

## 단감의 품종별 과정부 갈변률과 과육조직의 해부학적 관찰\*

나양기\*\* · 김월수\*\*\* · 박희승\*\*\*\* · 최현석\*\*\*\*\* · 최경주\*\*\*\*\* ·  
이 연\*\*\*\*\* · 이유석\*\*\*\*\*

### Calyx-End Browning in Various Persimmon (*Diospyros kaki*) Cultivars and Anatomical Observations in Flesh Tissues

Na, Yang-Gi · Kim, Wol-Soo · Park, Hee-Seung · Choi, Hyun-Sug ·  
Choi, Kyeong-Ju · Lee, Youn · Lee, You-Seok

Calyx-end browning in sweet persimmon (*Diospyros kaki*) fruits is the postharvest disorder during the storage and shows different proportions by the cultivars. This study was to evaluate fruit texture characteristics at harvest and to learn how browning in fruits affects the cell structures in different cultivars. Persimmon cultivars included 'Fuyu', 'Jiro', 'Uenishiwase', 'Daiandangam', and 'Ro-19', which were harvested at the end of October in 2003 and investigated after 100 days storage. Fruit texture varied with different cultivars. 'Jiro' and 'Ro-19' fruits did not have browning symptoms while 'Daiandangam' fruits had approximately 80% browning of them. There were no visual differences for the cell structure in fruit peels between fruits without browning, such as 'Jiro' and 'Ro-19', and fruits with browning, such as 'Fuyu', 'Uenishiwase', and 'Daiandangam'. The most outer layers in a 'Jiro' fruit peel arranged one to two epidermis which could not induce browning in the tissues, while 'Fuyu' had two to three layers, inducing a browning symptom. Although there were no differences for the tissue structure between browning and normal fruits, browning fruits did not have apparent cell organelle

---

\* 본 연구는 전남농업기술원 원예연구소의 지원에 의해서 수행되었습니다. 국립농업과학원 유기농업과의 지원에도 감사드리는 바입니다.

\*\* 전남농업기술원 원예연구소

\*\*\* 전남대학교 원예학과

\*\*\*\* 중앙대학교 원예학과

\*\*\*\*\* 교신저자, 국립농업과학원 유기농업과(dhkdwk7524@daum.net)

\*\*\*\*\* 전남농업기술원 연구개발국

\*\*\*\*\* 국립농업과학원 유기농업과

\*\*\*\*\* 전남농업기술원 운영지원과

and proceeded degradation of cell walls in the flesh.

Key words : *cell structure, fruit texture, Fuyu, Jiro, MA storage*

## I. 서 언

국내 단감의 저장 방법은 대부분 MA(Modified Atmosphere) 저장을 하고 있으나 저장 중 품질을 가장 많이 저하시키는 요인에는 ‘부유’ 단감의 과육갈변 현상이 있고, ‘차랑’(Jiro)의 경우 갈변 정도가 부유에 비해 덜한 것으로 알려져 있다(Shin et al., 1994). 저장 초기 1~2개월 사이에 급속히 발생하되 연화되지 않는 일명 ‘초코 갈변’이라고 알려진 ‘과정부 갈변’은 저장 초기 과실의 과정부 중앙에서 원형 또는 환형을 형성하면서 시작되어 점차 적도면을 향하여 과육 속으로 진전되고 이취를 동반하여 감 고유의 풍미를 크게 떨어뜨린다. 또한 갈변 부위와 정상 부위의 경계가 명확히 구분되며 수분 누출 현상이 보이거나 심한 연화를 동반하지는 않는다고 알려져 있다(Choi et al., 1998; Kim et al., 2002; Lee and Yang, 1997; Yang et al., 1999).

Choi 등(1998)은 ‘부유’ 단감 과실의 과정부 갈변 현상이 진전되는 것이 세포막의 투과성과 관련된 기능의 저해와 밀접한 관련이 있다고 생각하여 갈변의 발생과 관련된 여러 가지 생리적 요인을 조사한 결과, 갈변 부위의 조직은 세포막의 투과성이 증대되어 있으며 지질 추출물의 sterol/phospholipid 비가 높고 지방산 함량은 낮은 것으로 분석하였다. 따라서 과정부 과육갈변 현상은 세포막의 정상적 기능이 저해됨으로써 나타나는 것으로 보고하였다. Glenn 등(1985)은 과실발육 단계별로 과실표면의 구조를 조사한 결과 6월에는 큐티클 층에 기공이 밀집된 것이 관찰되었으나 7월에는 이들이 파괴되고 열개되며 왁스 층은 6월과 8월에 걸쳐 형성되고 8월에는 과점이 나타나고 점차 크고 깊게 된다고 하였다. 따라서 큐티클의 왁스 층 발달은 과실의 세포벽을 결속시키는 갈슘의 침투를 억제시킬 것이라고 하였다(Faust and Shear, 1972; Glenn et al., 1985). 하지만 단감갈변의 원인이 되는 세포막의 투과성 약화에 관한 기존의 연구발표가 있지만(Park et al., 2003) 단감 품종별로 갈변의 차이에 따른 세포의 형태학적 변화에 대한 고찰은 매우 미흡한 실정이다. 또한 단감 품종 중 가장 많이 수출되는 ‘부유’와 ‘차랑’의 갈변률의 차이에 대한 원인 규명에 대한 조사는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 농가에서 재배되는 ‘상서조생’, ‘차랑’, ‘대안단감’, ‘부유’, 그리고 ‘로-19’ 단감을 MA 저장 시 발생하는 과육갈변(flesh browning) 발생 실태와 과실 물성 및 세포 구조를 종합적으로 분석하여 과육갈변이 세포구조의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하고자 연구를 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 과실 갈변과와 물성 측정

15년생 단감나무는 5m×4m의 재식거리를 가진 변칙주간형으로 심어졌으며, 토성은 양토였다. 공시품종은 2004년 10월 20일 전라남도 농업기술원 시험포장(위도 : 35°N, 경도 : 127°E)에서 수확한 ‘부유’(Fuyu), ‘차랑’(Jiro), ‘상서조생’(Uenishiwase), ‘대안단감’(Daiandangam), ‘로-19’(Ro-19) 등의 품종이었다. 크기와 성숙도가 균일한 과실 5개를 0.06mm PE (polyethylene) 필름 봉지에 넣은 다음 접착기를 이용하여 완전히 밀봉한 다음 저온저장고(1±1°C, RH 90%)에서 100일간 저장 후 조사하였다. 과육부위에 갈색반점이나 갈변부위의 직경이 1mm 이상인 과실을 갈변과로 간주하였고 품종당 100개의 과실을 가지고 조사하였다. 품종별 과실의 물성측정은 Texture Analyzer(TX-XT2, England)를 이용해 측정하였다. 과실 과정부 측면의 동일한 부위 과피를 1mm 두께로 깎아낸 후 platform에 올려놓은 다음 직경 5mm의 원형 probe plunger를 사용해 측정하였고 시료는 30개 이상을 측정하여 평균값으로 나타내었다.

### 2. 해부형태학적 특성

광학 현미경 검경을 위해 과육 조직은 1×1cm 크기로 절단해서 FAA용액에 고정시켰다. 탈수, 파라핀 침투, 몰딩 등의 과정을 거친 후 초미세절단기(Ultracut R, Leica Co., Austria)를 이용하여 10µm 두께로 절단하여 slide glass 위에 리본을 치상하였다. 리본은 60°C에서 5시간 이상 건조시킨 후 PAS 염색법(Figueroa and Khan, 1993)을 이용하여서 periodic acid (H<sub>5</sub>IO<sub>6</sub>) 용액에 30분간 침지해서 파라핀을 제거한 후 염색하였다. Schiff's 용액에서 15분간 처리한 후 1% sodium bisulfite 용액에 10분간 처리해서 흐르는 물로 세척하였다. 염색이 끝난 리본을 보호하기 위하여 polymount를 떨어뜨린 다음 cover glass로 덮어 24시간 경과한 후 광학현미경(Axioskop 2. Karl Zeiss Co., Germany)으로 검경하였다.

투과 전자현미경(TEM, transmission electron microscope, LEO 906E, Carl Zeiss Co., Germany) 검경용 시료는 epon 침투 과정까지는 광학현미경 검경용 시료와 동일한 방법으로 처리해서 제작하였다. 시료는 절단이 용이하도록 피라미드 모양으로 다듬어 초미세절단기(Ultracut R, Leica Co, Austria)를 사용하여 0.6~80nm의 두께로 절단하였다. 절단된 리본은 grid에 치상하고 uranylacetate 1% 용액에 10분 처리한 후 증류수로 세척하고 lead citrate로 10분간 처리 후 다시 증류수로 재 세척하였다. 염색이 끝난 시료는 풍건시킨 후 TEM(MEO 906E, Karl Zeiss Co., Germany)으로 검경하였다.

### 3. 통계분석

과실물성에 대한 통계분석은 SPSS(SPSS, Version 16.0, SPSS, Chicago, IL, U.S.A.)를 이용하여 Duncan의 다중검정을 통하여 5% 유의수준에서 각 처리간의 유의성을 검증하였다.

## Ⅲ. 결과 및 고찰

### 1. 단감의 품종별 과육갈변과 발생정도

MA 저장한 과육갈변과 발생률은 품종 간 차이가 대단히 컸는데(Fig. 1과 2), ‘차량’과 ‘로-19’는 전혀 발생되지 않았으나 ‘대안단감’의 경우는 80%의 높은 발생률을 나타내었고 ‘상서조생’, ‘부유’ 순으로 발생하였으며 수출과 저장을 가장 많이 하는 ‘부유’의 경우는 30% 정도 높은 발생률에 반복간 편차도 크게 나타났다. ‘부유’ 저장 시 과육갈변과 발생은 저장 조건에 따라 발생율의 차이가 다른데 1996년 창녕지역에서 생산한 과실을 가지고 0℃에서 CA 저장한 결과 28%까지 발생되었으며(Yang et al., 1999), 신 등(1994)은 다른 포장에서 채취한 시료를 0℃에서 18주간 저장한 결과 두 곳의 포장 채취 시료에서 각각 과육갈변과 발생률이 24.5와 67.9%로 많은 차이가 나타났다고 하였다. 본시험에서도 2003년에 ‘부유’에서 과육갈변과 발생이 다른 년도에 비해 다소 많은 30% 정도의 높은 발생률이 나타난 원인은 2002년부터 3년간의 시험기간 중 강수량이 많고 일조시간이 적었던(자료 미제시) 요인으로 추정되는데, 이는 증산량의 감소와 칼슘흡수 감소로 갈변률을 증가시키는 것으로 판단된다(Cline et al., 1991).

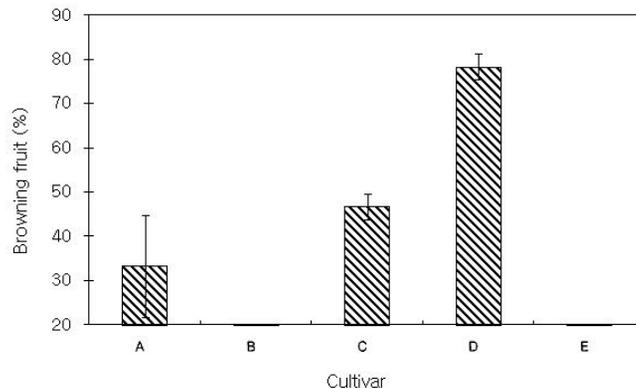


Fig. 1. Flesh browning fruits in different cultivars of sweet persimmons during 100 days MA storage. A; Fuyu, B; Jiro, C; Uenishiwase, D; Daiandangam, E; Ro-19.



Fig. 2. Flesh browning fruits in different cultivars of sweet persimmon during 100 days MA storage.

## 2. 품종별 물성 측정에 의한 비교

수확 당시의 품종간 hardness는 ‘부유’와 ‘차랑’에서 유의적으로 높게 나타났고, springiness는 ‘상서조생’과 ‘대안단감’이 0.892로 가장 높았다(Table 1). Cohensiveness는 품종간에 별다른 차이가 없었고( $P>0.05$ ), gumminess와 chewiness는 ‘상서조생’이 가장 높았고, ‘부유’ 또한 높은 gumminess를 보였다. 아삭아삭한 맛 때문에 해외수출이 급신장하고 있는 ‘부유’ 품종이 MA 저장시 과육갈변과가 발생 되는 문제점이 있으나 ‘부유’ 다음으로 생산량이 많은 ‘차랑’의 경우는 과육갈변과가 발생되지 않는 장점이 있다. 물성조사에서 동일 부위에서 동일 경도일 때 chewiness의 경우 0.533으로 차랑 0.403보다 0.13이 더 높아서 이 chewiness의 차이에 의해 ‘부유’가 ‘차랑’보다 아삭아삭한 맛이 나는 한 요인이 아닌가 판단된다. springiness와 gumminess 역시 ‘부유’가 ‘차랑’보다 각각 0.131, 0.038이 더 높게 나타났다.

Table 1. Fruit texture of different sweet persimmon cultivars at harvest in October in 2003

Cultivar	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
	(kg)				
Fuyu	2.993 a <sup>z</sup>	0.853 ab	0.208 a	0.625 a	0.533 ab
Jiro	2.935 a	0.722 b	0.199 a	0.587 ab	0.403 b
Uenishiwase	2.397 b	0.892 a	0.274 a	0.648 a	0.570 a
Daeandangam	2.294 b	0.892 a	0.254 a	0.588 ab	0.515 ab
Ro-19	2.227 b	0.706 b	0.226 a	0.508 b	0.366 c

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

### 3. 품종별 단감의 형태적 조사

Fig. 3은 ‘부유’, ‘차랑’, ‘상서조생’, ‘대안단감’, ‘로-19’ 등 단감 5품종의 성숙기의 과실 조직을 광학현미경으로 검경해서 촬영한 사진이다. 단감 과피조직의 가장 외부는 큐티클층

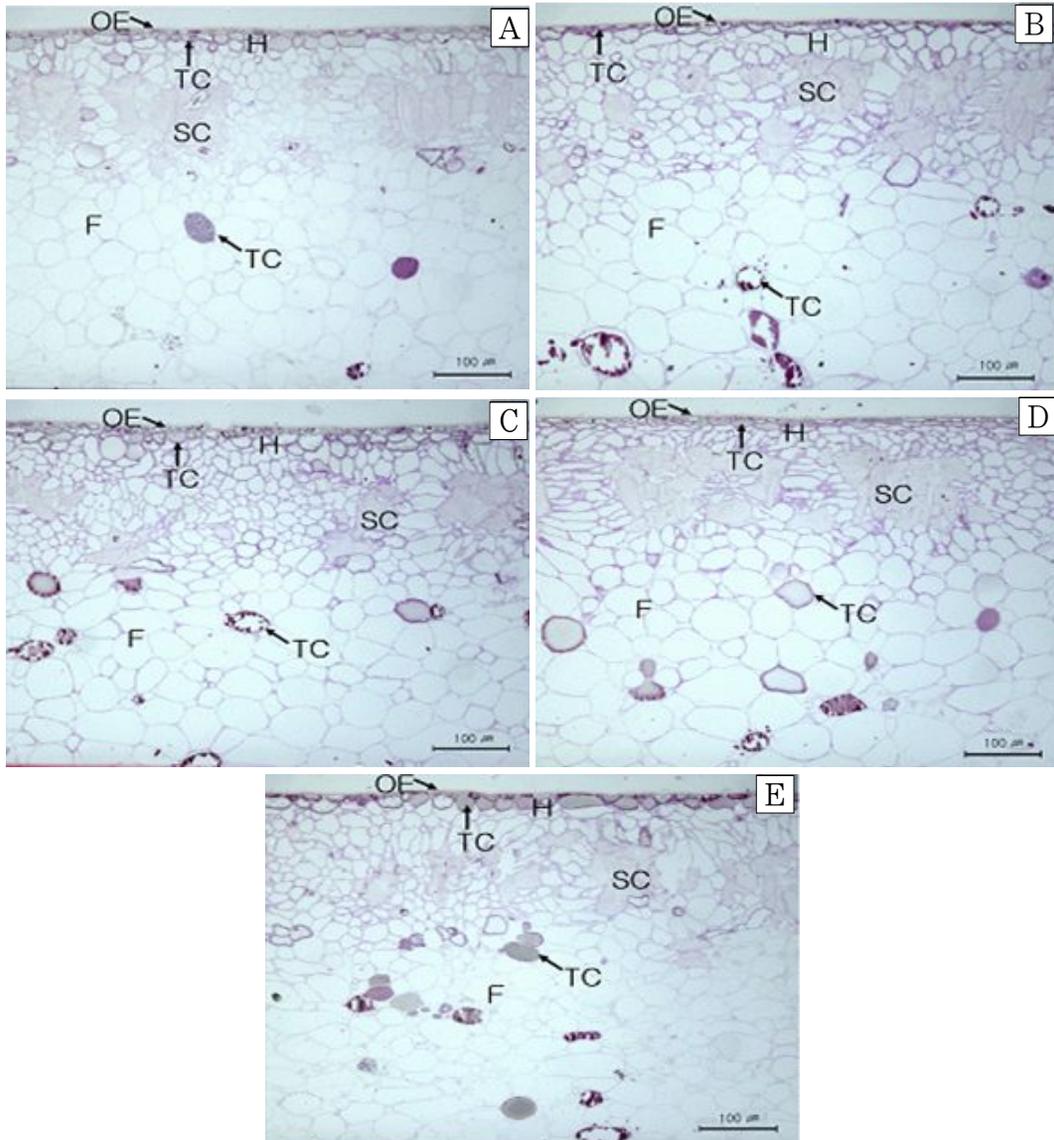


Fig. 3. Optical microscopic examination for morphological structure in fruit flesh tissues in different cultivars of sweet persimmon after 100 days MA storage. A; Fuyu, B; Jiro, C; Uenishiwase, D; Daiandangam, E; Ro-19. F; flesh, H; hypodermis, OE; outer epidermis, SC; stone cell, TC; tannin cell.

과 단층으로 된 외표피층(epidermis)으로 되어 있고, 외표피층 바로 아래에 1~2층의 탄닌을 가진 아표피층(hypodermis)이 나타났으며 다시 1~3층의 탄닌이 없으며 상대적으로 다른 조직 세포들에 비해 많은 전분립을 가진 세포들과 그 아래로 석세포 층이 관찰되었다. 박 등(2003)에 의하면 뚝은감 ‘청도반시’에서는 1~3층의 아표피 세포들과 좀 더 떨어진 하부층의 과육조직에서 석세포 층이 존재한다고 하였으며, 탄닌을 갖지 않은 아표피 세포들을 석세포 층에 포함시켰다. 하지만 본 실험의 결과 모든 품종에서 동일하게 탄닌을 갖지 않은 세포층이 탄닌 함유 아표피층 바로 아래에서 관찰되어 이러한 조직이 석세포 층에 포함되어야 하는지에 대해서는 더 깊이 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다. 동양배의 경우 과피 직하에 석세포 층이 밀집하여 과육과 과피를 구별할 수 있는 근거로 제시되고 있으며(Choi et al., 2003), 석세포가 과육전체로 발달한다고 하였지만(Esau, 1977), 본 연구결과들과는 차이가 있는 것으로 판단되었다. 특히, 본 실험의 결과 석세포층 바로 위에서 관찰되는 세포들은 세포벽이 과육 세포보다 두꺼워 세포벽의 두께로는 과피세포에 가까우나 세포의 형태는 부정형으로 과육세포에 가까워 과피나 과육 어느 조직으로도 분명하게 포함시키기는 어려웠다. 석세포는 여러 개의 석세포가 군을 이루어 존재하였으며 석세포와 석세포 사이의 세포들은 과육세포에 비해 크기가 작은 세포들로 6~10층 정도의 세포층을 이루고 있는 것으로 관찰되었다. 하지만 과육 갈변과 발생이 많은 품종인 ‘부유’, ‘상서조생’, ‘대안단감’과 과육갈변과가 발생하지 않는 ‘차량’ 및 ‘로-19’와의 과피 구조에는 별다른 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Table 2. Cell numbers and thickness in the fruit skin in different cultivars of sweet persimmons after 100 days MA storage

Cultivar	Cell number	Thickness ( $\mu\text{m}$ )
Fuyu	2~3	26.04 $\pm$ 2.08 a <sup>z</sup>
Jiro	1~2	19.27 $\pm$ 2.76 ab
Uenishiwase	2~3	23.96 $\pm$ 1.88 ab
Daeandangam	2~3	17.70 $\pm$ 2.27 b
Ro-19	1~2	21.87 $\pm$ 0.90 ab

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

과피층을 구성하는 세포층의 수와 두께는 품종별로 일부 차이를 보이는 것으로 조사되었다(Table 2). ‘상서조생’, ‘대안단감’, ‘부유’는 2~3층의 세포층이 과피를 형성하였으며, ‘차량’과 ‘로-19’는 1~2층의 과피층이 형성되었다. 이는 ‘청도반시’에서 보고된 한 층의 외표피와 1~3층의 아표피, 과육조직으로 구성되었다는 것과 비슷한 결과를 보였다(Park et al.,

2003). 과피의 두께는 ‘부유’가 가장 두꺼운 것으로 조사되었으며 ‘대안단감’이 가장 얇은 것으로 나타났다. 저장 후 과육갈변 정도로 보아 과피층의 두께와는 일정한 경향이 없었으나 다른 품종에 비해 과피층을 형성하는 세포수가 작은 ‘차랑’과 ‘로-19’에서는 갈변현상이 나타나지 않았는데 이는 과피에서 발생하는 과육갈변이 과피층 세포의 수에 영향을 받는 것으로 추정할 수 있다. 특히, 두 품종의 과피층이 외표피층을 포함하여 1~2층으로 형성되는 경우 외표피층을 제외할 경우 아표피층이 없거나 1층 정도 있는 것으로 나타나 갈변이 유도될 만한 세포층 자체를 형성하지 못하는 것으로 생각된다.

TEM 촬영에 의해 ‘부유’는 ‘차랑’보다 과피에 많은 수와 두꺼운 세포벽을 보여서(Fig. 4), 견고한 세포벽으로 과실의 연화과정에서 일어날 수 있는 펙틴분해를 오랜 기간 방지할 것으로 판단되며(Robert and Roland, 1989), 이에 따라 과실의 아삭아삭한 맛을 보인 것으로 추정된다(Table 1). 하지만, ‘부유’는 과육갈변과의 발생이 더욱 많이 발생해서, 세포벽보다는 세포수가 갈변발생에 영향을 끼칠 것으로 판단되지만(Table 2), 더 많은 연구가 필요한 실정이다.

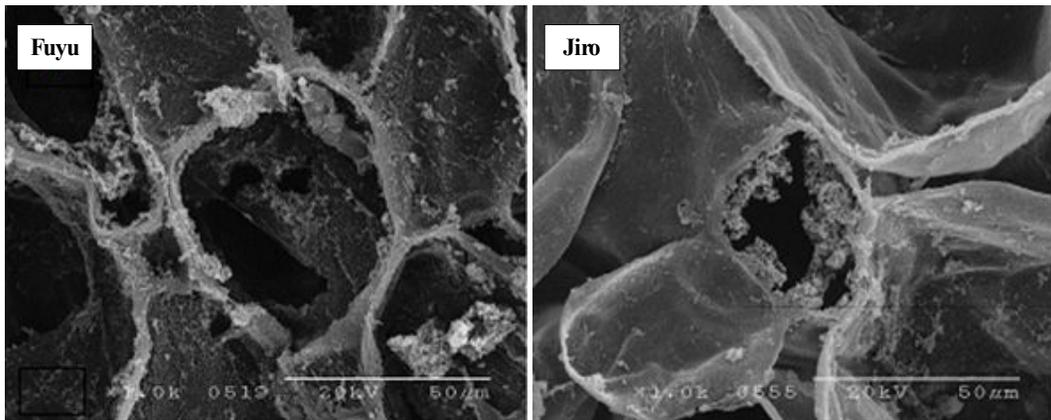


Fig. 4. Transmission electron microscope examination for morphological structure in fruit flesh tissues in ‘Fuyu’ and ‘Jiro’ sweet persimmons after 100 days MA storage.

과육갈변이 많이 발생하는 ‘부유’와 발생하지 않는 ‘차랑’을 TEM을 이용하여 관찰한 결과 ‘부유’와 ‘차랑’ 모두 1차 큐티클과 2차 큐티클층의 두께는 7.5~8 $\mu$ m 정도로 크게 차이를 보이지 않았고, ‘청도반시’의 9~11 $\mu$ m(Park et al., 2003) 보다는 조금 더 얇은 두께를 보였다(Fig. 5). 하지만 2차 큐티클은 ‘차랑’이 3.2 $\mu$ m, ‘부유’가 2.3 $\mu$ m로서 ‘차랑’의 2차 큐티클층 발달이 ‘부유’에 비해 우수한 것으로 나타났다. 외표피 세포내의 탄닌은 ‘부유’가 ‘차랑’에 비해 많은 것으로 관찰되었다. 특히, 외표피와 아표피의 일부 세포들이 ‘부유’에서 노화가 빨리 진행되는 것으로 관찰되었으나 ‘차랑’의 세포는 건전하게 유지되는 것으로 조사되었다.

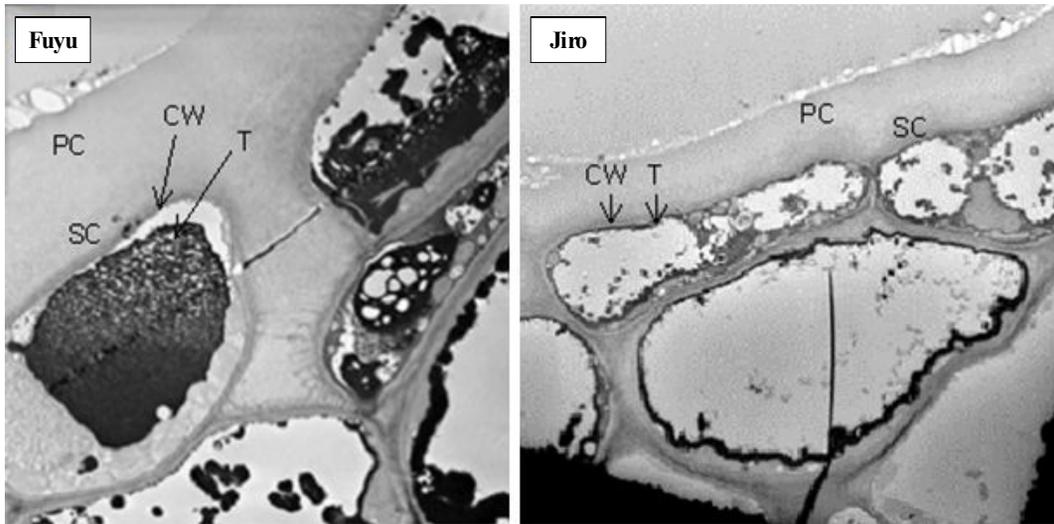


Fig. 5. Transmission electron microscope examination for morphological structure in fruit flesh tissues in 'Fuyu' and 'Jiro' sweet persimmons after 100 days MA storage. CW; cell wall, PC; primary cuticle, SC; secondary cuticle, T; tannin.

#### 4. 과육갈변과의 형태적 특성

Fig. 6은 저장 100일 후의 '부유' 단감에서의 과육갈변 발생부위와 동일한 위치의 정상조직을 광학현미경(Fig. 6A, B)과 투과현미경(Fig. 6C, D)으로 검경한 결과이다. 광학현미경 검경 시 과육갈변조직(Fig. 6B)은 정상조직(Fig. 6A)과 비교하여 세포의 조직괴사나 세포의 크기 변화등 외형적인 변화는 발견되지 않았으나, 과육갈변발생 부위의 세포에서는 외표피를 제외한 모든 조직에서 많은 전분립이 관찰되었다. 일반적으로 과육갈변과 같은 생리장해에 의한 호흡증가는 과육 세포내 전분을 소모해서 상대적으로 적은 양이 남아있을 것으로 보고되었지만(Lee et al., 2009; McKeehen et al., 1996) 본 실험에서는 반대의 결과가 나왔다. 정상조직과 갈변조직의 외표피에서는 세포내의 탄닌의 감소 또는 형태변화가 일어나고 있는 것으로 관찰되었다(Fig. 6A, B). 이는 박 등(2003)의 보고에서 에틸렌 처리에 의해 과실의 연화를 유도한 결과 탄닌의 크기가 작아지고 대부분 사라졌다는 결과와 일치하였다. 이러한 증상은 외관상으로는 배 저장중 주로 발생하는 과피흑변이나 얼룩과 등과 유사하게 보임에도 불구하고, 오히려 사과와 '쓰가루'에서 칼슘결핍 시 발생하는 고두병(Mason and McDougald, 1974; Perring and Person, 1984)과 동일한 형태변화 이었다. 또한, 감의 과육 갈변 발생 역시 칼슘처리로 현저하게 감소되었다는 이전의 연구결과(Kim et al., 2002)로 미루어 세포 괴사나 조직 파괴 등 외부 형태변화를 수반하지 않는 칼슘 관련 생리장해로 판단되었다. 하지만, 갈변조직의 경우 대부분의 세포 소기관은 식별이 불가능 했으며 세포벽

분해 또한 진행되고 있는 것으로 관찰되었다(Fig. 6D). 따라서 최 등(1998)이 일명 “초콜릿” 현상의 갈변은 저장 환경적 요인에 의해 세포막의 물리화학적 특성이 변화하여 세포막의 정상적 기증이 저해됨으로써 갈변에 관여하는 멜라닌 색소의 증가에 따른 결과라고 본 것과 비슷한 현상이 나타났다.

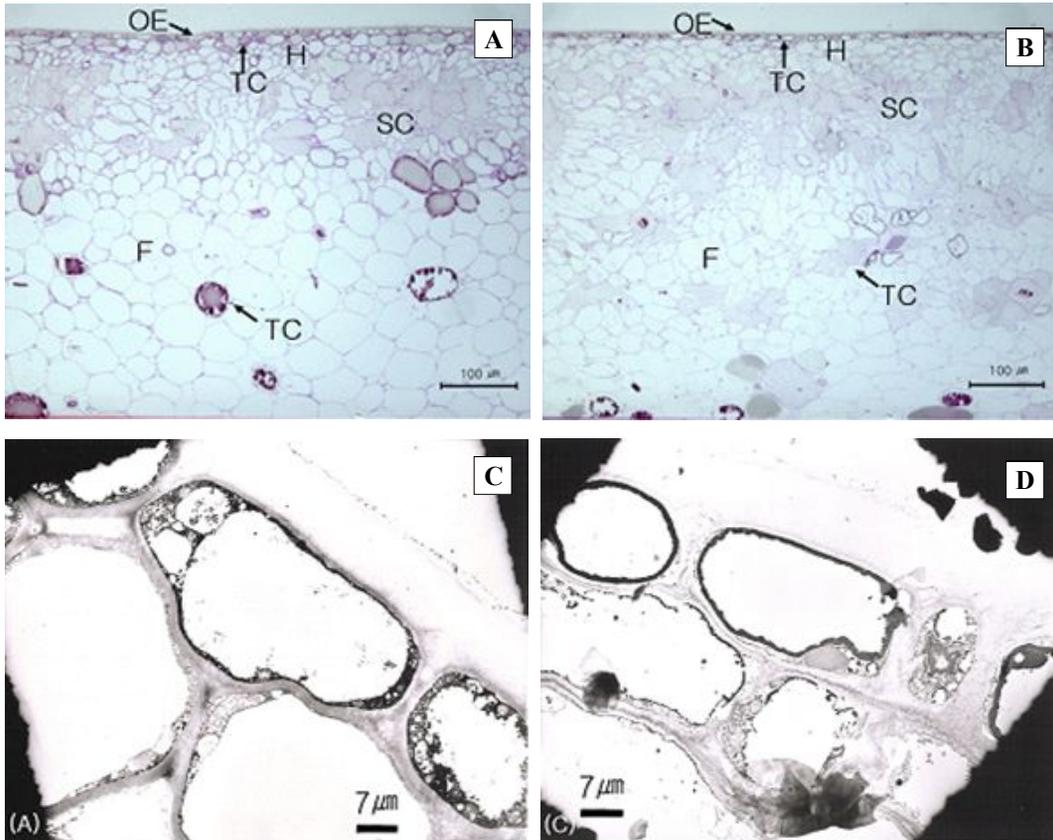


Fig. 6. Optical (A and B) and transmission electron (C and D) microscopic examinations for morphological structure in normal (A and C) and flesh browning (B and D) 'Fuyu' fruits after 100 days MA storage. F; flesh, H; hypodermis, OE; outer epidermis, SC; stone cell, TC; tannin cell.

#### IV. 요약

단감(*Diospyros kaki*) 저장시 문제되는 과정부 갈변은 품종마다 다른 양상을 보이고 있다. 따라서 본 연구는 단감품종의 일반적인 과실의 물성특성을 파악하고, 저장 100일 후에 각

품종의 과육갈변이 세포구조에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해서 조사하였다. 단감 품종은 ‘부유’(Fuyu), ‘차랑’(Jiro), ‘상서조생’(Uenishiwase), ‘대안단감’(Daiandangam), ‘로-19’(Ro-19)이며 2003년 10월말에 수확해서 저장 100일 후에 조사하였다. 과실의 각 물성의 특성은 품종마다 다양하였고, ‘차랑’과 ‘로-19’는 갈변과가 관찰되지 않았고, ‘대안단감’의 경우 80%에 가까운 과육 갈변과가 나타났다. 과육 갈변과 발생이 많은 품종인 ‘부유’, ‘상서조생’, ‘대안단감’과, 과육 갈변과가 발생하지 않는 ‘차랑’ 및 ‘로-19’와의 과피구조에는 차이가 없는 것으로 조사되었다. ‘차랑’은 과피층이 외표피층을 포함하여 1~2층으로 형성되어서 갈변이 유도될 만한 세포층 자체를 형성하지 못하는 것으로 보이며, ‘부유’는 과피층이 2~3층으로 갈변이 유도될 만한 세포층을 제공한 것으로 판단된다. 정상과와 갈변과의 전체적인 조직의 구조적인 차이는 발견되지 못하였으나, 갈변과의 경우 과육 내 소포 소기관이 구별이 되지 못했고, 세포벽의 분해가 진행되는 것으로 관찰되었다.

[논문접수일 : 2010. 7. 23. 논문수정일 : 2010. 10. 20. 최종논문접수일 : 2010. 10. 21]

## 참 고 문 헌

1. Choi, J. H., H. H. Suh, J. J. Choi, H. S. Park, W. S. Kim, and S. H. Lee. 2003. Anatomical observation on stone cell formation in fruit flesh of Asian pear ‘Naitaka’. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44: 885-888.
2. Choi, S. J., Y. J. Yang, and C. H. Lee. 1998. The physiological properties of ‘Fuyu’ persimmon fruits suffering from blossom-end browning disorder. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39: 741-744.
3. Cline, J. A., E. J. Hanson, W. J. Bramlage, R. A. Cline, and M. M. Kushad. 1991. Calcium accumulation in ‘Delicious’ apple fruit. J. Plant Nutr. 14: 1213-1222.
4. Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons, Inc., New York, U.S.A.
5. Faust, M. and C. B. Shear. 1972. Fine structure of the fruit surface of three apple cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 351-355.
6. Figueroa, J. D. C. and K. Khan. 1993. Albumin fraction from spring, winter, and soft wheats protein and associated carbohydrate identified by gel filtration chromatography and gel electrophoresis. Cereal Chem. 70: 689-695.
7. Glenn, G. M., B. M. Poovaiah, and H. P. Rasmussen. 1985. Pathways of calcium penetration through isolated cuticles of ‘Golden Delicious’ apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:

- 166-171.
8. Kim, W. S., S. J. Chung, K. Y. Kim, T. Dejong, and H. S. Choi. 2002. Relationships between Ca, K, and Mg concentration and browning of blossom end part of 'Fuyu' sweet persimmon during MA storage. *Adv. Hort. Sci.* 16: 95-100.
  9. Lee, E. J. and Y. J. Yang. 1997. Postharvest physiology and disorders affect by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38: 16-519.
  10. Lee, S. G., J. H. Moon, Y. A. Jang, S. Y. Kim, and K. D. Ko. 2009. Change of photosynthesis and cellular tissue under high CO<sub>2</sub> concentration and high temperature in radish. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27: 194-198.
  11. Mason, J. L. and J. M. McDougald. 1974. Influence of calcium concentration in nutrient solutions on breakdown and nutrient uptake in 'Spartan' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: 318-321.
  12. McKeehen, J. D., D. J. Smart, C. L. Mackowiak, R. M. Wheeler, and S. S. Nielsen. 1996. Effect of CO<sub>2</sub> levels on nutrient content of lettuce and radish. *Adv. Space Res.* 18: 85-92.
  13. Park, S. J., H. S. Park, and C. C. Kim. 2003. Influence of ethylene on fruit tissue in 'Cheongdobansi' persimmon (*Diospyros kaki*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 44: 62-65.
  14. Perring, M. A. and K. Pearson. 1984. The distribution of calcium, magnesium and phosphorous in Cox's Orange Pippin and Spartan apple fruit. *J. Sci. Food Agric.* 35: 897-899.
  15. Robert, D. and J. C. Roland. 1989. *Biologic vegetable* (Tome I). Doin Press, Paris, France.
  16. 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.
  17. Yang, Y. J., S. J. Choi, and C. H. Lee. 1999. Effect of exposure to exevated CO<sub>2</sub> atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40: 352-354.