 이는 열풍건조 처리구에서 열에 의한 지질과산화로 지질량이 감소하였을 것으로 생각된다. 이는 열풍건조 처리구에서 열에 의한 지질과산화로 지질량이 감소하였을 것으로 생각된다. 조회분은 열풍건조의 경우 mixer+peel 2.7%, mixer 2.3%, soft+peel 3.0%, soft 3.3%로, 동결건조의 경우 모든 처리구에서 2.5%로 나타났다. 권등(15)의 연구에서 건조방법에 따른 마 분말의 성분조성 변화에서 열풍건조된 마는 동결건조된 마에 비해 일반성분의 함량이 다소 감소된다고 보고하고 있다. 위의 결과에서처럼 영양적인 측면에서도 동결건조방법이 열풍건조방법보다 우수한 결과를 보였다.

Table 1. Proximate composition with dry method of Sweet persimmon (% of Dry Weight)

Components	Hot-Air Dry				Freeze Dry			
	mixer+peel	mixer	soft+peel	soft	mixer+peel	mixer	soft+peel	soft
Crude Protein	1.09	0.99	1.05	0.88	2.19	1.97	1.53	1.31
Crude lipid	15.0	39.0	29.0	17.0	31.0	27.0	49.0	29.0
Crude ash	2.7	2.3	3.0	3.3	2.5	2.5	2.5	2.5

3) 무기성분 분석

각각의 건조방법으로 제조한 분말의 무기성분 분석은 Table 2에 나타내었다. 주요 무기물은 potassium, magnesium, phosphorus, calcium, sodium 등의 순이었으며, 특

히 potassium이 가장 높게 나타났다. 열풍건조와 동결건조 유의적인 차이는 보이지 않았다. 정 등 (16)의 연구에서 감식초의 무기성분 조성은 potassium, magnesium, phosphorus, calcium, sodium 등이 있으며 phosphorus의 함량이 낮은 것이 본 연구와 다소 차이를 보이고 있다. 감식초와 감분말의 무기성분의 함량 구성은 차이가 있겠지만, 단감의 성분함량에서 phosphorus의 함량이 높은 것으로 알려져 있으므로, 여기에서 분말화 과정에서 발효과정을 거치는 것과는 달리 무기성분의 변화를 일으키지 않는 것을 간접적으로 알 수 있다. 감식초 중에 phosphorus 함량이 낮은 것은 초산균이 발효과정 중 이용에 의한 것으로 추정된다.

4) 지방산 분석

지방산 분석은 Table 3에 표시되었다. 전체적으로 lauric acid (C_{12:0})가 가장 높은 함량을 보이고 있으며, 그다음으로 tridecanoic acid (C_{13:0})이 공통적으로 많이 함유되어 있었다. 그 외로는 capric acid (C_{10:0}), palmitic acid (C_{16:0}), palmitoleic acid (C_{16:1}), stearic acid (C_{18:0}), Oleic acid (C_{18:1}), Linoleic acid (C_{18:2}), Linolenic acid (C_{18:3})이 주요 지방산이었다. 본 연구 결과와 비교해 볼 때, 문 등 (17)의 꽃감의 지방산 조성과는 다소 차이를 보이고 있으며, 최(18)의 단감의 세포막 구성 지방산 연구에서는 palmitic acid 이후의 지방산에 관해 중점을 두고 있으며, palmitic acid 이후의 지방산 조성은 비슷한 양상이다. 본 연구에서는 단감의 건조분말의 전체적인 지방산 조성을 조사하였으며 그 중에서도 palmitic acid 이전의 지방산 중에서도 lauric acid와 tridecanoic acid의 함량이 많은 비율을 차지하고 있으며, 또한 포화 지방산 중에서 항균작용이 강하다고 알려져 있는 lauric acid의 함량이 가장 높은 것으로 보아 이에 따른 추가적인 효과도 기대할 수 있을 것으로 기대된다.

5) 아미노산 분석

아미노산 분석은 먼저 동결건조에 의한 처리구에서만 살펴보았다(Table 4). 주요 아미노산 함량은 mixer+peel 처리구는 glutamic acid, aspartic acid, arginine, leucine, valine, serine 순에 반하여 glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, serine, valine 순으로 arginine과 lysine 함량이 다소 차이를 보이고 있으며, 또한 soft+peel 처리구는 glutamic acid, lysine, leucine, serine, arginine 순으로 나타났다. 식물류에 많이 함유되어 있는 aspartic acid와 glutamic acid가 단감에도 역시 가장 높은 함량

을 보였다. 국내산 단감의 아미노산 조성에 관해서는 아직 구체적인 연구가 보고되어 있지 않으며, 비교적 고른 아미노산 조성에 관해서는 아직 구체적인 연구가 보고되어 있지 않으며, 비교적 고른 아미노산의 분포를 보이고 있는 단감은 분말화를 통하여 식품가공 재료로서 이용 가능성을 제시한 결과로 생각되어진다.

Table 2. Minerals composition with dry method of Sweet persimmon.

Minerals	Hot-Air Dry(ppm)				Freeze Dry(ppm)			
	mixer+ peel	mixer	soft+ peel	soft	mixer+ peel	mixer	soft+ peel	soft
Ca	6.71	6.99	5.25	5.91	7.79	8.50	7.53	7.60
Cu	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.06	0.03	0.04
Fe	0.37	0.33	0.46	0.38	0.33	0.46	0.28	0.34
K	192.3	179.5	203.6	210.9	192.4 0	217.5 0	185.7	189.4
Mg	26.50	27.07	26.68	27.08	27.17	27.96	26.44	26.44
Na	4.20	4.36	3.71	3.41	4.31	5.14	5.95	7.20
Mn	0.86	0.51	1.37	1.83	0.65	2.17	1.75	1.87
Zn	0.11	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0.05	0.04

Table 3. Fatty acid composition with dry method of Sweet persimmon (% of total lipid)

Fatty acid	Hot-Air Dry				Freeze Dry			
	mixer+ peel	mixer	soft+ peel	soft	mixer+ peel	mixer	soft+ peel	soft
10:0	10.71±0.09	10.81±0.07	15.32±0.01	8.99±0.01	2.37±0.06	2.81±0.04	10.81±0.07	12.64±0.09
12:0	40.10±0.05	46.55±0.04	52.02±0.07	36.16±0.04	39.78±0.04	37.96±0.08	42.69±0.03	62.70±0.06
12:1	tr	tr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	tr	tr
13:0	13.76±0.06	14.47±0.02	27.05±0.01	16.56±0.04	12.98±0.02	16.71±0.04	39.37±0.03	17.99±0.06
14:0	tr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
16:0	7.21±0.05	5.45±0.05	1.59±0.06	8.72±0.04	8.48±0.03	8.45±0.03	1.57±0.03	1.54±0.03
16:1	4.19±0.08	3.59±0.01	tr	3.91±0.02	4.69±0.08	4.19±0.04	tr	tr
18:0	tr	n.d.	n.d.	tr	1.43±0.06	1.51±0.01	n.d.	n.d.
18:1	12.02±0.04	10.63±0.08	1.88±0.01	15.58±0.08	14.14±0.01	13.93±0.07	2.25±0.05	2.18±0.06
18:2	1.37±0.04	1.91±0.01	n.d.	2.15±0.02	3.09±0.09	3.96±0.04	tr	tr
18:3	8.79±0.02	6.27±0.02	1.42±0.04	6.90±0.02	12.99±0.09	10.44±0.01	1.92±0.04	1.88±0.09
20:0	tr	n.d.	n.d.	tr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. ; not detected, tr ; trace

Table 4. Comparison of amino acid composition with dry method of Sweet persimmon

Amino acids	Freeze Dry(mg/g)			
	mixer+peel	mixer	soft+peel	soft
Aspartic acid	14.36	11.70	12.12	14.28
Threonine	5.34	5.35	5.68	6.14
Serine	7.06	7.61	7.75	7.59
Glutamic acid	19.24	15.57	12.82	16.61
Proline	tr	tr	tr	tr
Glycine	5.81	6.27	6.85	6.92
Alanine	5.43	5.72	6.25	6.37
Valine	7.42	7.60	7.86	8.34
Methionine	2.78	2.75	2.64	2.40
Isoleucine	6.32	6.36	6.76	7.30
Leucine	7.54	7.84	8.17	8.87
Tyrosine	3.20	2.78	3.62	3.92
Phenylalanine	6.63	6.50	7.01	7.34
Histidine	3.25	3.00	3.16	3.34
Lysine	6.67	9.30	9.71	9.95
Arginine	7.98	6.81	6.83	7.52

tr ; trace

라. 요약

단감의 수확 및 저장 중에 발생한 불량과실을 이용할 목적으로 분말화하기 위한 기초연구로서 본실험을 행하였다. 일반성분 조성은 조단백질, 조지방, 조회분의 순으로 열풍건조 처리구는 0.9~1.1%, 15.0~39.0%, 2.3~3.3% 이었으며, 동결건조 처리구는 1.3~2.3%, 27.0~49.0%, 2.5%로 나타났다. 무기성분은 열풍과 동결건조 처리구 모두 K, Mg, P, Ca, Na이 주요 무기성분 이었다. 주요 지방산은 열풍과 동결건조 처리구에서 capric acid, lauric acid, tridecanoic acid, palmitic acid, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid 순으로 나타났다. 아미노산 조성은 동결건조 처리구에서 aspartic acid, glutamic acid가 주요 아미노산 이었다. 전체적으로 열풍 건조처리구보다 동결건조 처리구가 다소 높은 결과를 보였다. 이러한 결과 동결건조에 의한 분말제조가 열풍건조에서 보다 우수한 결과가 나타났다.

마. 참고문헌

1. Kim, Y. K., Park, H. S. and Kim. J. H. (1994) A consideration on the present and future of the fruit industry in the Republic of the Korea. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 35, 161-179
2. 농림수산통계년보 (1993) 농림수산부
3. Shinji, F. and Hiroshi, H. (1979) Hypotensive principles of *Diospyros kaki* Leaves, *Chem. Pharm. Bull.*, 27(11), p2685
4. Nakane, S. (1988) Food useful for preventing alcohol intoxication- containing persimmon vinegar and optimum juice, with blood alcohol concentration reducing action, *Japan. patent*, 63(141), p562
5. 원예연구소 보고서 (1994) 감 선도유지 저장 및 가공 확대 방안 연구, 농촌진흥청, 제3차년도 완결보고서
6. Lee, Y. M., Kwon, O. C., Cho, Y. S., Park, Y. M. and Lee, Y. J. (1999) Effects of oxygen and carbon dioxide concentration in PE film bag on blackening and flesh browning disorder during MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 40(5), 585-590

7. Lee, Y. J., Lee, Y. M., Kwon, O. C., Jeong, S. J., Lee, Y. B., Cho, Y. S., Park, Y. M. and Kim, T. C. (2000) Effects of the fruit size and PE film area on skin blackening and fresh browning discoloration in MA strage of 'Fuyu' persimmon fruit, *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 41(1), 71-74
8. Jeong, Y. J., Shin, S. R., Kang, M. J., S대, C. H., Won, C. Y. and Kim, K. S. (1996) Evaluation of the quick termented persimmon vinegar using deteriorated sweet persimmon, *J. East Astan Dietary Life*, 6(2), 221-227
9. 홍정화, 이기민, 허성호 (1996) 저온저장 중 품질이 저하된 단감을 이용한 식초의 제조, *한국식품영양과학회지*, 25(1), 123
10. A.O.A.C.,(1975) Official methods of analysis, 12th ed., Association of official analytical chemists, Washington , D.C., USA,
11. Woo, S. J. and Ryoo, S. S. (1993) Preparation of method for atomic absorption spectrophotometry of food samples, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 15, 225-230
12. Folch, J., Lee, M. and Sloaner Stanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and pruification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 494-501
13. 日本食品工業學會 (1982) 食品分析法, 編輯委員會(編), 食品分析, 光琳, 東京, 491
14. Chung, S. K. and Choi, J. U. (1990) The effects of drying method on the quality of the garilc powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22(1), 44-49
15. Kwon, J. H., Lee, G. D., Lee, S. J., Chung, S. K. and Choi, J. U. (1998) Changes in chemical components and physical properties with freeze drying and hot air-drying of *Dioscorea botatas*, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27(5), 908-913
16. Jeong, Y. J. Seo, K. I. and Kim, K. S. (1996) Physicochemical properties of marketing and intensive pesimmon vinegars, *J. East Asian Dietary Life*, 6(3), 355-363
17. Moon, K. D., Kim, J. K. and Kim, J. H. (1997) The composition of fatty acid and amino acid and storage prperty in dried persimmons, *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, 4(1), 1-10

18. Choi, S. J. (1998) The relationship among fresh browning, membrane permeability, and fatty acid composition in Fuyu perimmon fruits, *Korean J. Postharvest Sci, Technol.*, 5(1), 35-39

2. 분말원료를 이용한 요구르트 제조

가. 서 론

요구르트는 전지분유 또는 탈지분유를 원료로 하여 유산균을 집중시켜 발효시킨 발효 유제품의 일종으로 발효 중에 유산균에 의해 생성된 유기산에 의한 신맛과 유산균 그 자체가 생성하는 풍미가 조화되어 발효유 특유의 향기성분을 곁들여 즐길 수 있는 신이 인간에게 선물한 중요한 발효식품 가운데 하나인 것으로 생각되어진다. 원료로 사용되는 우유성분 이외에 유산균이 발효과정에서 생성되어지는 유효성분의 생성, 그리고 유산균 발효유의 섭취에 의하여 장내에 도달하면 대장에서 올리고당을 탄소원으로 증식하면서 부산물로 생성되는 유기산에 의하여 대장내 pH저하로 산성에 약한 유해세균의 감소에 의한 정장작용 등 식품 및 영양보건학적으로 매우 유익하다(1,2).

요구르트는 학술적인 입장에서의 과학성은 메치니코프가 유산균에 관한 연구를 시작한 이래 많은 연구자들의 연구를 통해 입증되어져 왔고, 최근에는 기술적 진보로 유산균 중에 의한 다양한 형태의 요구르트가 세계 각국에서 자국에 적합한 타입의 것들이 생산되어 시판되어지고 있다. 이전에 우리나라에서 생산되는 요구르트는 액상 요구르트를 주종으로 생산되어 시판되었지만 수년전 부터는 유고형분 함량과 부피 밀도당 유산균수가 많은 curd상의 요구르트가 많은 유제품 제조회사에서 생산되어 시판되고 있으며 그 수요도 매년 소비자들의 요구에 따라 수요가 크게 증가하고 있는 실정이다.

커드상 요구르트의 유고형분 함량은 14~18%로 권장하고 있지만, 대부분의 저지방 요구르트의 고형분 함량은 14~15%가 적당하며, 우리나라 유가공업체에서는 3~4% 정도의 탈지분유를 첨가하여 고형분 함량을 높이고 있다.(3)

한편 발효기질의 일부로 보리(4), 옥수수(5), 쌀(6), 귀리(7), 카사버(8), 대두분(9), 과채류주스(10), 고구마 및 호박(11)을 이용하여 새로운 유산균 발효유를 개발하려는 시도되어져 왔다.

단감(*Diospros Kaki T.*)은 비타민 C, A의 전구체인 carotene을 함유할 뿐만 아니라 무기질과 식이섬유, 탄수화물 등이 풍부하다. 이러한 성분들은 천연색소, 전분의 안정제로서의 역할 외에도 단맛과 향기를 부여하고 스타트의 에너지원으로 작용할 것이다.

따라서 본 연구는 단감의 이용성 증진을 위한 유통, 가공 및 저장 중에 불량과실로

경제성이 없는 단감들을 1차년도 보고서에서와 같이 분말을 제조하여 식품가공원료로 사용할 목적으로 단감의 영양·식품보건학적인 가치를 부여한 새로운 유산균 발효유를 개발하기 위하여 탈지분유 첨가의 일부를 단감분말로 대체하여 일정량 첨가하여 커드상 요구르트를 제조하여 pH, 적정산도, 균의 생육 및 관능성 및 항산화 활성에 미치는 영향을 보고하고자 한다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

사용균주는 한국생명공학연구원 유전자원센터 유전자은행에서 분양받은 *Lactobacillus acidophilus* (KCTC, 3145)를 사용하였다. 유산균주의 보존용 배지로는 MRS 한천배지(Difco사제)를 구입하여 본실험에 사용하였다. 탈지분유(skim milk)는 M사에서 생산한 TTC검사 음성 제품을 사용하였다. 단감 분말은 1차년도 보고서에서 시험 제조한 동결건조 분말을 사용하였으며, 그 일반성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Proximate composition of materials

	Moisture	Crude protein	Crude Fat	Crude Ash
Skim milk powder	3.0	35.2	0.8	7.9
Sweet persimmon powder	8.2	2.2	30.5	2.5

2) 요구르트 제조

발효기질로써 탈지분유 14%구, 탈지분유 10%+단감분말 4%구, 탈지분유 7%+감분말 7%구로 혼합하여 고형분 함량을 14%로 조절하고 blender로 5분간 균질화 시킨 후 autoclave에서 110℃에서 15분간 살균하였다. 살균기질을 40℃로 방냉한 후 유산균(*Lactobacillus acidophilus*)을 0.0167%되게 접종하여 40℃ Incubater에서 경시적으로 발효시켰다.

3) pH측정

유산균의 산생성을 조사하기 위해 시료 10g을 채취하여 증류수 40ml를 가한 후 pH 측정은 pH meter(mettler사제)로 측정하였다.

4) 생균수 측정

적정농도로 희석한 시료 1ml를 BCP agar배지를 이용하여 plate count 법으로 40℃에서 48시간 배양시킨 후에 나타난 conlony를 colony counter로 계측하여 비교하였다.

5) 유기산분석

제조한 요구르트에 함유된 유기산을 신(11)등의 방법에 준하여 분석하였다. 발효가 완료된 시료를 냉장고에서 방냉한 후, 원심분리기 (Beckman Model RC -5C)로 12,000rpm에서 30분간 원심분리하여 얻은 상정액을 취하여 Whatman No. 2 여과지로 여과하고 5배로 희석한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 Sep-Pak C₁₈ cartridge (waters사제)로 지질, 단백질, 색소물질을 제거하여 10 μ l씩 HPLC에 주입하였다. 표준시료는 lactic acid, acetic acid, citric acid, propionic acid이 각각 0.1%씩 들어 있는 혼합액을 사용하여 HPLC(Waters사제)로 칼럼 μ Bondapak-C₁₈, 3.9mm \times 30cm로 분석하였다.

6) 관능검사

발효가 끝난 요구르트를 균질화 시킨 후 5℃로 방냉하여 실험실 학생 10명을 검사요원으로 전체적인 기호도, 맛, 향기 조식감을 각 항목별 최저 1점, 최고 5점으로 5단계로 평가하여 시험구간의 유의성 차를 Duncan's multiple range test로 실시하였다(12).

7) 항산화성 측정

DPPH(α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl)법에 의한 수소공여능 측정에 의한 항산화성을 측정하였다. DPPH용액은 100ml에탄올에 DPPH 16mg을 녹인 후 증류수 100ml를 혼합하여 whatman filter paper NO. 2에 여과시켜 만들었다.

이 용액 5ml에 일정농도(0.05, 0.1, 0.5%)의 시료용액 1ml를 혼합한 후 경시적으로

528nm에서 흡광도의 감소를 측정하였다(13). 감분말 첨가 요구르트를 원심분리하여 상정액을 얻어서 0.05%농도로 반응액에 첨가하여 반응시켰으며, 이때 대조구인 BHT는 0.005%농도로 첨가하여 위에서의 동일한 방법으로 흡광도 감소를 측정하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 일반성분 분석

Table 1은 요구르트 제조시 첨가한 단감분말과 대조구로서 사용한 탈지분유 시료의 일반성분을 분석한 결과이다. 조단백질 함량은 탈지분유에서 매우 높고, 조지방 함량은 단감분말에서 높은 특징을 나타내었다.

2) 단감분말 첨가가 유산균 산생성에 미치는 영향

Fig 1은 고품분 함량을 14%로 조절하기 위하여 탈지분유 14%구, 탈지분유 10%+단감분말 4%구, 탈지분유 7%+단감분말 7%구로 나누어 유산균을 접종하여 40℃로 배양하면서 생균수의 변화를 조사한 결과이다. 탈지분유 단독구에서는 접종배양 후

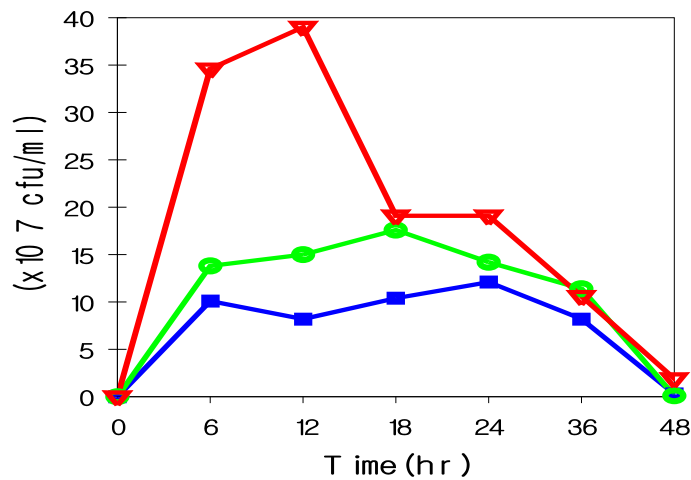


Fig.1 Changes in viable cell counts during the fermentation by lactic acid bacteria (▼: skim milk 14%, ●: skim milk 10% + sweet persimmon powder 4%, ■:skim milk 7% + sweet persimmon powder 7%)

12시간 후에 생균수가 급격히 증가하였으며 그 후에는 완만하게 감소하는 경향이 있었다. 한편, 단감분말 첨가구에서는 접종하여 배양시간이 6시간까지는 급격히 증가하였으며 그 이후 18시간까지 증가하다 24시간 이후에 감소하는 경향이 있었다. 이러한 결과로부터 탈지분유 14%의 유산균 증식효과가 초기에 급격히 증가되었다. 이는 탈지분유 중 유당을 바로 이용할 수 있어서 이러한 결과가 나타났다고 생각되어지며, 단감분말 첨가와 첨가농도 증가에 의해 유산균의 증식이 초기에는 단감분말 중 함유되어있는 당류를 바로 이용할 수 없는 것으로 추측되며, 이로 인하여 저해를 받는다고 생각되어진다. 이는 단감분말 중에 포함되어 있는 polyphenol 화합물이 초기유산균 생육의 저해에 의한 것으로 생각되어지며, 단감분말 중에 함유하고 있는 당류를 서서히 유산균이 이용하여 생육하는 것으로 추정되어진다. 그림에는 표시하지 않았지만 탈지분유 4%+단감분말 10%구, 단감분말 14%구를 더 실험하였으나 여기에서도 탈지분유 함량이 많을수록, 단감분말 함량이 적을수록 생균수의 증식이 좋았다.(data 미제시) Fig. 2에는 배양시간에 따른 수소이온농도(pH)를 나타낸 그림이다. 초기 pH는 6.0~6.5 정도이었으나 생균수가 증가하면서 부산물로 생성하는 유기산 농도에 의하여 상대적으로 수소이온농도는 모든 실험구에서 같은 경향으로 감소하여 6시간 후에는 pH 4.5~5.0부근이었고, 48시간까지 미미한 감소 현상을 나타내 보였으며 pH 4.0~4.5의 수준을 유지하였다. 감 분말 첨가에 의하여 유산균 생육시 유산 생성능은 다른 첨가물과 비교하여 거의 비슷한 수준이었다.

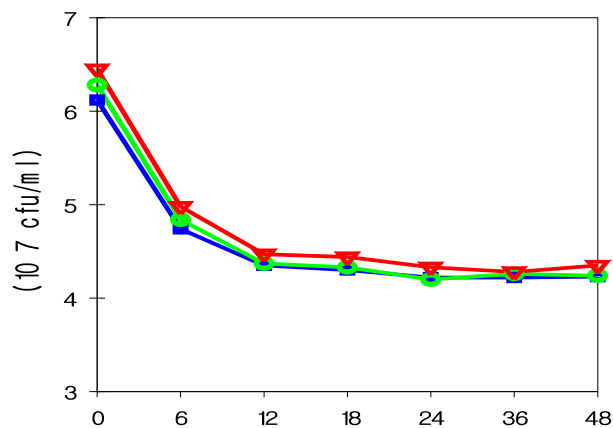


Fig. 2 Changes in pH during the fermentation by lactic acid bacteria
 (▼: skim milk 14%, ●: skim milk 10% + sweet persimmon powder 4%,
 ■:skim milk 7% + sweet persimmon powder 7%)

특히 단감분말에는 유산균이 이용하기 쉬운 올리고당이 많이 함유되어 있어 단감 분말 농도가 높아짐에 따라 배양액 중의 수소이온 농도도 증가하는 경향을 나타내 보이고, 이는 탈지전분에 glucose의 함량이 높을수록 유기산 생성능이 증가한다는 보고와 상치하였다.

3) HPLC에 의한 유기산 분석

3종의 커드상의 요구르트(탈지분유 14%구, 탈지분유 10%+단감분말 4%, 탈지분유 7%+단감분말 7%구에 *Lactobacillus acidophillus*로 24시간 발효시켜 만든 것)에 함유된 몇 종류의 유기산을 HPLC로 분석하여 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Composition of some organic acids in curd yokurt^{a)}

Sample	Incubation time	Organic acid(%)		
		Lactic acid	Acetic acid	Citric acid
Skim milk ^{b)}	0	0.093±0.005	0.027±0.005	0.201±0.004
	24	1.046±0.014	0.104±0.005	-
A	0	0.075±0.002	0.101±0.008	0.219±0.010
	24	1.210±0.012	0.134±0.009	-
B	0	0.080±0.003	0.103±0.007	0.230±0.002
	24	1.120±0.015	0.110±0.005	-

^{a)} Curd yogurt was prepared with *L. acidophillus*

^{b)} skim milk : Curd yogurt prepared from milk

A : skim milk 10%+sweet persimmon powder 4%

B : skim milk 7%+sweet persimmon powder 7%

표준시료는 lactic acid, acetic acid, citric acid가 각각 0.1% 함유하고 있는 혼합액을 사용하였다. 탈지분유 요구르트구에서는 24시간 발효 후 lactic acid와 acetic acid의 양이 각각 11배와 3.9배로 증가하였고, skim milk 10%+단감분말 4%구에서는 각각 16배와 1.3배, skim milk 7%+단감분말 7%구에서는 각각 14배와 약 1.1배로 증가하였다. citric acid 발효직전에 나타난 것은 요구르트 재료인 탈지분유에서 유래된 것

으로 생각된다. 한편 김(14)등의 보고에서도 우유와 대두단백질을 이용한 *L. bulgaricus* 균을 이용한 요구르트 제조에서도 같은 경향으로 보고하고 있다.

4) 관능평가

탈지분유 14% 첨가구, 탈지분유 10%+단감분말 4% 첨가구, 탈지분유 7%+단감분말 7%구를 발효시킨 요구르트의 맛, 조직감, 향기, 기호도를 관능검사한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Effect on flavor of sweet persimmon powder curd yogurt

	Skim milk	A	B
Overall acceptability	5.00 ^a	4.21±0.50 ^b	4.10±0.25 ^b
Taste	5.00 ^a	4.32±0.52 ^b	4.20±0.32 ^b
Texture	5.00 ^a	4.20±0.58 ^b	4.12±0.48 ^b

A : Skim milk 10%+Sweet persimmon powder 4%

B : Skim milk 7%+Sweet persimmon powder 7%

Values are mean±SE of 10 pannel per group. Between the group, values with different letters are significantly different at p <0.05

전체적인 기호도의 경우 단감분말 첨가 시료가 대조구인 skim milk구보다 점수가 낮았다. 단감분말 첨가구 간에는 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 맛과 조직감의 경우도 전체적인 기호도와 대체적으로 유사한 경향을 나타내었다. 신(11)등은 *Streptococcus thermophilus*와 *Bifidobacterium infantis* 혼합균주로 전체적인 기호도의 경우, 고구마 첨가구가 가장 높았고, 호박첨가구와 호박+고구마 혼합첨가구는 오히려 대조구보다 기호도가 떨어졌으며 기호도, 맛, 향기는 시험구간에 5% 수준에서 유의성이 인정되었으나 조직감은 대조구와 고구마 첨가구간에는 유의성이 인정되지 않았으며, 호박첨가구+고구마 혼성 첨가구에도 역시 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 한편, 백(15)등은 저장 중인 쌀의 소비촉진을 위하여 쌀 첨가가 요구르트 품질에 미치는 영향에 대해서도 보고하고 있다. 저장 중인 쌀 첨가가 요구르트 품질에

는 영향을 미치지 못하였다.

5) 항산화성 측정

단감분말 첨가에 따른 요구르트의 항산화성의 상승효과를 시험하기 위하여 DPPH 법에 의한 hydroxyl radical과 DPPH radical에 대한 소거활성을 시험하여 Fig 3에 나타내었다. DPPH법은 tocopherol, ascorbate, flavonoid 화합물, 방향족 아민류, Maillard형 갈변 생성물질, peptide 등의 항산화 활성을 나타내는 생리활성 물질에 의해 환원됨으로서 짙은 자색이 탈색되는 정도에 따라 항산화 효과를 수소공여능으로 측정하는 방법으로 알려져 있다.(13)

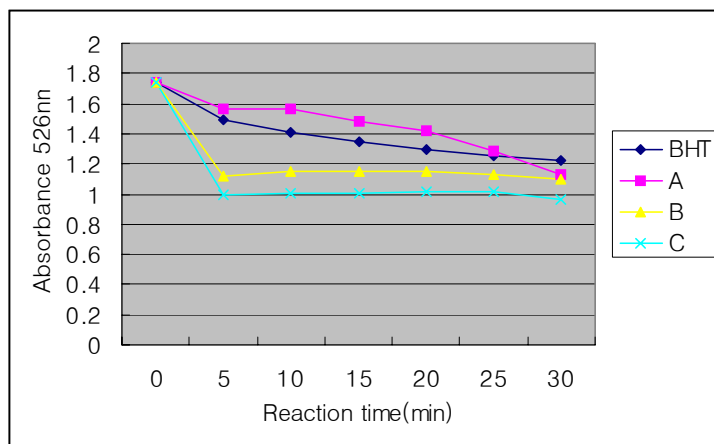


Fig. 3 Changes in the free radical level of α, α' -diphenyl- β -picrylphenylazyl(DPPH) by sweet persimmon yokurt

(●: skim milk 14%, ◆: skim milk 10%:감분말 4%, ▲:skim milk 7%:감분말 7%, ■: BHT)

skim milk 14%군에 비교하여 BHT 0.005% 첨가군이 우수하였다. BHT 0.005% 군 첨가군과 skim milk 14%군과 비교할 때 단감분말 첨가량이 4%, 7% 증가함에 따라 항산화 활성이 같은 경향으로 증가하였으나 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 이와 같은 결과는 단감분말 속에 함유하고 있는 잔여 polyphenol 화합물에 의하여 항산화 활성을 나타낸 것으로 추정된다. 이와 같은 결과에서 단감분말을 이용한 요구르트의 가능성을 제시하였다.

라. 요약

발효기질로서 탈지분유에 단감분말 4%, 7%를 혼합하여 고형분 함량을 14%로 조절하고 유산균 (*Lactobacillus acidophilus*)으로 발효하여 커드상의 요구르트를 만든 후, 단감분말 첨가가 유산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

단감분말 첨가량에 따른 유산균의 산생성 촉진효과는 현저한 영향을 받지 않았다. 관능검사 결과를 보면 단감분말 첨가량에 따른 요구르트의 관능성에 현저한 영향을 미치지 않았다. 그러나 대조군(skim milk 14%군)에 비해서는 관능성이 떨어졌다. 항산화성 측정에서는 단감분말 첨가에 의하여 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

마. 참고문헌

- 1) Brian, J. B. Wood (1992) *The Lactic acid bacteria in Health & Disease* Elsevier applied science, London and New York
- 2) 백영진 (1991) 발효유와 유산균, *미생물과 산업* 17, 60-67
- 3) 농어촌개발공사 종합식품연구원 (1986) 호상요구르트 제조기술 지침서, 농어촌개발공사
- 4) 이성갑, 김기철 (1988) *Lactobacillus acidophilus* 에 의한 보리당화액의 젖산발효, *한국농화학회지*, 31 255-262
- 5) Fields, M. L, Hamad, A. M. and Smith, D. K., (1981) Natural lactic acid fermentation of corn meal. *J. Food Sci.* 46, 900-908
- 6) Shin, D. H. (1989) A yokurt like product development from rice by lactic acid bacteria. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21, 686-692
- 7) 進藤昌, 中村以正, 中原忠篤, 木内乾(1990) 스위트ソルカム搾汁液を用いたL(+)乳酸の生産, *日本食品工業學會誌*, 37, 98-105
- 8) Ngaba, P. R. and Lee, J. S. (1979) Fermentation of cassava (*Manihot esculenta crantz*) *J. Food Sci.* 44, 1570-1578
- 9) 이정수, 정용준, 류인덕, 오두환, 유주현 (1987) 두유에서 *Saccharomyces urarum* 과 *Lactobacillus acidophilus* 의 혼합배양, *한국식품과학회지*, 19, 4-11

- 10) Romaswamy, H. S. and Basak, S. (1992) Pectin and raspberry concentrate effects on the rheology of stirred commercial yokurt. *J. Food Sci.* 57, 375-383
- 11) Shin, Y.S., Lee, K.S., and Kim, D.H. (1993) Studies on the preparation of yokurt from milk and sweet potato or pumpkin. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25, 666-671
- 12) Duncan, D.B. (1959) Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 1, 1-42
- 13) Blois, M.S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 26, 1199-1204
- 14) Kim, H.J., and Ko, Y.T., (1990) Study on preparation of yokurt from milk and soyprotein. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22, 700-706
- 15) Paik, J.H., and Ko, Y.T., (1992) Effect of storage period of rice on quality of rice added yokurt. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24, 470-476

3. 단감 분말을 이용한 고추장 조제 및 저장기간 중 미생물군 조사

가. 서 론

우리나라 고유의 전통발효식품 중 고추장은 조미를 목적으로 예로부터 즐겨 애용되어온 장류 중 하나로서 발효에 관여하는 미생물의 대사 및 발효작용에 의하여 생성되는 여러 가지 유기산, 고추의 매운 맛, 소금의 짠 맛, 원료 전분질 분해 산물인 당류에 의한 단 맛, 콩단백질 분해 과정 중 생성되는 정미성 아미노산 과 핵산 관련 물질에 의한 구수한 맛이 서로 조화를 이루어 우리 나라 사람들의 정서에 아주 잘 맞는 고유의 풍미를 지니고 있는 장류식품 중 하나이다.

그러나 최근에는 소비자들의 편의성, 간편성, 다양성을 추구하는 소비자들의 욕구 충족으로 다양한 고추장들이 선보이고 있다. 그 중에서는 원료의 종류에 따라서 양파, 고구마, 호박 등의 원료 첨가에 따른 양파고추장, 고구마고추장, 호박고추장 들도 있다. 한편, 고추장에 관한 보고에서 배(1)등은 유개상자를 이용한 고추장국의 조제에 관한 연구로 장류의 품질개선을 목적으로 stainless steel제 상자를 이용한 유개제국으로 고추장용 찹쌀국을 만들어 제국과정 중의 효소 생성능, 일반성분 등을 유기제국과 비교 검토한 것이 있으며, 이(2)등은 고추씨와 고추피의 비율을 달리하여 담금한 고추장의 성분과 품질에 관한 보고가 있으며, 김(3)등은 고추장의 저장성 향상을 목적으로 숙성이 완료된 고추장에 마늘이나 알콜, 키토산, K-sorbate, 겨자를 첨가하여 저온살균 처리를 하여 포장하고 30℃에서 24주간 저장하면서 화학성분의 변화를 비교 검토하였다. 그리고 임(4)등은 고추장에 초고압 열 병합처리법을 적용하여 미생물 살균 효과 및 품질변화와 37℃ 저장 중 품질변화를 측정하여 보고하였다.

본 연구는 단감의 유통 및 저장 중에 연화현상과 수확시기의 온도, 기후조건에 따른 생리적 장애로 쉽게 품질 저하되어, 상품성이 없는 불량 과실은 생과로서 이용되기 어렵기 때문에 단감 재배 농가에 많은 경제적 손실을 초래하고 있는 실정이다. 최근 유통이나 저장 중 발생 되는 품질저하 요인을 파악하기 위한 연구자들의 노력이 엿보이나 본질적으로 불량과실을 이용할 수 있는 연구는 아직 부족한 실정이다. 이에 단감의 재배, 유통 및 저장 중에 생겨나는 불량과실을 가공처리하여 이용함과 동시에 수확기에 일시적으로 다량 출하시켜 홍수출하로 인한 가격하락을 방지할 목적으로 1차년도에 연구한 분말화시킨 재료를 사용하여 단감 고추장을 개발함으로써 시장에서 소비자들의 선택폭을 넓힘과 동시에, 매운맛의 저감에 따른 해외 소비자들의

선호도를 증가시키고 가공식품으로서의 수출 가능성을 타진할 품목으로서 단감 농가의 부가가치를 창출시키기 위해 본 연구를 수행하였다. 또한 전통식품의 발효에 대한 연구는 주로 단편적인 연구로서 미생물의 분리 동정에서 머무는 정도이며 최종제품의 향, 맛 등 관능적요소와의 관계해결을 전제로한 미생물의 선정 연구는 미약한 실정이다.

단감의 이용성 증진 차원에서 일익 할 것으로 생각되어 단감 고추장을 제조하여 발효숙성 중의 미생물을 분리 동정하고 관능검사를 실시하여 보고하고자 한다.

나. 재료 및 방법

1) 고추장 제조

고추장은 Kim 등의 방법에 따라(4) 약간 변형시켜 제조 하였다. 즉, 밀가루 (주)대한제분 6.4 %, 메주가루 6.4%, 고춧가루 15.3%, 소금 (주) 오복식품 (함량88%미만) 7.7%, 물엿29.8%에 물 34.4%혼합하여 제조한 후 약300g씩 살균된 병에 병조립하여 30?에서 90일간 숙성 시킨 M사 제품을 시험 재료의 대조구로 사용하였다. 감고추장은 밀가루 대신 감분말(1차년도 연구)을 동일량으로 대체하여 제조 후 본 실험에 사용하였다.

2) 일반성분

고추장의 일반성분은 기준 미증 분석법(5)에 준하였으며, pH는 시료 10g을 동량의 증류수로 희석하여 pH meter로 직접 측정하였고, 적정 산도는 pH를 측정한 시료에 0.1N NaOH를 가하여 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 그 소비 ml수로 표시하였다.

3) 생균수

시료 약 10g에 멸균된 생리 식염수 (0.8% NaCl, 0.1% Tween 80) 90ml를 가하고 상온에서 15분간 진탕 후 시료를 단계별로 희석하여, Nutrient agar (merck사), PDA (Difco사), SCA(starch casein agar)에서 평판 배양하여 37℃에서 24시간 배양한 후에 나타나는 colony의 수를 계수하였으며, 3회 반복 측정하여 평균하였다.

4) 관능검사

24주간 숙성시킨 고추장에 대하여 10명의 panel을 대상으로 맛, 향기, 색과 종합적인

기호도의 4가지 항목별로 최고 7점에서 최저 1점으로 7단계 평점하여 얻은 성적을 SAS package(6)로 분산분석하고 Duncan's multiple range test에 의해 통계처리 하였다.

다. 결과 및 고찰

1) pH와 적정산도

Fig. 1에는 단감 고추장을 25℃에서 24주간 저장하면서 pH를 측정한 결과를 나타내었다. 저장 초기에서는 pH 4.80부근이었고 4주째 약간 감소하여 8주후에는 초기보다 상승한 후 그 이후 24주까지 조금씩 감소하는 경향이었으며 시판 고추장인 대조구에서는 pH 4.80정도였다. 24주 저장 후에는 pH 4.42부근으로 저하하였다.

적정 산도는 (Fig.2) 저장 8주까지 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향을 나타내 보였고 24주 후에는 15.8 ~ 16.6ml/10g으로 pH 변화와는 다른 양상으로 나타났다. 저장 8주 이후에 pH가 저하함에도 불구하고 적정 산도가 감소한 이유는 단감 고추장 저장 중에 완충능이 있는 아미노태 질소 등의 감소와 발효 중에 세균에 의해 생성된 유기산 알콜과 에스테르화 되어 산도가 감소하였으며, 산도의 감소는 유해균의 증식 가능성이 있어 단감 고추장의 저장성 향상에 바람직하지 않을 것으로 판단된다. 한편 김(3)등의 보고에서도 같은 경향이였다.

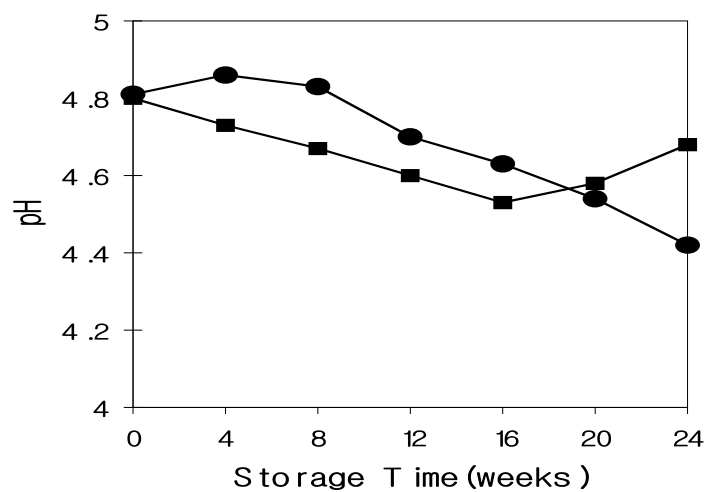


Fig 1. Changes in pH of *sweet persimmon kochujang* during storage at 25℃ (-●-: *Sweet persimmon kochujang*, -■-: *Kochujang*)

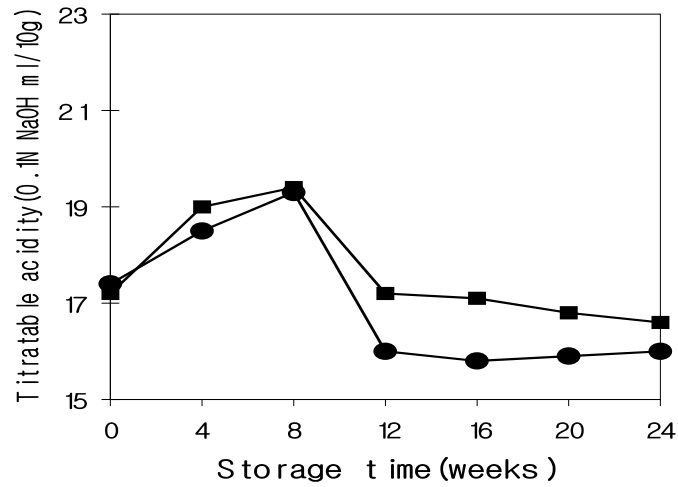


Fig 2. Changes in titratable acidity of *sweet persimmon kochujang* during storage at 25°C. (●-: *Sweet persimmon kochujang*, ■-: *Kochujang*)

2) 생균수의 변화

24주간 숙성시킨 고추장에서의 생균수 변화를 관찰 한 결과 일반 고추장의 경우 세균수는 4.0×10^6 였고, 감고추장의 경우 1.6×10^7 이었다. 이는 감 속에 포함되어있는 여러 가지 당류 성분에 의한 균체의 수가 증가한 것으로 사료된다. 그리고, 저장기간에 따라 유산균수는 일반고추장의 경우 나타나지 않았지만 감고추장의 경우 4.11×10^6 로 높은 수를 나타내었고, 효모수의 증가도 1.06×10^4 로 확인되어 pH변화와 유산한 결과를 나타내었다. 이는 김 등(3)이 보고한 결과와 유사한 결과를 나타내었다. (Table 1)

Table 1. Viable cell counts of *sweet persimmon kochujang* after 24 weeks

	Bacteria ¹⁾	Lactic acid bacteria ²⁾	Yeast ³⁾
<i>Kochujang</i>	4.01	-	-
<i>Sweet persimmon kochujang</i>	18.1	4.11	1.06

¹⁾ 1×10^6 cfu/g, ²⁾ 1×10^6 cfu/g, ³⁾ 1×10^4 cfu/g

3) 관능검사

24주간 숙성시킨 고추장을 유리병에 타진, 포장하여 25℃에서 24주간 저장한 후 관능검사한 결과는 Table 2와 같다. 맛은 시판 대조구에 비하여 단감 고추장이 좋았으며 색깔에서는 시판고추장이 유의적으로 좋았고, 향기성분은 시판대조군이나 단감 고추장군에서 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 종합적인 기호도면에서도 유의성은 없었다. 이러한 결과는 고추장 숙성시 4%마늘 첨가구가 맛과 색, 종합적인 기호도가 우수 하였고(7), 저식염 고추장은 4%(v/v) 알콜 첨가구가 무첨가구에 비하여 관능적으로 우수하였던 Lee 등 (2)의 보고가 있으며, 김 (3) 등의 보고에서는 고추장 저항성 향상을 위하여 부원료인 마늘이나 알콜 첨가 또는 K-sorbate 첨가하는 것이 관능적으로 좋을 것이라는 보고도 있다. 그러나 본 연구는 단감분말을 조제, 이용하여 고추장을 제조한 것으로서 앞으로 이와 같은 실험도 병행하는 것이 바람직스럽다고 사료된다.

Table 2. Sensory evaluation of *sweet persimmon kochujang* stored for 24 weeks at 25℃.

<i>Kochujang</i>	Taste	Color	Flavor	Overall acceptability
<i>Kochujang</i>	3.81±1.25	5.40±1.10	4.00±0.97	4.13±1.23
<i>Sweet persimmon Kochujang</i>	5.10±1.34	4.85±1.13	4.50±1.36	4.60±1.47

Values are mean±SD.

Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05).



Fig. 3 Kochujang and sweet persimmon kochujang.

4. 단감 분말을 이용한 잼(Jam) 조제

가. 서 론

잼류는 과일중에 함유되어 있는 pectin의 응고성을 이용한 것으로 jam, jelly, marmalade등이 있다.

잼은 과일에 다량의 설탕을 넣고 끓여서 조린 점성이 강한 것으로 고농도의 당분이 미생물의 성장발육을 저지하여 장기간 보존이 가능한 식품이다.

잼이 만들어지기 위하여는 펙틴(pectin), 산, 설탕의 3가지 물질이 갖추어져야 하는데 과일이 덜 익었거나 지나치게 익으면 펙틴함량이 적고 적당히 익은 것이 펙틴 함량이 가장 많다.

현재, 사과, 자두, 살구, 오렌지, 무화과 등 많은 과일이 잼의 원료로 사용되어지고 있다. 하지만 펙틴, 산, 설탕이 골고루 갖추어지지 못한 과일 역시 필요한 성분의 첨가로 제조되어지고 있다. 예를 들어 복숭아와 배는 펙틴과 산이 모두 부족하기 때문에 그대로는 잼이 되지 않으므로 pH 2.8 ~ 3.3 정도가 되도록 시트르산 같은 유기산과 시판되는 펙틴을 적당량 첨가한다. 당도는 60 ~ 65%가 바람직하며 이 정도의 당도일 때는 잼은 103 ~ 105℃에서 끓기 시작한다.

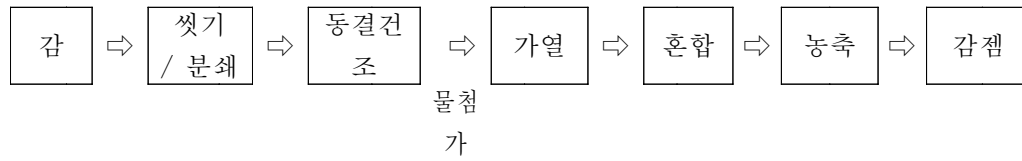
본 연구는 단감의 유통 및 저장 중에 연화현상과 수확시기의 온도, 기후조건에 따른 생리적 장애로 쉽게 품질 저하되어, 상품성이 없는 불량 과실은 생과로서 이용되기 어렵기 때문에 단감 재배 농가에 많은 경제적 손실을 초래하고 있는 실정이다. 하지만, 감에는 높은 농도의 당을 함유하고 있고 저장 방법에 따라 당도의 조절이 가능하여 최근 유통이나 저장 중 발생 되는 불량과실을 이용하여 잼을 제조할 수 있다. 이에 단감의 재배, 유통 및 저장 중에 생겨나는 불량과실을 가공처리하여 이용함과 동시에 수확기에 일시적으로 다량 출하시켜 홍수출하로 인한 가격하락을 방지할 목적으로 1차년도에 연구한 분말화시킨 재료를 사용하여 잼을 제조함으로써 단감 농가의 소득을 증대 시킬 뿐 아니라 기호성이 높은 단감 잼을 제조하고자 한다.

나. 재료 및 방법

1) 잼의 제조

잼은 R사 딸기 잼을 구입하여 대조구로 사용하였고, 단감 잼은 1차년도에 조제하였던 감 분말을 1000g과 설탕(제일제당) 800g, 구연산 2g을 이용하여 잼의 제조과정(8)

에 따라 제조하여 사용하였다.



2) 관능검사

제조된 감젼에 대하여 10명의 panel을 대상으로 맛, 향기, 색과 종합적인 기호도의 4가지 항목별로 최고 7점에서 최저 1점으로 7단계 평점하여 얻은 성적을 SAS package(6)로 분산분석하고 Duncan's multiple range test에 의해 통계처리 하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 감젼의 제조

식품가공공정에 따라 제조되어진 감젼은 Fig. 1과 같다. 식품가공공정상 과일젼 제조에서는 과일 함량의 약 80% 수준의 설탕을 첨가하여 제조하고 있으나 설탕함량을 약 60%정도로 하였을 때도 그 색상이나 점성의 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.(data생략) 이는 단감자체가 가지고 있는 높은 당농도에 의한 것으로 사료되어진다.

제조되어진 감젼은 특유의 감 색상을 가지고 있을 뿐 아니라 일반 시판 과일젼과도 물성이 유사하여 우수한 감젼이 제조되어졌다.



Fig. 1 Strawberry jam and sweet persimmon jam.

2) 관능검사

제조되어진 감젼을 유리병에 타진 관능검사한 결과는 Table 1과 같다. 맛은 시판 대조구에 비하여 약간 낮은 수치를 보이거나 유의성은 인정되지 않았다. 이는 과일의 종류가 달라져 과일 자체의 기호성에 의한 것으로 생각된다. 색깔에서는 과일 자체가 가지는 고유의 색상이 있었으므로 감젼 만을 가지고 평가한 결과 대체적으로 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 향기성분은 시판대조군이나 감젼에서 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 종합적인 기호도면에서도 유의성은 없었다.

Table 1. Sensory evaluation of *sweet persimmon jam* .

<i>Jam</i>	Taste	Color	Flavor	Overall acceptability
<i>Strawberry Jam</i>	4.53±1.25	5.20±1.10	4.55±0.97	4.43±1.23
<i>Sweet persimmon Jam</i>	4.30±1.34	5.45±1.13	4.50±1.36	4.60±1.47

Values are mean±SD.

Means with the same letter in column are not significantly different by Duncan's multiple range test($p < 0.05$).

라. 요약

단감분말을 첨가한 고추장을 일반고추장제조 방법에 따라 제조하여 24주간 저장기간 중 미생물 균수와 관능검사를 실시하였다. 그 결과 일반 고추장의 경우 세균수는 4.0×10^6 cfu/g 였고 감고추장은 1.6×10^7 cfu/g이었다. 관능검사결과 종합적인 기호도면에서 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

마. 참고문헌

1. Bae Jung-Su rl, Suk-kun Lee and Hai-yul Yoo(1980) Preparation of koji for red pepper paste by using stainless steel trays covered with lids. *korean. J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 8(4), 247-253
2. Lee suk-kun(1984) Effect of the red paper seed contents on the chemical composition of kochujang. *Korean. J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 12(4), 293-298

3. Kim, Dong-Han, Jung-seung Lee and Sang-Bok Lee(2002) Effect of storage condition on the chemical characteristics of traditional kochujang, *Korean. J. Food Technol.* 34(3), 466-471.
4. Lim Sang-Bin, Mi-Kyung Jwa, Mok Chul-Kyoon, and Young-Seo Park(2001). Quality change in kochujang treated with high hydrostatic pressure, *Korean. J. Food. Sci. Technol.* 33(4), 444-450.
5. Official methods of miso analysis.(1968). Institute of Miso Technologists, Tokyo.
6. SAS Institute Inc. (1996) SAS User's Guide Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA
7. Kim, D.H. and Lee, J. S.(2001) Effect of condiments on the physicochemical characteristics of traditional kochujang during fermentation. *Korean. J. Food. Sci. Technol.* 33: 353-360.
8. 조은자, 장명숙 (1991) 식품가공저장(-이론 및 실습-), 효일문화사

제 5 절 변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구

1. 서 언

감은 원산지가 중국 북부 황하강 상류지역으로 알려져 있으며, 우리 나라와 중국, 일본의 연평균 기온이 10~15℃ 지역에 분포, 재배하는 중부 온대과수이다. 감나무는 편의상 감귤류와 함께 준인과류로 분류하였으나(김 등, 1996), 식물분류학상 장과류(berry)에 속하는 과수로 이에 속하는 포도와 과실 생장 특성이 유사한 점이 많다(Esau, 1977; Westwood, 1993). 따라서 감나무는 병해충의 피해를 받은 과실이 나무에 달린 채로 쉽게 연화되어 물러지거나, 수확시기가 늦어진 과실은 황적색으로 붉게 착색되지만 연화가 동반되기 때문에 저장용 과실로 이용하기 어렵게 된다.

사과, 배, 단감 등 비교적 저장력이 우수한 과실은 온주밀감이 본격적으로 출하되는 11월부터 1월까지의 온주밀감과 경쟁을 피하기 위하여 생산량의 대부분을 저장하며 수급조절을 하고 있다. 우리 나라 단감 생산량의 82%를 차지하는 만생종 ‘부유’ 품종의 수확기는 온주밀감의 출하기와 겹치기 때문에 단감은 적어도 3개월 이상 저장할 수 있어야 한다.

생과로 이용되는 단감은 아삭한 상태의 씹히는 정도가 상품성에 중요하게 작용한다. 10월 또는 11월에 단감을 수확한 후 상온에 보관하면 감꼭지가 마르며, 과육내 수분이 증발하고, 이어 과실이 연화되므로 아삭한 맛을 잃게 되어 1개월 이상의 저장이 어렵다(이와 이, 2001). 또 사과나 배와 같은 저장방법인 과실을 콘테이너나 골판지 상자에 넣은 채로 0~5℃에서 저온저장을 실시해도 수분증발과 과실 연화로 인해 2개월 이상은 저장이 어렵게 된다(樽谷, 1965). 따라서 단감을 6개월 이상 장기 저장하기 위해서는 증산을 억제시키고, 과육연화를 줄일 수 있도록 폴리에틸렌 필름(polyethylene film)에 5과씩 넣어 밀봉 저온저장하고 있다.

폴리에틸렌 필름은 두께에 따라 가스 투과성에 차이가 있어 저장성에 크게 영향을 미친다. 두께가 0.03mm로 얇으면 가스 투과도가 높아져 고이산화탄소에 의한 장해과나 저산소 장해과의 발생율은 낮지만 일반 저온저장에서와 같이 과실이 쉽게 연화되어 저장력이 떨어진다. 필름 두께가 0.06mm 이상으로 두꺼워질수록 가스투과성이 억제된다. 폴리에틸렌 필름에 대한 가스 투과도는 이산화탄소가 산소보다 높으며, 필름 안과 밖의 농도 차이에 의해 확산되어 이동하게 된다. 즉, 저장 초기에는 봉지내의 산소를 호흡에 의해 소비하고 이산화탄소의 농도가 높아지게 되며, 이어 확산에 의

해 가스의 이동이 이루어진다. 따라서 폴리에틸렌 필름의 두께가 두꺼울수록 봉지 내의 산소 농도가 낮아지고 이산화탄소 농도가 높아져 가스 장해과의 발생율이 높게 된다(樽谷, 1965; 김 등, 1989).

우리 나라에서는 단감 부유에 대한 MA(modified atmosphere) 저장이 민과 오(1975)에 의해 실시된 이래로, 필름 두께에 관한 연구(손 등, 1978; 손 등, 1981; 김 등, 1989) 결과 단감 저장용 폴리에틸렌 필름은 두께가 0.06mm인 것을 주로 이용하고 있다. 그러나 동일 저장 조건에서도 저장고내 미기상이나 저장과실의 재배조건에 따라 폴리에틸렌 필름 포장에 의한 MA조건으로 장기간 저온저장 시 과피나 과육이 변색되는 저장장해과의 발생이 보고되었다(최와 김, 2001; 김 등, 1999; 이 등, 2000; 박 등, 1997; 신 등, 1994; 양 등, 1999).

수확 후 과실 표면에 부분적으로 변색과가 발생하는 과실은 외관이 나빠지기 때문에 상품가치가 저하된다. 특히 수확 당시 변색과 증상이 나타나지 않았던 과실도 저장 중에 변색이 되는 경우가 있어 재배 농가에 많은 피해를 주고 있다. 따라서 본 장에서는 수확시기별로 저장 과실을 구분하고, 변색과 발생에 차이가 있는 과수원에서 수확한 과실을 저장하며, 염화칼슘과 황산 마그네슘 살포에 따른 저장 과실의 생리화학 및 해부학적 차이점을 비교하여 변색과 발생의 요인을 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 재료 및 저장 조건

수확시기별로 저장 중 변색과 발생정도를 생리화학 및 해부학적으로 구명하기 위하여 경남 밀양지역 과수원에서 재배한 '부유' 단감을 적숙기인 11월 6일 수확한 과실과 적숙기 10일전과 적숙기 10일후 수확한 과실 등을 공시하였다. 또 저장 중에 변색과실이 많이 발생되었던 것으로 알려진 밀양 소재의 과수원(과육갈변 다발 과원) 변색과 변색과실이 거의 발생하지 않는 곳으로 알려진 울산에 있는 과수원(건진 과원)을 비교 대상으로 적숙기에 수확한 과실을 공시하였다. 수확전에 염화칼슘(CaCl_2) 0.4%액 엽면살포와 황산마그네슘($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 2% 액을 각각 엽면살포한 후 적숙기에 과실을 수확하여 MA 저장하였다.

저장 전에 과중, 종자수, 당도, 경도, 탄닌함량 등의 과실 특성을 조사한 후 0.06mm PE 필름에 5과씩 넣어 저장하였다. 저장 후 과육갈변 정도에 따라 심, 중,

약으로 구분하여 과실 특성을 조사하였다. 모든 조사는 과실의 상부와 하부로 나누어 분석하였다(Fig. 1).

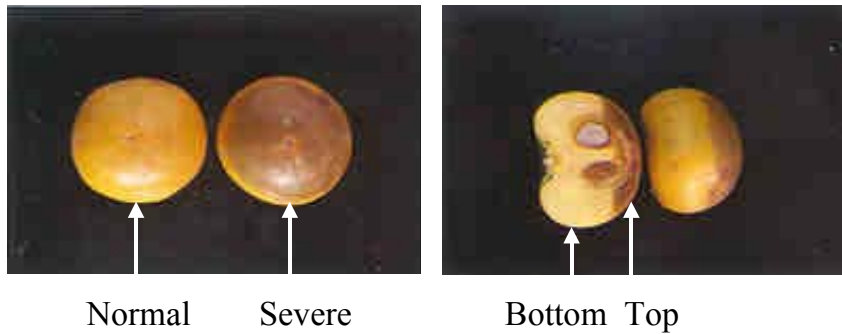


Fig. 1. Fruit of flesh browning disorder of 'Fuyu' Persimmon by modified-atmosphere package(MAP) storage in 0.06mm polyethylene film, at 0°C.

나. 단감 과실 특성의 생리화학적 분석

과피와 과육의 색도는 chromameter (model CR-300, Minolta)로 L*, a*, b* 값을 측정하였다. 경도는 종합물성측정장치(COMPAC-100, SUN RHEO METETR)로 직경 5mm 아답터의 진입도를 측정하여 과피와 과육 부분의 경도값으로 환산하였다.

탄닌함량은 가용성탄닌과 전타닌을 Taira(1996)의 방법에 따라 추출한 후 Folin-Denis법으로 측정하였다. 가용성탄닌은 과육 5g에 80%MeOH을 넣어 마쇄하여 원심분리 후 상정액을 분광 광도계로 725nm에서 측정한 후 정량하였다. 전타닌은 과육 5g에 0.5N HCl 45ml을 넣어 마쇄하여 100°C에 30분간 끓인 후 흐르는 물에 식힌 다음 2.5N NaOH로 중화하여 증류수로 정용한 분석액을 가용성 탄닌과 같은 방법으로 정량하였다.

무기물 분석을 위해 60°C 건조기에서 완전 건조시킨 과육을 곱게 마쇄한 시료 0.2g에 질산 2ml, 증류수 8ml을 넣어 초단파분해기로 30분간 분해하여 물에 완전히 식힌 후 증류수로 정용한 후 filter paper No.2로 여과시킨 시료를 유도 결합 플라즈마 발광광도기(ICPS-1000, Shimazu)를 이용하여 Ca, Mg, Na, K 등을 분석하였다.

과실의 당과 유기산 분석을 위해 잘게 썬 과육을 invertase를 불활성화 시키기 위해 전자레인지에 2분간 가열한 다음 10g을 취하여 80% MeOH 20ml을 넣어 마쇄 후

플라스틱시험관에 담아 잔유물을 가라앉혔다(Komiyama 등, 1985). 상정액만 14ml씩 시험관에 담아 30분간 원심분리한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과시켜 냉동고에 보관하였다. 보관된 시료를 3ml씩 추출하여 methanol을 날려보내고 증류수를 3ml씩 넣어 HPLC를 이용하여 분석하였다.

다. 변색과실에 대한 해부학적 특성 분석

과육 변색과의 해부학적 특성을 조사하기 위해 시료를 FAA(formalin-acetic acid-alcohol) 고정액에 넣어 진공 펌프로 시료의 내부 공기를 뽑아 낸 후 냉장 보관하였다. 시료를 n-butyl alcohol로 탈수시켰으며(Berlyn과 Miksche, 1976), soft paraffin(m.p. 46~48 $^{\circ}$ C) 처리 후 hard paraffin(m.p. 56~58 $^{\circ}$ C)에 매몰시킨 후 microtome으로 10 μ m 두께로 연속 절편을 만들었다. 파라핀을 용해시킨 후 1% safranin과 0.5% fast green으로 이중염색을 하여 광학현미경으로 과피층, 석세포층의 두께와 과육세포의 크기를 조사하였다.

과피 변색과의 해부학적 특성을 조사하기 위해 FAA 고정액에 보관한 시료를 50%, 75%, 90%, 95%, 100% ethanol에 각각 30분씩 탈수한 후 isoamyl acetate로 진 처리하였다. 액화 이산화탄소로 임계점에서 건조시킨 후 30mA에서 80초 동안 gold coating한 후 주사전자현미경(JSM-5410LV, Japan)으로 관찰하였다.

모든 조사형질은 SAS를 이용하여 통계처리하였으며 다중 상관분석한 후 과육갈변과 관련된 형질을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 변색 유기에 관한 생리화학적 요인분석

수확시기별 저장 전의 주요 과실특성을 상부와 하부로 구분하여 조사하였다(Table 1). 공시재료로 사용한 과실은 수확시기에 관계없이 '부유' 품종의 평균과중 범위의 것을 선별하여 사용하였기 때문에 수확시기간에 과중의 차이가 없었다. 종자 수는 2.4개에서 2.8개로 수확시기간에 차이가 없었으나 종자형성력이 비교적 강한 '부유' 품종으로서는 종자수가 적은 편이었다(遠藤, 1982). 수확기가 늦어질수록, 그리고 과실 하부보다 상부에서 당도가 높았으며, 과육경도는 당도와는 대조된 경향을 보였다. 전타닌 함량은 수확기가 늦어질수록 적었으며, 과실 하부가 상부보다 많았다. 수확시기가 늦어질수록 과육경도와 타닌함량이 낮아진 것은 타닌세포의 생장은 8월중에 멈

추지만(米森 등, 1983), 과실은 적숙기 이후에도 발육이 계속 진행되어 타닌이 희석되었기 때문으로 생각된다.

과실 내의 종자수와 주요 과실특성과의 상관분석 결과(table 2), 하부의 과실특성은 종자 수와 유의한 상관을 보이는 것이 없었다. 과육갈변이 주로 발생하는 과실 상부는 종자 수와 전타닌 함량이 수확기가 늦은 11월 17일 수확한

Table 1. Comparison of fruit characteristics by harvest dates.

Harvest date	Fruit weight (g)	Seed number	Soluble solids (。 Bx)		Flesh hardness (kg/5mm Φ)		Total tannin (mg/g F.W)	
			Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Oct. 28	226	2.4	12.3	12.1	2.15	2.43	5.05	4.79
Nov. 7	207	2.7	13.1	12.7	1.51	1.76	4.11	3.95
Nov. 17	219	2.8	14.3	13.9	0.91	1.09	3.54	3.33
LSD 0.05	NS	NS	0.77	0.76	0.310	0.239	0.64	0.50

과실에서 부의 상관을 보였다. 완전단감인 ‘부유’ 품종은 과실 내의 종자의 유무에 관계없이 개화 후 80일 경인 7-8월에 기온이 25℃ 이상이면 자연 탈삼되며, 이 후 과실이 성장함에 따라 과육 무게 당 전타닌 함량이 떨어진다(米森과 松島, 1985). 따라서 과실내 종자 수가 많으면 과실 발육이 촉진되고, 이에 따라 전타닌 함량은 적어진다. 무핵과는 과육갈변이 발생하지 않는다는 보고(김 등, 1999)와 같이 무핵과는 타닌량이 많고 유핵과는 타닌량이 적기 때문에 유핵과가 과육갈변의 소질을 갖고 있다고 생각된다. 그러나 유핵과라고 모두 과육갈변이 되는 것은 아니기 때문에 과육갈변에 미치는 다른 요인을 탐색할 필요가 있다. 종자 수와 과육 색도에서는 L* 값이 부의 상관을 보였으며 a* 값이 정의 상관을 보여 종자수가 많을수록 적색정도가 컸지만 b* 값이 부의 상관계수 값을 나타내어 L*값이 낮아진 것으로 생각된다. 과육 경도 및 Mg 함량은 종자 수와는 모두 부의 상관계수 값을 나타냈으나 유의성은 없었다.

Table 2. Correlation coefficients between seed number and soluble solids content, tannin content, Hunter value of flesh, flesh hardness, and Mg content.

Harvest date	Soluble solids	Total tannin	Flesh			Flesh hardness	Mg Content
			L	a	b		
<i>Top</i>							
Oct. 28	0.508	-0.054	-0.386	0.520	0.359	-0.122	-0.155
Nov. 7	0.562	-0.641	-0.698*	0.703*	0.173	-0.239	-0.600
Nov. 17	0.423	-0.711*	-0.877**	0.734*	-0.609	-0.156	-0.008
<i>Bottom</i>							
Oct. 28	0.495	-0.020	0.170	0.340	0.331	-0.123	-0.010
Nov. 7	0.315	-0.329	-0.075	0.214	-0.224	-0.239	-0.534
Nov. 17	0.208	-0.170	-0.295	-0.095	-0.060	-0.156	-0.449

폴리에틸렌 필름 저장 후 과육갈변 정도별 과실특성을 분석하였다(Table 3). 과중, 종자수, 상부와 하부의 당도간 등은 과육갈변 정도에 따른 차이가 없었다. 저장 후 과육경도는 상부와 하부 모두 갈변정도가 심할수록 컸으며, 전타닌 함량은 갈변이 심한 과실에서 낮게 나타났다. 과육 갈변과는 Fig. 2에서와 같이 과실 상부(과정부)부터 유침상(油沈狀)으로 변하며 석세포와 과피 사이의 유조직이 유침상으로 변환 후(Fig. 2) 이어서 중과피의 과육 쪽으로 변색이 진행되었다. 과육변색과는 과육연화가 되지 않아 저장 후에도 경도저하가 적었으며 오히려 과육은 탄력을 유지하였다(樽谷, 1965).

Table 3. Comparison of fruit characteristics by degree of flesh browning disorder.

Flesh browning occurrence	Fruit weight (g)	Seed number	Soluble solids (。 Bx)		Flesh hardness (kg/5mm Φ)		Total tannin (mg/g F.W)	
			Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
Severe	225	5.0	13.24	12.70	1.63	1.70	2.61	2.44
Medium	226	4.8	13.56	13.20	1.62	1.60	3.28	3.61
Slight	238	4.0	13.36	12.84	1.09	1.20	3.25	3.56
LSD 0.05	NS	NS	NS	NS	0.472	0.488	0.34	0.43

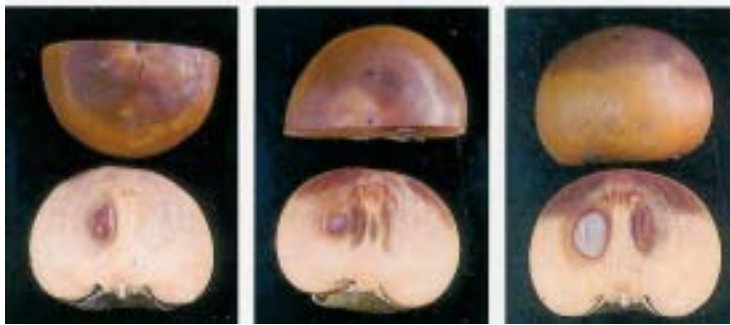


Fig. 2. Processing of flesh browning of 'Fuyu' persimmon fruit during MA package storage.

갈변과의 조직이 유침상으로 변하는 것은 폴리에틸렌 필름 내의 공기 환경이 고이산화 탄소 및 저산소 상태로 되어 꼭지에서 제일 먼 쪽인 과실 상부부터 아세트알데히드 화합물이 축적되어 세포막의 투과성을 증대시켜(최 등, 1998) 세포 내의 용질이 세포벽으로 빠져나오는 부분적 저온장해(Pellet과 Carter, 1981; 冷 등, 1993)의 형태에서 용출된 용질이 산화됨으로써 갈변된 것으로 생각된다. 감은 식물학적으로 장과류에 속하며(Esau, 1977; Westwood, 1993) 저장 중에 과육이 연화되어 다즙한 상태로 변하지만 Table 1과 Table 3의 과육 정도에서와 같이 과육갈변이 심한 과실은 오히려 정도변화가 적었다. 이는 세포 내 막 투과성의 변화에 따른 연화와 관련된 효소의 활성이 저하되었기 때문으로 생각된다.

35개 조사형질 중 어느 형질이 과육갈변 정도와 상관성이 높은 지를 분석한 후 주요 과실 특성과의 상관계수로 나타냈다(Table 4). 과실 상부나 하부의 당함량은 과육갈변과는 무상관이었지만 전타닌 함량은 높은 부의 상관성을 나타내었다. 과육 갈변이 발생된 과실은 과육색이 하부와는 무상관이었지만 상부쪽은 L^* 값과 b^* 값이 부의 상관성을 나타내어 갈변 현상은 과육색의 황색정도(b^*)가 줄었기 때문인 것으로 생각되었다.

과육 갈변정도와 과육 내의 과육갈변과와 과육 경도는 과실 상부와 하부 모두 정의 유의한 상관성을 보여 과육갈변과가 발생이 되면 과실 연화의 진전은 억제되는 현상으로 생각되었다. Ca, Mg, Na, K 등의 미량원소와의 상관분석결과 Mg 함량만이

상부에서 정의 상관을 보였다. 따라서 김 등(1999)과 신 등(1996)이 과육갈변과가 많이 발생하는 과수원 토양 및 과실에서 Mg 함량이 높게 나타난 것으로 보고하여, Mg이 과육갈변과 발생과 어떤 관련성이 있을 것으로 생각되었다.

Table 4. Correlation coefficients between degree of flesh browning disorder and several fruit characteristics.

Soluble solids	Total tannin	Flesh chromaticity			Flesh hardness	Mg content
		L*	a*	b*		
<i>Top</i>						
-0.062	-0.696**	-0.560*	-0.368	-0.603*	0.577*	0.525*
<i>Bottom</i>						
-0.078	-0.753**	-0.003	-0.504	-0.256	0.530*	-0.357

과육변색과 발생이 많았던 과수원(다발과원)과 과육변색과 발생이 적었던 과수원(건전과원)에서 각각 수확한 과실의 저장 전 과실특성을 조사하였다(Table 5). 과중과 종자수에서 과육갈변 다발과원에서 수확한 과실이 건전과원에서 수확한 과실보다 높게 나타났다. 다발과원에서 수확한 과실이 종자수가 5.6개로 많았던 것은 두 과원 모두 수분수 품종으로 ‘서촌조생’이 재식되어 있는데, 특히 다발과원은 조기 출하 목적으로 ‘서촌조생’을 많이 재식하여 수분수 비율이 높았기 때문인 것으로 현장 조사되었다(Fig. 3). 당도, 과육경도 및 전타닌 함량은 과육갈변 다발과원보다 건전과원의 과실이 높았다.

Table 5. Comparison of fruit characteristics of 'Fuyu' persimmon harvested from two orchards with low and high occurrence of flesh browning disorder.

Flesh browning occurrence	Fruit weight (g)	Seed number	Soluble solids (° Bx)	Flesh hardness (kg/5mm Φ)	Tannin (mg/g F.W)
High	228±2.3	5.6±0.38	13.0±0.09	1.79±0.27	2.16±0.11
Low	211±3.6	2.5±0.43	14.2±0.31	2.04±0.07	3.15±0.13

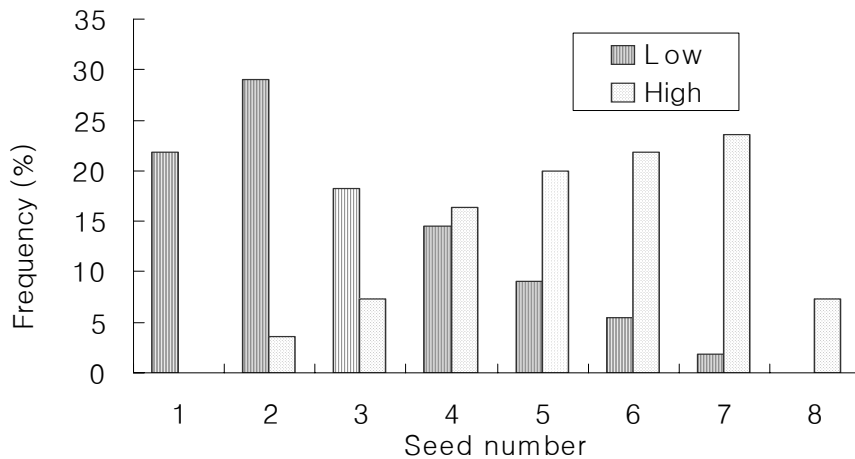


Fig. 3. Frequency of seed number of 'Fuyu' persimmon harvested from two orchards with low and high occurrence of flesh browning disorder.

과육갈변과 발생 정도가 다른 두 농가에서 수확한 과실을 저장 전에 주요 형질간의 상관 분석을 하였다(Table 6). 종자수가 많았던 과육갈변 다발과원의 과실은 당도, 경도 및 전타닌 함량에서 모두 과중이나 종자수와 무상관을 보였다. 그러나 종자수가 적었던 울산 소재 과수원의 과실은 과중과 종자수가 전타닌 함량과 부의 상관을 보였다.

Table 6. Correlation coefficients among fruit weight, seed number, soluble solids content, flesh hardness and tannin content.

Flesh browning occurrence	High			Low		
	Soluble solids	Flesh hardness	Total tannin	Soluble solids	Flesh hardness	Total tannin
Fruit weight	-0.214	-0.008	-0.159	0.2348	0.221	-0.528*
Seed number	-0.012	-0.252	-0.082	-0.046	0.010	-0.715**

대부분의 과실은 종자수가 많을수록 과중이 크며, 단감도 마찬가지로 무핵과보다 유핵과가 과중이 크다. 또한 완전단감의 타닌세포의 발육정지 시기는 짧은감과는 달

리 종자 유무 및 종자수와는 관계가 없이 7-8월 경에 일어나는 것으로 보고되고 있다(米森, 1983). 따라서 종자수가 많은 완전단감 과실은 과중이 증가하며, 상대적으로 단위무게당 타닌량은 감소하게 된다. Table 2에서와 같이 늦게 수확한 과실에서 종자 수와 전타닌 함량간에 부의 상관관계를 나타낸 것은 감 과실은 적숙기 이후에도 생장하며, 이에 따라 희석효과로 전타닌량이 적게 측정된 것을 알 수 있었다.

과육변색과 발생정도가 다른 과수원에서 각각 수확한 과실의 과피와 과육 색을 비교하였다(Table 7). 두 과수원 간의 과피의 Hunter 수치는 L*, a*, b*값 모두가 차이가 없었으나 과육 색은 종자수가 많았으며 변색과 발생이 많았던 과수원에서 수확한 과실이 L*값이 낮고 a*와 b*값이 높았다. 불완전단감이나 불완전뽕은감은 종자 형성 정도에 따라 종자 주변의 과육에 있는 타닌 세포의 가용성 타닌이 불용화되면서 갈반(褐斑)이 생성되며 그 부분은 과육색이 진해지며 떼은맛이 없어진다. 그러나 완전단감은 종자 형성 유무에 관계없이 자연 탈삼되며 과육에는 극히 미량의 작은 갈반이 생성되어 밝은 색을 나타낸다. 그러나 '부유' 품종은 '어소' 계통의 완전단감에 비하여 과육의 타닌 세포가 크기 때문에 b*값은 차이가 없지만 a*값이 높게 나타나 L*값이 낮아진다(池田 등, 1985; 남 등, 1998).

Table 7. Comparison of Hunter value of the peel and flesh of two orchards.

Flesh browning occurrence	Peel			Flesh		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
High	61.8±0.40	27.2±1.29	59.6±1.02	67.3±1.94	9.7±0.70	40.2±1.04
Low	61.8±0.49	27.5±1.45	61.9±1.02	70.7±0.63	8.9±0.60	37.9±0.64

저장전에 과피색을 측정한 후 저장 후 변색과 발생 정도가 다른 과실간에 저장 전 과피의 착색상태를 비교하였다(Table 8). 수확전의 과피 착색도 중 b*값은 저장 후 과육갈변과 발생정도와 차이가 없었고 a*값은 매우 차이가 커서 저장전 과피의 적색도가 낮은 과실일수록 과육갈변과 발생이 심한 것을 알 수 있었다. 따라서 MAP 저장 중 변색과 발생의 지표로 저장전 과실의 과피 a*값이 유용할 것으로 생각된다.

Table 8. Effects of fruit peel chromaticity before storage on the flesh browning disorder of 'Fuyu' persimmon.

Flesh browning occurrence	L*	a*	b*	C*	h°
Severe	62.0	21.2	57.7	61.5	69.6
Slight	65.1	26.0	61.4	66.3	67.1
Normal	64.6	28.5	61.5	67.9	65.1
LSD0.05	2.19	3.71	4.23	3.28	3.96

과육갈변과 발생정도가 다른 농가별로 과수원 위치에 따라 토양 내 무기물 함량을 분석하였다(Table 9). 저장 중 과육갈변 과실이 많이 발생했던 과수원은 남서향의 경사지와 谷間畠 전환지에 과수원이 조성되어 있었고, 과육갈변과가 거의 발생되지 않았던 과수원은 남동향의 경사지에 재식이 되어 있었다. 과육갈변과 발생이 적었던 과원에서는 과수원 경사 위치별로 무기물 함량 차이가 적었지만 과육갈변 다발 과원에서는 칼리는 경사면의 윗부분에서 많았고, 칼슘은 아래 부분에서 많은 경향이였다. 농가별로 칼리와 Na 함량은 차이가 없었다. 과수원 전체의 토양 중 Ca와 Mg 함량은 과육갈변이 적었던 과수원에서 높게 나타났다.

Table 9. Comparison of the inorganic matter of the soil by orchard location.

Flesh browning occurrence	Orchard location	K+ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)
High	Upper	28±2.3	20±6.1	9±3.1	6±0.3
	Middle	18±2.6	25±7.2	8±1.4	6±0.7
	Lower	14±2.6	36±2.5	13±3.5	6±0.6
Low	Upper	20±4.9	45±3.6	19±2.3	8±0.2
	Middle	25±3.7	48±3.8	17±0.6	7±0.1
	Lower	22±3.4	46±7.6	26±6.0	7±0.1

과육갈변과 발생정도가 다른 과수원에서 수확한 과실내의 무기물 함량을 분석하였다(Table 10). 과실 크기별로는 Mg을 제외하고는 소과보다는 대과에서 함량비율이 다소 떨어지는 경향이였다. 대개 변색과가 많이 발생하는 과수원에서 Mg 함량이 높게 나왔던 기존의 보고와 일치하는 경향이였다(신 등, 1994). Mg의 결핍증상은 많이 보고되었지만 과잉증상은 드물다. 그 중 사과에서 Mg함량이 많을수록 고두병을 촉진하며 Ca함량이 충분하면 예방된다고 하였다. 이는 Mg과 Ca이 길항작용을 하며, Mg 함량이 높으면 Ca 함량을 낮추는 것이 아니라 Ca의 역할을 방해하는 것으로 알려져 있다. 과수원 토양에 Ca와 Mg 모두 과육갈변과가 많이 발생되었던 과수원에서 낮았지만(Table 9), 과육에서는 Ca 함량은 차이가 없었고 Mg 함량만이 높게 나타났다.

Table 10. Comparison of the mineral content of the fruit flesh by fruit size.

Flesh browning occurrence	Fruit weight (g)	K (% D.W.)	Ca (ppm, D.W)	Mg (ppm, D.W.)	Na (ppm, D.W.)
<i>Top</i>					
High	233	1.15±0.06	125±5.3	459±30.5	456±41.9
	218	1.28±0.09	133±4.0	469±24.6	444±25.3
Low	223	1.26±0.07	122±5.5	446±23.9	482±32.3
	196	1.21±0.05	135±8.4	429±14.0	422±15.5
<i>Bottom</i>					
High	233	1.03±0.08	144±7.9	513±38.5	454±35.1
	218	1.12±0.09	146±8.6	442±20.1	490±35.5
Low	223	1.00±0.05	124±4.4	411±10.5	501±32.7
	196	1.01±0.05	124±5.0	406±26.2	503±33.9

나. 변색유기에 관한 해부학적 요인분석

1) '부유' 감의 해부학적 특성

'부유' 단감의 과피와 과육 부분의 해부학적 특성을 관찰하였다(Fig. 4). 감은 진과에 속하며 외과피, 중과피와 내과피가 뚜렷하게 구분이 된다. 외과피는 과실의 껍질 부분으로 외부로부터 큐티클층, 표피층과 석세포층으로 구성되어 발달되어 있다. 표

피층은 4개의 세포층으로 발달되어 있으며, 과실이 연화될 때 이 표피조직은 중과피와 마찬가지로 연화가 되어 석세포층과 쉽게 분리된다. 감 과실은 외과피와 과육 사이에 석세포 층이 발달되어 있어 과육이 연화되어도 그 형태를 유지한다. 석세포 안쪽의 중과피는 과육부분으로서 그 안에 타닌 세포가 발달되어 있다. ‘부유’와 같은 완전단감의 타닌 세포는 발육이 일찍 정지되어 과육세포보다 크기가 적지만 뽕은감의 타닌세포는 과육세포보다 더 크게 발달한다(米森, 1985; 김, 1998). 내과피는 종자를 둘러 싸는 피막 부분이다.

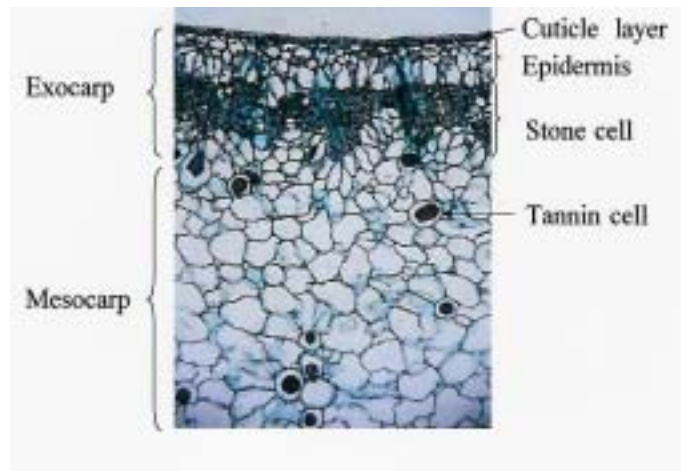


Fig. 4. Photomicrograph of 'Fuyu' persimmon fruit.

수확시기에 따라 과실을 상부와 하부로 구분하여 과피와 과육부의 해부학적 특성을 조사하였다(Table 11). 과실 상부 조직의 세포 크기는 수확적기 10일전에 비해 적숙기에 급격히 신장하였지만 수확적기 10일 후에는 신장세가 다소 둔화되었다. 동일 과실의 하부 조직의 세포 크기는 상부와는 달리 수확시기가 늦어질수록 과피가 두꺼워진 반면 석세포층은 상부와 하부 모두 차이가 없었다. 과육세포의 크기는 과실 하부에서는 변화가 적었지만 상부는 수확이 늦어질수록 커졌다. 우리 나라는 기후적으로 단감을 첫서리가 오기 전에 수확하기 때문에 일본 단감 주산지보다 빠른 편이다. 따라서 수확적기 이후에도 기상 상태만 좋으면 과실은 계속 성장하며 리코핀 함량이 증가되어 붉은색 발현이 잘된다(이와 이, 2001).

Table 11. Size of peel, stone cell layer, flesh cell by harvest stages.

Harvest date	Peel depth (μm)	Stone cell layer (μm)	Flesh cell diameter(μm)
		<i>Top</i>	
Oct. 28	87 \pm 6.2	204 \pm 4.5	202 \pm 5.4
Nov. 7	107 \pm 8.4	195 \pm 9.4	199 \pm 8.8
Nov. 17	110 \pm 5.2	193 \pm 10.3	199 \pm 8.2
		<i>Bottom</i>	
Oct. 28	83 \pm 5.4	204 \pm 10.8	173 \pm 8.8
Nov. 7	114 \pm 5.6	198 \pm 7.6	175 \pm 6.1
Nov. 17	110 \pm 6.7	184 \pm 7.7	174 \pm 6.5

2) 과육갈변과의 해부학적 특성

MAP 저장 후 과육갈변정도에 따른 과실 상부와 하부의 과피와 석세포층 및 과육 세포의 크기를 비교하였다(Table 12). 과육갈변이 진행됨에 따라 과피 층의 두께가 얇아지고 석세포층이 두꺼워지는 경향이었는데, 이는 저장 중에 과피층이 붕괴되어 해부학적으로 석세포층이 두꺼워진 것으로 관찰된 것인지, 과육갈변의 원인으로 나타난 현상인지 더 정밀한 검토가 있어야겠다. 과육갈변과가 정상과실에 비해 상부의 과육경도가 더 높아지는 것도 이러한 생리화학적인 요인과 세포학적인 면을 관련한 검토가 필요할 것으로 생각한다.

Table 12. Size of peel, stone cell layer, flesh cell by degree of flesh browning disorder.

Flesh browning occurrence	Peel depth (μm)	Stone cell layer (μm)	Flesh cell diameter(μm)
		<i>Top</i>	
Severe	78 \pm 6.4	192 \pm 14.8	195 \pm 7.7
Medium	79 \pm 9.9	171 \pm 6.4	200 \pm 16.2
Slight	68 \pm 2.0	169 \pm 19.0	191 \pm 9.1
		<i>Bottom</i>	
Severe	84 \pm 7.6	177 \pm 10.4	185 \pm 10.4
Medium	74 \pm 9.7	175 \pm 7.4	187 \pm 9.2
Slight	82 \pm 10.2	179 \pm 3.3	173 \pm 5.4

‘부유’ 단감의 MA저장 중 과육갈변정도에 따른 과피와 과육조직의 해부학적 특성을 비교하였다(Fig. 5) 과육갈변이 진행되는 동안 표피 층의 두께는 얇아지고 석세포층이 두꺼워지는 경향이었는데(Table 12), 이는 저장 중에 과피층이 붕괴되어 해부학적으로 석세포층이 두꺼워진 것으로 관찰된 것인지, 과육갈변의 원인으로 나타난 현상인지 더 정밀한 검토가 있어야겠다. 과육갈변과가 정상과실에 비해 상부의 과육경도가 더 높아지는 것은 정상과실은 세포막의 기능이 정상으로 여러 가지 효소의 기능이 활성화되어 장과류인 감의 특성상 저장 중 세포벽의 붕괴로 과육연화가 진행되어 과실 경도도 낮게 나타난 것으로 생각된다.

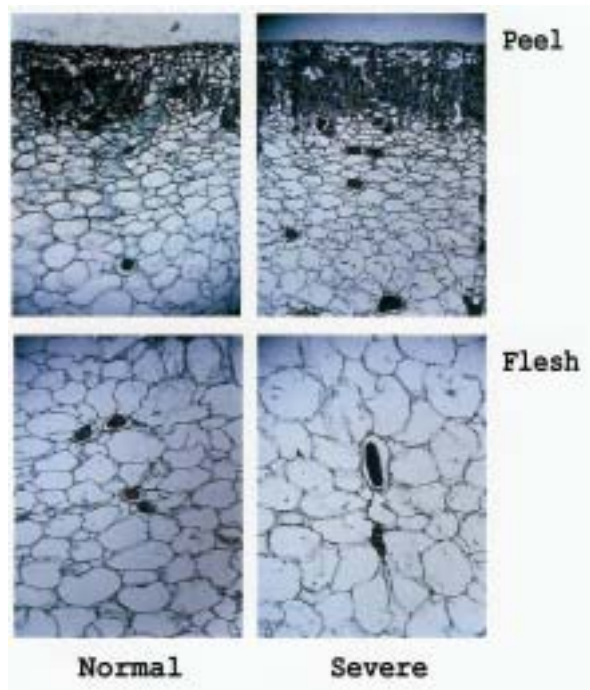


Fig. 5. Comparison of transverse section of peel and flesh of 'Fuyu' by degree of flesh browning disorder by modified-atmosphere package(MAP) storage in 0.06mm polyethylene film, at 0°C.

반면에 과육갈변과는 고이산화탄소 및 저산소 등에 의해 막기능이 상실하여 효소의 기능이 저하되어 연화와 관련된 세포벽 붕괴가 일어나지 않아 오히려 경도가 높게 나타나 것으로 생각된다. 또한 그림에서와 같이 과육갈변과는 형태적으로 정상과와 큰 차이가 없었으나 표피층과 과육부의 세포 안에 잔유물 같은 것이 있어 분해된

세포막으로 생각되었다.

3) 과피 변색과의 해부학적 특성

수확 후 과실 표면에 부분적으로 변색과가 발생하는 과실은 외관이 나빠지기 때문에 상품가치가 저하된다. 특히 수확 당시 변색과 증상이 나타나지 않았던 과실도 저장 중에 변색이 되는 경우가 있어 재배 농가에 많은 피해를 주고 있다. 대개 변색과 증상은 과실의 적도부에서 과정부 쪽으로 부정형의 연한 먹물을 뿌려 놓은 듯한 운형상(雲形狀)의 변색과와 과정부에서 세로로 흑갈색의 무수한 균열이 생기는 파선상(波線狀) 변색과 및 미세한 원형의 검은 점이 발생하는 흑점상(黑點狀)의 변색과 등으로 구별된다(이와 이, 2001).

과피에 파선상의 변색과가 발생한 과실의 형태학적 미세구조를 관찰하였다(Fig. 6). 파선 주변이 검은색으로 변색이 되는데 이 부분을 해부현미경으로 확대하여 관찰한 결과(Fig. 6-B), 파선상으로 갈라진 표피와 인접한 부분만 검게 변색이 된 것을 알 수 있었다.

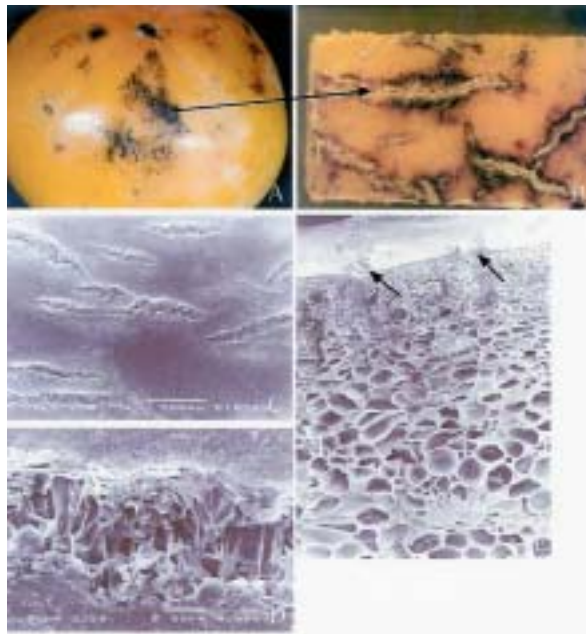


Fig. 6. Microstructure observation on the vertical line like blackening disorder of peel.

과선상으로 과피면이 갈라지는 현상은 성숙기에 과실 비대에 따라 큐티클층이 균열이 되며, 그 깊이는 석세포 층 바깥의 외표피층까지 깊게 진전된 것(Fig. 6-D, E)을 알 수 있었다. 주로 과정부 쪽의 표피층이 갈라지는 현상은 성숙이 진행될수록 과실 하부보다 과실 상부쪽의 비대가 더 급속히 진행되었기 때문으로 생각된다(Table 11). 큐티클층과 과피층이 갈라져 페놀성 화합물이 공기에 의해 산화되어 변색이 되는데(김 등, 1989; 이와 이, 2001), 중과피인 과육부분까지 진전되지 않기 때문에 식용에는 지장이 없다.

과피에 운형상의 변색과가 발생한 과실의 형태학적 미세 구조를 관찰하였다(Fig. 7). 운형상 변색과는 과선상 변색과와 마찬가지로 과피면의 큐티클층이 갈라졌으나(Fig. 7-C, D), 과선상 변색과와 다른 점은 흑변현상이 표피 조직과 과육조직에까지 깊게 진전된 것이다(Fig. 7-B). 또 운형상 변색과는 주로 큐티클층이 갈라졌고 표피층까지 깊게 갈라지지 않았다. 그러나 변색의 정도는 과선상의 변색과보다 과육부 쪽으로 더욱 진전된 점에서 차이가 있었다. 운형상 변색과가 발생한 부분에서 균사체는 발견하지 않아 과선상 변색과와 마찬가지로 비병원성 변색현상으로 생각되었다(Fig. 7-D).

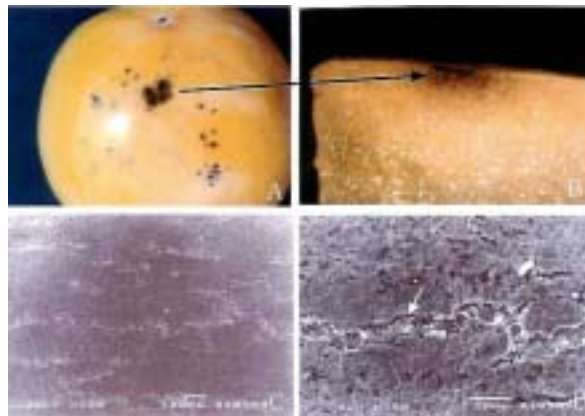


Fig. 7. Microstructure observation on the cloudy blackening disorder of peel.

과피의 과정부에 직경 1mm 정도 크기의 흑점상 변색과의 해부학적 미세 구조를 관찰하였다(Fig. 8). 흑점은 주로 과정부 쪽에 발생되며 부정형으로 그 크기와 형태가 다양하였다. 흑점상으로 변색된 부분은 과피의 표피층까지 진전되었지만 과육부분은

변색되지 않았다(Fig. 8-C). 또한 전자현미경에 의한 미세구조를 보면 과선상이나 운형상 변색과(Fig. 6, 7)는 큐티클 층이 갈라진 곳에서 변색이 되었으나 흑점상 변색과는 큐티클의 갈라짐은 관찰할 수 없었고 무수히 많은 작은 반점이 모여서 된 것으로 관찰되었다(Fig. 8-D).

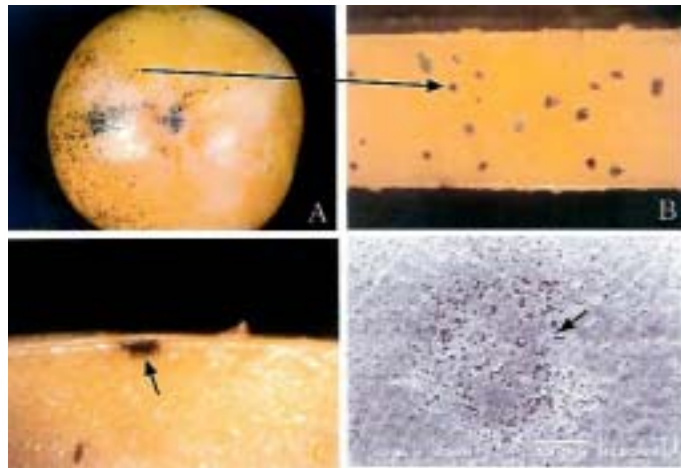


Fig. 8. Microstructure observation on the dotted (spotted and scattered) blackening disorder of peel.

흑점상 변색과 중에 발생부위가 주로 과실 적도면 아래의 꼭지 쪽인 변색과의 형태적 미세구조를 관찰하였다(Fig. 9). Fig. 8의 흑점상 변색과와 구별하여 오염과로 명칭하였다. 오염과의 크기는 흑점상 변색과와 유사하지만 오염과는 원형의 정형이었으며, 손톱으로 긁어내면 쉽게 탈락되었다. 주사 전자현미경으로 1,500배 확대하여 관찰한 결과 균사와 무수히 많은 포자가 관찰되어 균핵 덩어리임을 알 수 있었다(Fig. 7-C,D). 오염과는 농약살포가 소홀하거나 농약이 잘 닿지 않은 과실에서 과실의 꼭지 쪽에 포자가 떨어져 감염된 것으로 생각되었다.

과피 변색과의 발생원인은 병원성과 비병원성으로 구별하고 있으며(遠藤, 1982), 병원성 오염과는 약제 살포로 방제가 가능하며, Fig. 9와 같은 오염과가 발생한 과실은 꼭지부분이 잎에 의해 가려져 약액이 충분히 닿지 않은 부분에서 발생하는 것으로 생각된다.



Fig. 9. Microstructure observation of contamination fruit of peel by the dotted blackening disorder.

그밖에 다양한 형태의 과피 변색과에 대해 전자현미경에 의한 미세구조를 관찰하였다(Fig. 10). Fig. 10-A와 Fig. 10-B는 과정부 쪽에 작은 부정형의 점상 변색부를 관찰한 것이다. 흑점상 변색과(Fig. 8)나 오염과(Fig. 9)와는 달리 재배과정에서 모래와 같은 어떤 작은 물체가 과피면에 부딪혀 상처가 생겼으며 이어 상처부위가 변색된 것으로 생각되었다.

Fig. 10-C는 과피면의 붉은색 반점부위를 관찰한 것으로 반점 형태는 Fig. 8의 흑점상 변색과의 반점과 유사하였다. 감 과피의 반점 색은 검은 색이 대부분이지만 붉은 색을 띠는 경우도 종종 발견되며, 그 차이가 미생물의 감염에 따른 것인지 또는 생리적 차이인지는 더 검토할 필요가 있다.

Fig. 10-D는 과피가 긁혀 상처가 난 다음 상처 부위가 흑변한 것으로 파선상 변색과보다 갈라진 큐티클 층의 폭이 넓다. Fig. 10-E는 파선과 운형상 변색이 복합적으로 나타난 것으로 균사가 관찰되었다. 그러나 변색의 원인이 미생물에 의한 것인지 아니면 이미 변색된 부분에 감염된 것인지는 더 검토할 필요가 있다. Fig. 10-F는 변색 후 연화된 부위를 관찰한 것으로 과피면이 다소 융기된 모양이었다.

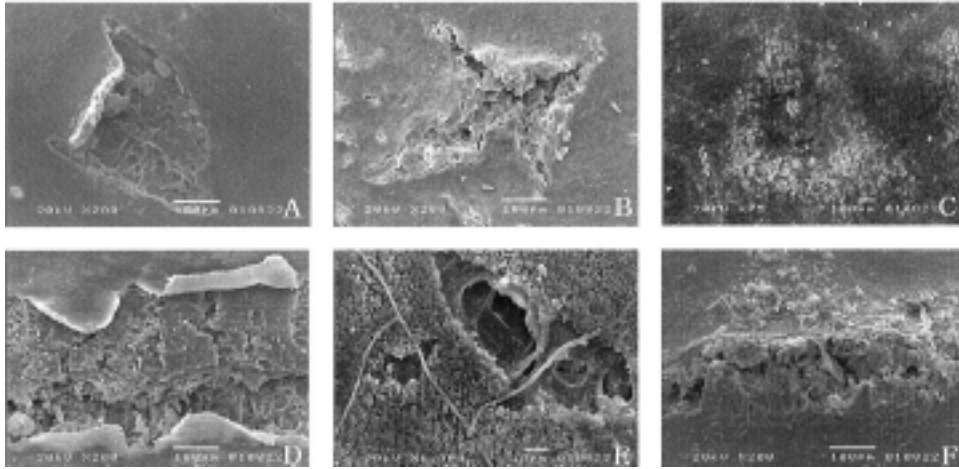


Fig. 10. Microstructure observation on the various form of blackening disorder of peel.

다. 변색 방지 요인 구명

수확전에 10일 간격으로 엽화칼슘 0.4% 액과 황산마그네슘 2%액을 2회 엽면살포한 후 과실특성을 비교하였다(Table 13). 비슷한 크기의 과실을 대상으로 조사했을 때 마그네슘 살포구가 다소 적었다. 과실 당도와 과육경도는 엽면살포구가 매우 낮았다. 전타닌 함량은 마그네슘 살포구에서 높게 나타났는데 이는 종자수의 영향이 더 컸을 것으로 생각되었다. 수확전에 칼슘이나 마그네슘 등의 수용제를 엽면살포하면 과실 당도와 경도저하를 유기할 수 있으므로 주의할 필요가 있겠다.

엽면살포에 따른 과실 내의 무기물 함량을 비교하였다(Table 14). 무기물의 엽면살포에 따라 과실내의 K, Ca, Mg 등의 함량이 저하되었고 Na 함량만 증가하였다. 과실 수확전에 엽화칼슘 0.4%액을 엽면살포 함으로써 오히려 과실내의 칼슘함량과 마그네슘 함량이 동시에 저하되는 경향이였다. 황산마그네슘 2%액을 엽면살포한 경우에도 과실 내의 칼슘과 마그네슘 함량이 모두 저하되었으나 칼슘 엽면살포 구보다는 저하되는 정도가 적었다.

Table 13. Effect of Ca and Mg foliar spray on fruit characteristics of persimmon.

Treatment	Fruit weight (g)	Seed number	Soluble solids (° Bx)	Flesh hardness (kg/5mm Φ)	Total tannin (mg/gF.W)
Control	191.7±6.5	3.3±0.6	15.8±0.25	1.82±0.09	2.84±0.05
Ca 0.4%	189.5±5.8	3.7±1.0	14.8±0.37	1.53±0.17	2.37±0.11
Mg 2%	194.5±5.9	1.9±0.4	14.7±0.46	1.43±0.14	3.35±0.28

Table 14. Effect of Ca and Mg foliar spray on the mineral content of fruit.

Treatment	K (% D.W.)	Ca (ppm, D.W)	Mg (ppm, D.W.)	Na (ppm, D.W.)
Control	1.86±0.07	135±8.1	547±36.3	412±34.6
Ca 0.4%	1.68±0.12	118±4.9	469±32.8	425±17.7
Mg 2%	1.56±0.06	127±2.5	526±13.1	446±20.8

무기물 엽면살포에 따른 저장 과실의 시기별 생리장해 발생율을 비교하였다(Fig. 11). 무기물을 엽면살포하지 않은 대조구 과실은 과육갈변과 발생율이 저장 4개월 후부터 발생되었고 저장 6개월 후에는 30%의 발병율을 보였다. 엽화칼슘 0.4% 수용액을 엽면살포한 과실은 저장 3개월 후부터 과육갈변과가 발생되었고 이 후 급격히 증가하였다. 황산 마그네슘 2%액 엽면살포 구에서는 과육갈변 현상이 나타나지 않다가 수확 6개월 후에 발생되었다. 칼슘 엽면살포 시 과실 내의 칼슘과 마그네슘 함량이 줄었으며, 마그네슘 엽면 살포시 과실 내 마그네슘 함량이 칼슘 엽면살포 구보다는 증가했다(Table 14). 그러나 예상했던 결과와는 다른 경향을 보여 마그네슘 엽면살포구에서 과육갈변과 발생율이 가장 낮았다. 과육연화과육은 대조구에서 저장 4개월 후부터 발생되었으며, 과육갈변과와 비슷한 경향이였다. 칼슘 엽면살포 과실에서는 저장 1개월 후부터 발생이 시작되어 서서히 증가하였다. 토양 내의 Mg 함량과다시 K, Ca, Mn 등의 다른 양이온의 흡수를 감소시켜 결핍증을 유발시키지만

(Bennett, 1994), 직접 Mg을 엽면살포 시 오히려 대조구보다 Ca 및 Mg 함량이 감소되어 예상한 결과와 달리 과육갈변과 발생율이 낮아졌다.

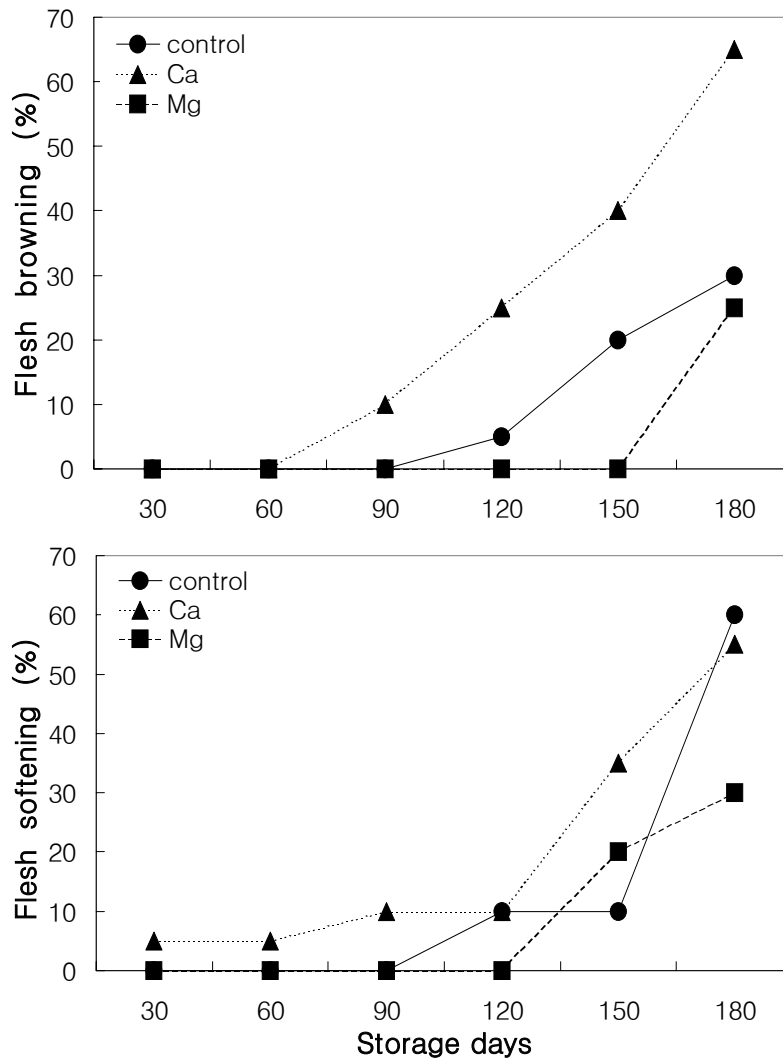


Fig. 11. Effect of Ca and Mg foliar spray on the occurrence of flesh browning and flesh softening according to storage days.

종자가 없는 무핵과실과 종자수가 많은 과실을 대상으로 과실 특성을 조사하였다 (Table 15). 당도와 과육 경도는 종자가 있는 과실에서 높게 나타났으며, 전타닌 함량은 무핵과실에서 높게 나타났다. 종자 수에 따른 과육 내의 미량원소 함량을 비교한 결과(Table 16), 칼리 함량은 무핵 과실에서 낮았지만 칼슘과 마그네슘은 무핵과실에서 많았다. 과실에서 Mg 함량 과다가 직접적으로 생리장해를 유발하지 않지만 Ca 함량을 낮추거나 Ca의 역할을 방해하여 생리장해를 촉진시킬 수 있다고 하였다 (Faust, 1989).

Table 15. Comparison of fruit characteristics according to seed and seedless fruit.

Seed number	Fruit weight (g)	Soluble solids (。 Bx)	Flesh hardness (kg/5mm Φ)	Total tannin (mg/gF.W)
Seedless	189±3.4	14.6±2.5	1.5±0.16	3.0±0.27
Seeded (5.5)	198±5.6	15.9±4.2	1.7±0.64	2.5±0.16

Table 16. Comparison of the mineral content according to seed and seedless fruit.

Seed number	K (% D.W.)	Ca (ppm, D.W)	Mg (ppm, D.W.)	Na (ppm, D.W.)
Seedless	1.59±0.16	133±5.9	574±7.3	436±2.5
Seeded (5.5)	1.75±0.21	119±3.9	468±2.1	388±2.3

그러나 무핵과실에서는 유핵과실보다 Mg 함량이 일반적으로 높았지만 Ca 함량도 높아 과육갈변과의 발생이 적었던 것으로 생각되었다. 그러나 유핵 과실에서는 Mg 함량은 적었지만 Ca 함량도 적었으며 특히 과육갈변과 발생 정도가 심한 과실에서 Mg 함량이 높게 나타나((Table 4), 유핵 과실에서는 Mg과 Ca 등의 함량비가 과육갈변과에 영향을 미칠 것으로 생각되었다(최와 김, 2001).

4. 요약

단감 ‘부유’의 적숙기의 과육 경도는 1.5~2.0kg/5mm Φ 였으며, 수확시기가 늦어질수록, 그리고 저장기간이 오래 될수록 과육 연화에 의해 경도가 1.0 이하로 감소되었다. 저장 중에 나타나는 과육갈변 현상은 과정부의 과피 쪽에서 시작하여 과육쪽으로 진행되었으며, 과육갈변 장애가 나타난 과실은 과육 경도가 1.6kg/5mm Φ 정도로 정상 과실의 경도보다 높았다. 과실 내 전타닌량은 2~3%였으며 종자가 적은 과실과 수확기가 빠른 과실에서 타닌 함량이 많았다. 과육갈변이 많이 발생했던 과원의 과실에는 전타닌 함량이 적었으며, 과육갈변 발생율과 전타닌 함량과는 상관계수 $r=-0.696^{**}$ 으로 부의 유의한 상관이 있었다. 저장 전 과실의 과피 착색과 저장 후 과육갈변 발생정도를 비교한 결과 과피의 a^* 값이 21.2로 낮은 과실에서 저장 후 과육갈변이 심하게 발생하였다. 과육갈변이 발생한 부분은 과육색이 L^* , a^* , b^* 값 모두 낮아져 어두운 색을 보였으며 그중 b^* 값이 유의하게 낮아졌다. 과실 하부쪽은 a^* 값이 낮을수록 상부쪽의 과육갈변 정도가 컸다. 저장 중 과육갈변과 발생율이 높았던 과수원은 정상과수원에 비해 토양 중 무기물 함량이 낮았지만 과육 중에는 Mg 함량이 많은 경향이였다. 종자가 많은 과실일수록 Mg 함량은 적은 경향이였지만 과육갈변이 심한 과실에서는 $r=0.525^*$ 로 정의 상관이 인정되었다. 석세포층의 두께와 과육세포의 크기는 적숙기 전후로 큰 차이가 없었으나 과피의 두께는 커지는 경향이였다. 과육갈변과는 세포벽 붕괴는 보이지 않았지만 세포막의 기능상실로 과육 절단시 세포막 잔해물이 관찰되었다. 변색 방지를 위한 과실 수확전에 염화칼슘과 황산마그네슘을 엽면 살포시 과실의 당도와 경도가 낮아졌으며, 과실 내의 무기물 함량도 낮아지는 경향이였다. 그러나 저장 중의 과육갈변과 발생율은 Mg 엽면살포구에서 낮아지는 경향이였다.

과피 변색과 중에서 파선상과 운형상 변색은 과피의 큐티클 층이 갈라진 부위에서 발생되었으며 병원성 미생물은 관찰되지 않았다. 큐티클 층이 갈라지는 정도는 파선상 변색과가 운형상 변색과보다 심하였고, 흑변 정도는 운형상 변색과가 심하였다. 과피의 흑점상 변색과는 부정형의 반점과 정형의 반점으로 구분되었고, 과정부 쪽에서 주로 발생하는 부정형의 흑점상 변색과는 과피부위가 변색된 것으로 큐티클 층에 많은 미세 구멍이 관찰되었다. 과실의 꼭지쪽에 주로 발생하는 정형의 반점은 병원성 오염과로서 균핵덩어리로 관찰되었다.

5. 참고문헌

- Ben-Arie, R. and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified-atmosphere packaging. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 27(7):811-813.
- Bennett, W.F. 1994. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. APS press. p.125.
- Berlyn, G.P. and J.P. Miksche. 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. The Iowa Univ. Press. Ames, Iowa.
- 최형심, 김월수. 2001. Ca, K 및 Mg 성분이 단감 과정부 과육갈변에 미치는 영향. *한원지* 42(3):319-324.
- 최성진. 1998. 단감 과실의 과육 갈변과 세포막 투과성 및 지방산 조성 변화의 관계. *농산물저장유통학회지* 5(1):35-39.
- 최성진, 양용준, 이창후. 1998. 갈변 '부유' 단감 과실의 생리적 특성. *한원지* 39(6):741-744.
- Easu, K. 1977. Anatomy of seed plants. John Wiley & Sons, Inc.
- 원등용량. 1982. *카키의品種と栽培*. 農文協. 東京.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. Wiley. p.103.
- 池田 勇, 山田昌彦, 栗原昭夫, 西田光夫. 1985. 카키의甘澁의遺傳. *園學雜*. 54:39-45.
- 김중천, 고헌출, 김규래, 이재창. 1996. 과수원예총론. 향문사.
- 김명수, 오성도, 손동수. 1999. 단감 종자유무가 MA저장시 과육갈변에 미치는 영향. *한원지* 40(1):79-82.
- 김용석, 정상복, 손동수, 이경국, 이운식. 1989. 단감 저장중에 발생하는 과피흑변현상의 발생원인과 그 방지에 관한 연구. *농시논문집* 31:62-72.
- Komiyama, Y., M. Harakawa, and M. Tsuji. 1985. Characteristics of sugar composition of various fruits in relation to maturity and storage. *J. Japan. Soc. Food Sci.* 32:522-529.
- 이용재, 이용문, 권오창, 정순재, 이영병, 조영수, 박윤문, 김태춘. 2000. '부유' 단감 MA 저장에서 과피흑변 및 과육갈변 발생에 미치는 과실 크기와 PE 필름 면적. *한국원예학회지* 41(1):71-74.

- 이용문, 이용재. 2001. 최신 감재배 기술. 서원.
- 眞部孝明. 1982. 脱澁前後におけるカキ全タンニンの定量について. 廣島農短大報 7:79-85.
- 閔丙蓉, 吳相龍. 1975. Polyethylene film 포장에 의한 단감의 CA저장에 관한 연구. 한국식품과학회지 7(3):128-134.
- Nam, H.C., H.J. Lee, S.J. Hong, S.J. Kim, and T.C. Kim. 1998. Varietal differences in fruit characteristics of sweet and astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39(6):707-712.
- 박용서, 나택상, 이건만. 1997. PE film내 O₂ 및 CO₂ 처리가 '부유' 단감 저장중 과실 품질에 미치는 영향. 한원지 38(5):510-515.
- Pellett, H.M. and J.V. Carter. 1981. Effect of nutritional factors on cold hardiness of plants. Hort. Rev. 2:144-171.
- 冷平, 板村裕之, 山村 宏. 1993. 數種のカキ屬植物とカキ品種における耐凍性とアントシアニン形成との關係. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61(4):795-804.
- 신일섭, 이승구, 박윤문. 1994. '부유' 단감 과실의 변색에 관여하는 요인. 한원지 35(2):155-164.
- 손태화, 최중욱, 석호문, 조래광, 서운수, 김성원, 하영선, 강주희. 1975. 감의 이용에 관한 연구. (제6보) 富有柿의 Polyethylene Film 저장에 따른 최적 Film 두께의 조사. 한국식품과학회지 10(1):78-82.
- 손영구, 윤인화, 한판주. 1981. Polyethylene Film 밀봉에 의한 감 저장에 관한 연구. 농시보고 23:95-102.
- Taira, S. 1996. Astringency in persimmon. p.97-110. In: H.-F. Linskens and J.F. Jackson (eds). Modern methods of plant analysis, Vol. 18 Fruit analysis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 樽谷隆之. 1965. カキ果實の貯藏に關する研究. 香川大學 農學部 紀要. 19:1-52.
- Westwood, M.N. 1993. Temperate-zone pomology: Physiology and culture.
- 양용준, 최성진, 이창후. 1999. '부유' 단감의 저온저장시 과실변색에 미치는 CO₂ 농도의 영향. 한원지 40(3):352-354.
- 米判森敬三, 松島二良, 衫浦 明. 1983. 甘ガキと澁ガキのタンニン物質の差異について. 園學雜.52:135-144.

米料森敬三, 松島二良. 1985. カキ果實のタンニン細胞の發育過程と自然脱澁との關聯について. 園學雜.54:201-208.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 변색의 정도와 원인분석

가. 변색 유형

1) 갈변 유형

갈변의 정도를 파악하고 이를 특징별로 분류하였다. 이는 이 분야에서 최초로 이루어진 것으로서 갈변에 대한 개념을 정립하였으며 증상별로 이름을 명명하여 용어를 통일시킴으로써 단감 갈변과 관련하여 현장과 연구에 있어 기준이 되게 하였다.

2) 과피흑변 유형

과피흑변의 정도를 파악하고 이를 특징별로 분류하였다. 이 중 정부삼각 과피흑변은 본 연구를 통하여 새롭게 제시되고 구명되었다.

나. 변색 원인

1) 갈변 발생 원인

현장에서 많은 피해를 일으키고 있는 갈변의 원인을 저장환경적 측면에서 포장내 가스(산소, 이산화탄소)가 주 요인으로 작용함을 밝혔다. 이로써 단감 갈변과 관련된 타 연구에 상당한 방향을 제시한 것으로 평가된다. 또 예건·예냉이 관련되어 있음을 제시하였다. 재배적 요인은 상관성이 매우 낮았는데 갈변에 영향을 미치지 않는 것인지 연구가 부족한 것인지는 남아있는 부분이다. 한가지 아쉬운 것은 수확시기와 관련해서는 해마다 결과가 다르게 나타나 자료를 제시하지 못하고 지금도 연구중에 있다.

2) CA 모의 실험을 통한 MA-연관 갈변장해 유기 요인 구명 및 생화학 요인과의 연관성

MA 저장에서 발생하는 갈변의 전형적인 형태인 과정부 과육갈변의 발생원인을 모의 CA를 통하여 0.5kPa 이하의 저산소가 1차적 요인이고 이산화탄소는 상가적으로 작용하고 있음을 인위적으로 유기시킴으로써 명쾌히 밝혔다. 또한 갈변과의 부위 특이성을 과실 내부의 가스 요인 및 생화학적 요인과 연관하여 해석하였다. 이를 통하여 조직 내 산소 농도가 상대적으로 높아도 혐기호흡이 심하게 일어날 수 있는 흥미 있는 사실을 발견하여 앞으로 과실의 가스장해를 해석하는데 큰 도움을 줄 수

있을 것으로 평가된다.

3) 과피흑변 발생 원인

다른 과실과는 달리 단감 과피흑변은 어떤 요인보다도 과원의 고습환경이 주요인으로 작용하는데, 이중 상대습도와 과면의 결로량보다는 결로시간이 더욱 큰 요인임을 밝혔다. 이는 재배 기술과 다수확을 위한 수형 못지 않게 우수한 상품을 생산하기 위한 과원의 적지선정과 채광과 통풍을 고려한 수형의 중요성을 일깨웠다. 보르도액은 알려진 것과는 달리 고습환경에서는 과피흑변을 많이 발생시키나 저습환경에서는 과피흑변에 큰 문제가 되지 않으며 오히려 방제력이 높아 생산성에 유리한 면도 있음을 밝혔다. 저장 요인은 포장내의 고습조건에서 산소에 의한 산화가 매우 큰 요인으로 작용하였다.

다. 변색 방지

1) 갈변 방지 기술

단감 MA 저장에서 과실의 호흡과 관련된 포장의 기체투과량이 매우 중요함에도, 이것이 감안되지 않은 현행의 획일화되어 있는 포장 단위와 두께가 변색과 발생의 큰 원인임을 파악하고, 포장 단위와 과실 크기별로 최적 포장 규격을 사용함으로써 변색과 발생을 거의 해결할 수 있었다. 이는 연구도중 현실화 시켜 상당한 효과를 거두고 있다. 또한 이를 바탕으로 날개 포장이 시장에서 유통되기 시작했으며 노동력 절감을 위해 15kg의 박스단위 포장이 현장에 상당히 보급되어 효과를 거두고 있다. 재배적 차원의 방지기술은 균형적인 비배관리 외에는 제시하지 못했는데 재배적 요인이 관계하는지는 의문이 있으며, 앞으로 지속적인 연구가 필요하다면 지역적 특성(기후와 관련된 속도, 토양 및 강우와 관련된 무기양분의 과부족 등)과 더불어 광범위한 연구가 필요한 것으로 생각된다.

나) 과피흑변 방지 기술

과피흑변 방지를 위한 단감과원은 무엇보다도 저습환경과 통풍이 원활한 적지의 선정이 중요하며, 다음으로 채광과 통풍을 감안한 수형유지와 방제약제의 종류와 살포방법임을 밝혔다. 이와 더불어 고습환경에서는 약해도 심한데, 특히 보르도액은 고습환경의 과원에서는 살포하지 않는 것이 바람직하였다. 저장 전 처리로 과피흑변을

방지하고자 한 과면 coating 처리는 효과를 거두지 못하였으나 과면 열처리 효과는 있었지만, air heating 처리보다는 hot water 처리가 좋았다. 하지만 정확하고 균일한 온도조절이 가능한 설비가 문제이다.

라. 가공용 분말원료 및 가공품 개발

1) 가공용 분말원료 제조

가공용 분말은 비상품과를 이용하여 가공품을 제조하는데 매우 효과적인 원료로 평가되었다.

2) 분말원료를 이용한 요쿠르트 제조

기존의 제품과 별 차이 없는 요쿠르트 제조가 가능하였고 skim milk 대신 사용할 경우 생산비 절감효과가 있으며 생과와 기능성이 부가되어 있으므로 시장성도 있는 것으로 평가된다.

3) 분말원료를 이용한 잼, 고추장 제조

기존의 제품과 별 차이 없는 잼과 고추장 제조가 가능하였으나 단감의 향이 없는 것이 문제점으로 남아있다.

마. 변색방지를 위한 생리화학 및 해부학적 연구

1) 갈변

갈변이 발생하는 과실과 발생되지 않는 과실간에 타닌, 과실내 무기물 중 Mg, 종자 수, 속도 등에 있어 상관성 있는 결과가 있었으나 이들이 발생의 원인인지에 대해서는 산소나 이산화탄소의 gas 조건보다는 약한 것으로 생각되었다.

2) 과피흑변

과피흑변의 유형마다 어떤 형태로든 큐티클 층의 손상과 관련된 해부학적인 차이가 매우 강하게 작용하고 있는 것을 밝혔다. 이를 바탕으로 과피 coating을 시도했는데 효과를 거두지는 못했으나 적정 coating제와 처리 기술이 개발된다면 그 가능성은 있는 것으로 평가되었다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 결과 활용

가. 변색을 방지할 수 있는 포장 단위와 과실 크기별 포장 규격을 단감 포장지 제조 업체에 제시해 주었고, 한국감연구회 심포지움에서 변색의 원인과 방지에 관해 농민들에게 이미 교육하였으며 앞으로도 계속 지도할 계획임.

2. 계속 진행 중인 연구

가. 저장 과정에서 진공이 이루어지는 현재의 날개포장 시스템은 포장 후 바로 출하할 경우 미관이 좋지 않으므로 포장과 동시에 진공이 이루어져 바로 출하할 수 있는 포장 장치와 포장재 및 포장규격에 대한 연구가 필요하며 일부 진행 중에 있음.

나. 수확시기와 예건·예냉과의 조합에 의한 갈변 발생과 방지에 관한 연구에 있어서는 아직 결론을 내지 못하였다. 이 연구는 계속 진행할 필요가 있어 현재 단감 시험장과 연계하여 계속 연구하고 있다.

3. 추가 연구가 필요한 것

가. 수출 시 검역과 관련하여서도 hot water에 의한 열처리 기술은 살균, 살충 효과가 기대되므로 지속적인 연구개발을 신중히 고려해 볼 필요성이 있는 것으로 생각된다.

나. 국내 단감 저장용 MA 포장의 원료와 원료로 사용되는 LDPE, LLDPE의 배합비, 첨가제, 사출방법 등에 따른 PE 필름의 기체투과도에 대한 연구와 자료공개가 필요한 것으로 생각된다.

다. 단감 비상품과를 이용한 올리고당 생성에 관한 예비연구에서 상당히 긍정적인 결과가 있었으므로 올리고당 생성 미생물과 관련된 추가 연구는 가치가 있는 것으로 평가된다.

라. 단감 가공 시 향이 없는 것이 단점이므로 향을 부여하는 연구와 단감 분말원료의 대량생산에 관한 연구는 추가 연구가 필요한 것으로 생각된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

해당사항 없음.

제 7 장 참고문헌

각 절에 삽입되었음.