

과실생육시기별 ‘유명’ 복숭아의 과실조직 발달과 당 변화

조명동* · 박희승 · 김용구¹

농촌진흥청 원예연구소, ¹경희대학교 원예학과

Changes of Fruit Structure and Sugar Contents during the Fruit Growth and Development in ‘Yumyeong’ Peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]

Myong-Dong Cho*, Hee-Seung Park, and Yong-Koo Kim¹

National Horticulture Research Institute, RDA, Suwon 440-310, Korea,

¹Dept. of Horticulture, Kyung Hee University, Suwon 449-701, Korea

*corresponding author

ABSTRACT ‘Yumyeong’ is one of the most popular peach varieties in Korea. This study was conducted to monitor the developments of cells and tissues, and the changes in sugar contents during fruit growth and development. At bloom, there were two rows of vascular tissues, and the number and the position of internal vascular bundles were consistent during the fruit growth, however, the number of vascular tissues were increased and the distribution was irregular in the flesh tissues. The tissues between the inner integument and the internal vascular bundles showed different development characteristics from other parenchyma cells which were consisted of small and dense cells containing tannins. Such observation suggested that the stone of peach was consisted of inner epidermis and cells in the internal vascular tissues. The outer epidermis consisted of single layer cells at bloom differentiated into 1-2 layers by horizontal cell divisions on 14 days after full bloom. On 30 days after full bloom, the epidermis was consisted of 5-6 layers by vertical cell divisions. The cell layers consisting the outer epidermis were gradually decreased to 1-2 layers at maturity. The observations on the changes in the epidermis confirmed that some of the cells consisting the hypodermis of peach fruit were originated from the cells of outer epidermis. Tylosis was observed from 35 days after full bloom and the size and number of tylosis were increased until full fruit maturity. The sucrose content showed the tendency of sharp increase from 50 days to 120 days after full bloom then decrease slightly. After when stone hardening ended, other solids showed a gradual decrease tendency from 80 days after full bloom.

Additional key words: cell division, tylosis, vascular bundles

서 언

복숭아 유명 품종은 1977년에 우리 나라에서 교배육성 품종으로서 최초로 육성되어 명명된 품종으로 국내에서 가장 많은 재배면적을 갖고 있는 주요 품종이다. 복숭아는 형태학적으로 외과피상의 털의 유무, 과형, 핵의 분리성, 과육색, 육질 및 화형 등에 따라 분류(Kim 등, 1999)되는데, 유명 품종은 육질에 있어 용질성인 ‘대구보’, ‘백도’는 물론 고무질의 ‘창방조생’이나 관도 계통과는 다른 독특한 불용질성의 특성이 있다. 이와 같이 유명 품종의 독특한 특성이나 많은 재배면적에도 불구하고 유명 복숭아에 관한 연구는 아직까지 많이 이루어지지 않았으며 특히 해부학적인 측면에서의 연구는 거의 시도된 바가 없다.

식물체의 정확한 구조와 각 기관의 조직 발생 및 발달 과정을 파악하는 것은 식물체를 이해하는데 있어 매우 중요한 과정이며 이러

한 중요성으로 식물의 해부학적 연구는 오래 전부터 깊이 있게 이루어져 왔다. 그럼에도 불구하고 국내에서 과수를 대상으로 한 해부학적인 연구는 많이 이루어지지 않은 상태이며 특히 과실의 조직 발생학 측면에서의 연구는 거의 전무한 상태이다.

따라서 본 실험은 유명복숭아의 개화에서 성숙기까지 전 과실의 발달 과정 중에 나타나는 세포와 조직의 변화와 더불어 당의 변화를 함께 파악하여 복숭아의 생리를 이해하기 위한 기초자료로 삼고자 실시하였다.

재료 및 방법

시기별 복숭아 과실 비대 및 조직 발달 조사

복숭아 과실 비대 조사는 수원시 이목동 소재 농촌진흥청 원예연구소 시험포장에 재식된 19년생 유명 품종의 과실을 1999년 만개

후 약 한달 뒤인 5월 20일부터 수확기까지 10일 간격으로 채취하여 과실 종경 및 횡경 비대량을 시기별로 20과씩 측정하였고, 당·산 함량 및 당 조성은 동일한 시기에 채취한 과실 10과씩을 분석하여 측정하였다. 조직 발달 특성은 1998년 만개 1주일 전인 4월 8일부터 시작하여 9월 7일까지 20일 간격으로 채취하여 검경하고 촬영하는 방법으로 조사하였다. 품종간 성숙기의 과실 조직 비교는 ‘유명’을 기준으로 하여 숙기가 1개월 빠른 ‘유명’의 아조변이 품종인 ‘월미’와 만생종인 벡타린 계통의 ‘Fantasia’ 과실을 채취하여 현미경 검경용 시료로 사용하여 실시하였다.

조사용 과실은 만개 후 40일에 봉지를 씌웠고 성숙과실의 조직 비교는 유대과실 및 무대과실로 나누어 실시하였다.

당 조성 및 유기산 함량 측정

HPLC를 이용하여 당 및 유기산 분석을 하였으며, 당 분석은 CarboPac PA1 컬럼을 사용하였고, 유기산 분석은 IonPac ICE-AS6 컬럼을 사용하여 분석하였다.

광학 및 전자현미경 검경

조직 검경용 시료를 준비하기 위하여 과실 절편을 채취하여 2.5% glutaraldehyde에서 90분간 1차 고정을 실시하였다. 초기에 4°C에서 바로 조직에 포함되어 있는 기포를 제거하고 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)로 15분 간격으로 4~5회 세척하였다. 1% osmic acid로 4°C에서 90분간 2차 고정을 실시한 후, 0.1M phosphate buffer(pH 7.2)로 20분 간격으로 4~5회 세척한 다음, 4°C phosphate buffer에 24시간 처리하였다. 2차 고정 후, 탈수 및 매몰하는데, 탈수 시작 전에 새로운 phosphate buffer로 15분간 세척한 후, 40% ethanol, 60% ethanol, 80% ethanol, 90% ethanol, 95% ethanol로 각각 5분씩, 그리고 100% ethanol로 5분, 15분, 30분간 탈수하고, ethanol+propylene oxide(1:1)로 15분, propylene oxide로 15분, 15분, 30분, propylene oxide+epon을 2:1, 1:1로 섞은 용액에 각각 3시간, 1시간 동안 처리한 후, epon에 24시간 처리하고 새로운 epon으로 바꾸어 15분간 처리하였다. Epon+D.M.P. 30(epon의 1.5% 첨가)을 시료 절편과 함께 capsule에 넣어서 60°C에서 4일간 처리하여 매몰하였다.

현미경 검경용 조직절편은 초미세절단기(Ultracut R, Leica Co.)를 이용 1,000~1,250 nm의 두께로 시료를 절단하여 slide glass 위에 증류수 1방울을 떨어뜨려 치상하고, 40°C 정도에서 서서히 건조시켜 시료절편이 slide glass에 단단히 밀착되도록 하였다. 제작된 조직절편을 periodic acid(H₅IO₆) 용액에 30분간 담근 후, 증류수로 10분간 2~3번 세척하였다. Schiff's reagent에 15분간 처리한 후, 1% sodium bisulfite 용액에 10분간 처리하고, 흐르는 물로 세척하였다. 염색이 끝난 시료를 보호하기 위하여, polymount를 떨어뜨리고 cover glass를 덮고 24시간 경과한 후, cover glass 주위에 붙어있는 polymount를 깨끗이 제거하고 광학현미경(Axioskop 2, Karl Zeiss Co.)하에서 400배로 검경하였다.

전자현미경 검경용 시료는 embedding 과정까지는 광학현미경 검경용 시료와 동일한 과정으로 제작하였다. Embedding 과정이 끝난 시료는 절편이 용이하도록 피라미드 모양으로 다듬어 초미세절단기(Ultracut R, Leica Co.)를 사용하여 60~80nm 두께로 시료를 절단하였다. 절편 시료는 gride에 치상하여 uranyl acetate 1% 용액에 10분간 처리한 후 증류수로 세척하고 lead citrate 용액에 8분간 처리한 후 다시 증류수로 세척하였다. 염색과정이 끝난 시료는 풍건시킨 후 전자현미경(MEO906E, Karl Zeiss Co.)으로 검경하였다.

결과 및 고찰

과실 비대와 당 및 산 함량 변화

Fig. 1은 과실 발육기간 중 복숭아 유명 품종의 과실 종경, 횡경 및 과형지수(L/D 비) 변화를 조사한 것이다. 과실의 종경 및 횡경은 만개 후 50일 경까지 급격히 증가한 후, 만개 후 75일경까지 거의 증가하지 않다가 이후부터 수확기까지 서서히 증가하였다. 유과기인 만개 후 50일 경까지는 횡경보다는 종경이 크게 나타났으며, 경핵기에 해당하는 만개 후 50일 경부터 75일 경까지는 종경과 횡경이 거의 같은 크기를 나타내다가 이후부터는 종경에 비해 횡경이 더 많이 비대하였다. 이와 같은 유명 품종의 과실 비대생장은 Ishida(1983)와 Westwood(1993) 및 Yoshida(1971)가 복숭아의 과실 비대는 경핵기에 생장 정체기가 있어 2중 S자 곡선을 나타낸다고 보고한 것과 일치되었다.

한편 경핵기의 시기와 지속기간에 대하여 Westwood(1993)는 만생종 복숭아인 ‘Elberta’에서 경핵기는 개화 후 55일에서 85일까지 30일간 지속되었다고 보고한 바 있는데 우리 나라 만생종인 ‘유명’의 경우도 경핵기가 시작하는 시기와 지속기간에 있어서 앞서의 ‘Elberta’와 거의 일치하는 경향을 보였다. 일반적으로 조생종의 경우 경핵기의 지속기간이 매우 짧는데 Ishida(1983)도 만생종 일수록 제 2 생장비대기가 길다고 한 것과 일치하였다.

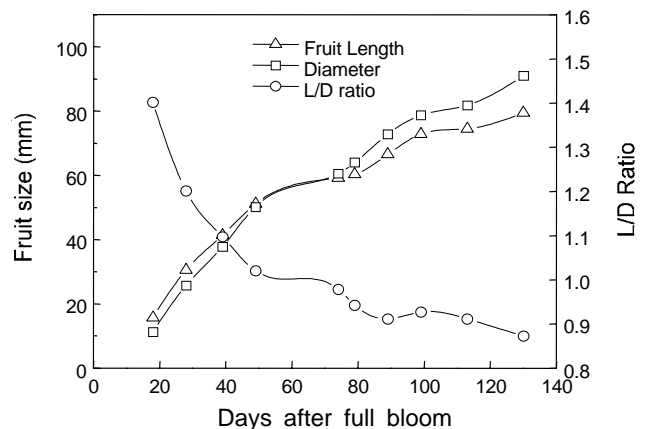


Fig. 1. Seasonal changes of fruit size in 'Yumyeong' peach in 1999.

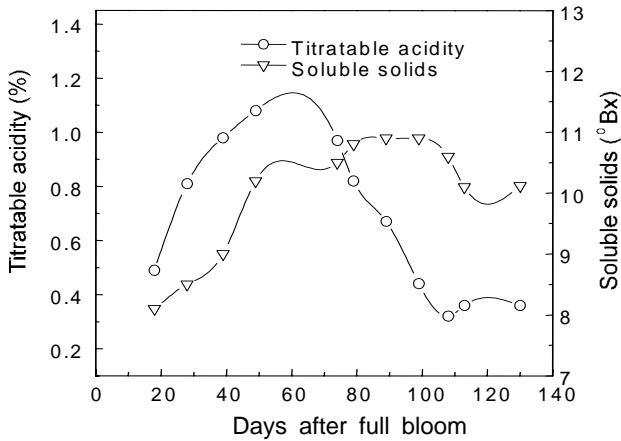


Fig. 2. Seasonal changes of soluble solids and titratable acidity contents in 'Yumyeong' peach fruits in 1999.

따라서, 과형을 나타내는 L/D 비는 유과기에 해당하는 만개 후 20일 경에는 약 1.4에서 경핵기에 해당하는 만개 후 50일부터 75일 경까지는 약 1.0으로 종경과 횡경이 거의 같은 크기이었으며, 이후부터 수확기까지는 횡경이 더 커져서 L/D 비가 1.0보다 작아지는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 Westwood(1993)의 생육초기에 과실의 L/D 비는 높게 나타나고 생육후기로 갈수록 낮아져 수확기 무렵에는 거의 같아진다는 보고와 일치하였다.

Fig. 2는 과실의 생육기간 중 복숭아 유명 품종에서 과즙의 당 및 산 함량 변화를 조사한 것이다. 과즙의 당 및 산 함량은 경핵기가 시작되는 시기인 만개 후 50일까지 증가하였으며, 산 함량은 이후부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었고 당 함량은 이후부터 만개 후 110일까지 일정한 수준을 나타내다가 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 Ishida(1983)가 '대구보', '사자조생'과 '백도'에서, Moriguchi 등(1991)이 '사자조생'과 '백봉'에서 보고한 결과와 일치하였다.

Fig. 3은 과실의 생육기간 중 복숭아 '유명'에서 과즙의 가용성 당 함량 변화를 조사한 것이다. 포도당과 과당 함량은 유과기에 많았고, 만개 후 80일까지 약간 증가하다가 이후부터 급격히 감소하였다. 자당은 유과기에는 다른 당에 비하여 매우 적었지만 경핵기간 중에 급격히 증가하였으며, 경핵기가 지날 무렵부터는 그 함량이 다른 당에 비해 가장 많은 것으로 나타났고 이후에도 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 자당의 함량은 과실의 성숙이 완료되는 만개 후 120일 이후부터는 감소하였다. 솔비톨은 다른 당에 비하여 그 함량이 가장 적은 당으로 만개 후 80일까지 서서히 증가한 다음 감소하는 경향을 나타내었다.

과실 조직 및 세포 발달

Fig. 4의 왼쪽 사진은 개화 9일 전에 복숭아 '유명'의 화기구조를 관찰한 것이다. 복숭아의 씨방은 한 개의 심실 내에 2개의 직생배주를 가진 중심부와 outer epidermis, hypodermis, parenchyma tissue 및 inner epidermis로 이루어진 주변부로 나누어져 있으며

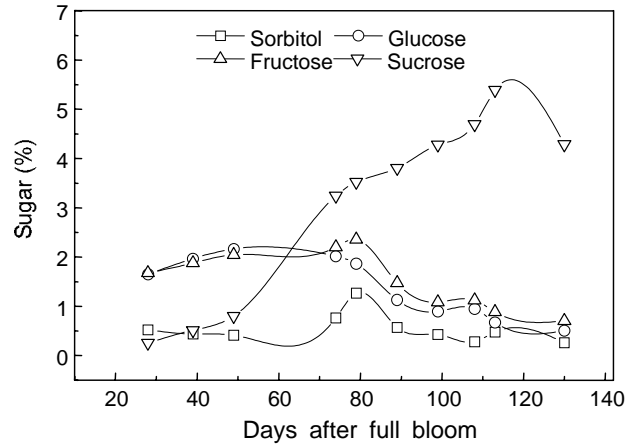


Fig. 3. Seasonal changes of sugars in the fruit of 'Yumyeong' peach in 1999.

이 시기의 배주는 2개 모두 정상적인 것으로 나타났다.

Outer epidermis에서 inner epidermis까지의 거리는 210~280 μm 정도로 약 20~25층의 세포층으로 이루어져 있었다. Parenchyma tissue에는 2열로 형성된 유관속 조직이 있으며 약 34개로 이루어진 외부 유관속이 hypodermis와 parenchyma tissue의 경계에 일정한 거리를 가지고 분포하였다. 한편, 내부에는 약 20개 정도의 유관속이 역시 일정한 거리로 inner epidermis에서 3~4층의 세포층 위에 형성되어 있었다. 이와 같이 2열로 형성된 유관속 조직의 구조는 사과나 배 등의 타 과종에서는 관찰된 바가 없으며 일반적으로 hypodermis층과 parenchyma tissue의 경계에 한 줄로 나타나는 외부 유관속 조직만이 보고되어 있다.

타닌은 hypodermis층과 parenchyma tissue에 매우 적은 양이 나타나는데 반하여, inner epidermis와 내부 유관속 사이의 세포 및 내부 유관속 주변에서 주로 관찰되었으며 타닌을 가진 세포들이 그룹을 이루어 나타났다. Park(1995)에 의하면 포도의 경우 hypodermis층에 주로 타닌이 나타나며 개화기에 씨방벽 전체에 걸쳐 발견되는 타닌은 개화 후 2~3일 사이에 내부로부터 급격히 사라져 hypodermis층의 세포에 주로 분포되며 이는 성숙기에 과피와 과육층을 구별하는 기준이 된다고 보고한 바와는 달리 복숭아의 경우 inner epidermis에서 내부 유관속까지의 유조직층에 집중적으로 타닌이 분포하는 것으로 나타났다.

Outer epidermis에서 쉽게 관찰되는 기공을 이 시기에는 발견할 수 없었으며 중과피에서 전분립이 관찰되었다.

Fig. 4의 오른쪽 사진은 개화기의 화기구조를 관찰한 것으로, 외과피로부터 내과피까지는 33~36층의 세포층으로 이루어져 있었으며, 거리는 약 350~390 μm 로 세포의 수와 거리가 만개 9일 전과 비교하여 모두 약 50% 정도 증가하여 이 시기의 과실 비대는 주로 세포 분열에 의해 이루어짐을 알 수 있었다. 개화 9일 전에 2줄로 형성되어 있던 유관속 조직은 계속적으로 일정하게 나타나는 내부 유관속 조직과는 달리 내부 유관속이 위치한 선으로부터 hypodermis 사이의 유조직에서는 불규칙하게 분포하고 있었으며 유관

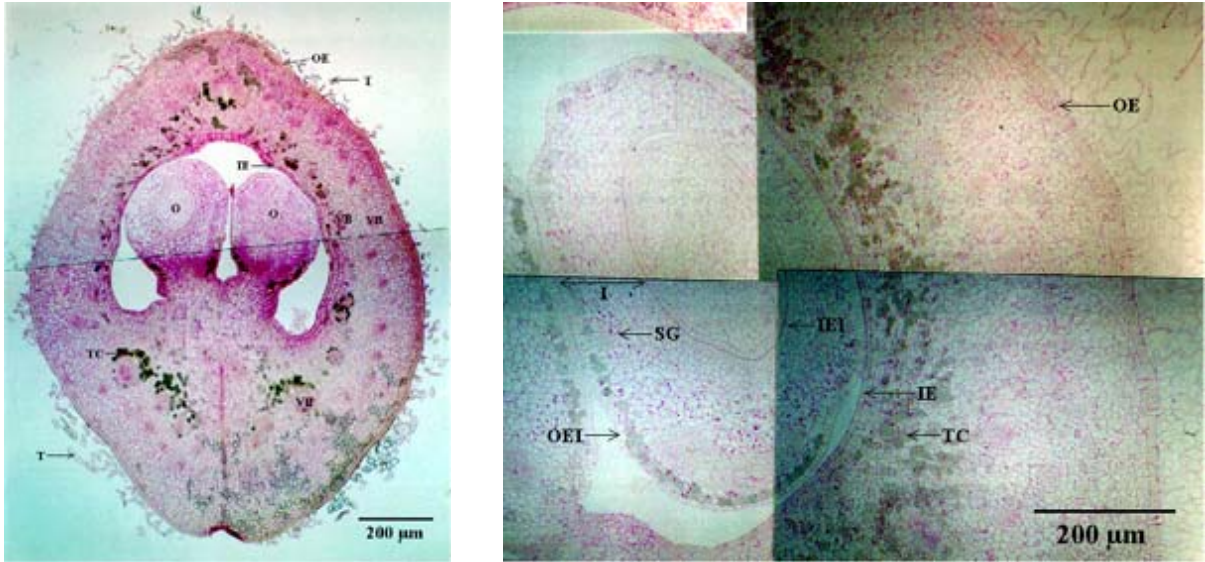


Fig. 4. Cross section of ovary sampled 9 days before bloom (left) and at bloom in 'Yumyeong' peach.
 Left : distance between outer epidermis and inner epidermis of ovule wall ranges 210~280 µm and the ovule wall is built up with 20~25 layers of cells and two lines of vascular bundles.
 Right : only one integument distinguishable
 I:integument ; IE:inner epidermis ; IEI:inner epidermis of integument ; O:ovule ; OE:outer epidermis ; OEI:outer epidermis of integument ; SG:starch grain ; T:trichome ; TC:tannin cell ; VB:vascular bundle

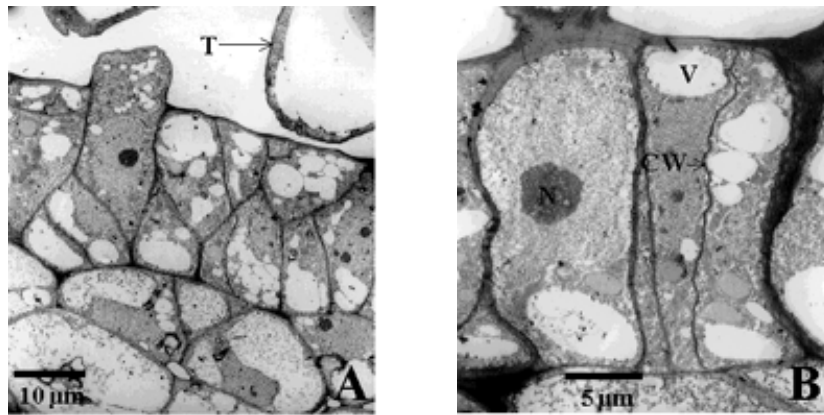


Fig. 5. Transmission electron microscope photographs of fruit epidermis layer at bloom with close view (A) and closer view (B) in 'Yumyeong' peach. Cell division with horizontal direction in outer epidermis is led to two layers of outer epidermis.
 CW:cell wall ; N:nucleolus ; T:trichome ; V:vacuole

속의 수도 증가되었다.

타닌은 계속해서 inner epidermis와 내부 유관속의 사이에 집중되어 있으며 이 사이의 세포층 수는 10~12층으로 증가하였다. 씨방벽 전체에 걸쳐 전분립은 점차 감소되는 경향이였다.

배주는 한 층의 outer epidermis와 7~10층의 유조직 및 한 층의 inner epidermis로 형성되어 있었으며 외주피와 내주피가 구성되지 않고 하나의 주피층으로 이루어진 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 Ishida(1983)가 복숭아의 배주는 외주피와 내주피로 구성되어 있다고 표현한 보고와는 다른 결과를 보였으며, 포도와 사과에서 외주피가 경화되어 종피가 형성되는 것에 반하여 복숭아는 종피의 경화가 없이 핵이 종자의 보호조직이 되는 것으로 생각되는 일

런의 발달과정이 관찰되었다. 한편 두 개의 배주는 개화기에도 모두 정상적인 형태로 발달되어 있었으며, 주피의 outer epidermis 바로 밑의 유조직에서 타닌이 관찰되었다. 복숭아 과실 성숙시 보통 1개의 종자가 발견되며 다른 1개는 퇴화되는 것으로 나타나 포도에서 배주의 자연적인 퇴화가 개화 전 어린 시기에 나타나는 것에 반하여 복숭아의 경우는 개화 후 수정과 더욱 관련이 깊은 것으로 생각되었다.

개화기의 전자현미경 사진(Fig 5)에서 보면 약 0.03~0.04µm의 각피층이 outer epidermis 바깥쪽에 형성되어 있음을 볼 수 있으며 이 때에는 1차 각피층만 형성되어 있는 것을 알 수 있었다. 이 시기의 outer epidermis는 1~2층의 세포층으로 구성되며 세포분

열은 가로로 일어난 후 위치 배열에서 상하로 이루지는 것을 알 수 있었다.

만개 후 14일(Fig. 6A)의 '유명'의 유과는 과실의 횡경이 4.3~6.0cm이었으며 outer epidermis로부터 inner epidermis까지의 거리는 약 1.2~1.4cm 정도로 중앙부와 주변부가 비슷한 비율로 과실을 분리하고 있음을 알 수 있었다. 주변부는 약 120개의 세포층으로 이루어져 있어 개화기에 비하여 약 2.5배 정도 세포 숫자가 늘어났으며 outer epidermis에서 inner epidermis까지의 거리는 약 4배 정도가 증가하여 이 기간 동안에는 세포분열과 더불어 세포비대도 같이 이루어지고 있음을 알 수 있었다. 특히 inner epidermis에서 내부 유관속까지의 세포층의 수가 약 45~50층으로 증가하였으며 계속적으로 타닌이 이 부위에서 발견되었다. 이 위치의 유조직은 초기에는 다른 과실의 hypodermis 층과 유사한 발달 형태를 보여 계속적으로 타닌이 발견되었으나 세포들이 매우 작고 조밀하게 발달하는 것으로 나타났으며 최종적으로 inner epidermis와 이곳으로부터 유관속 조직 사이의 유조직의 일부가 함께 핵으로 발달하는 것으로 추정되었다. 이러한 결과는 지금까지 복숭아의 핵은 inner epidermis가 발달하여 이루어진다는 보고(Ishida, 1983; Kim 등, 1996; Nakagawa, 1978; Nii, 1990, 1998)와는 다른 결과를 보여주었다. 개화기에 1층으로 관찰되었던 outer epidermis는 2층의 세포들로 구성되어 있었고 그 전에 관찰되지 않았던 기공이 관찰되었으며 많은 모용이 탈락하고 있음을 알 수 있었다. 또한 이 시기에는 대부분의 전분립이 소멸되고 있는 것이 관찰되고 타닌은 주로 hypodermis와 inner epidermis 위의 세포에서 발견되었으며

유관속 조직은 개화기와 같이 불규칙한 형태이었으나 그 수가 더욱 증가하였다.

Fig. 6B는 만개 후 19일의 과실 조직을 본 것으로 유관속은 과실이 비대할수록 계속 증가되었으며 내표피로부터 내표피 바로 위에 있는 유관속 사이는 매우 작은 세포들로 구성되어 있었으며 기공이 처음으로 분명하게 관찰되기 시작하였다. 만개 후 14일에서 19일 사이의 과실 조직의 발달은 만개 후 일수가 경과함에 따라 세포의 수가 증가하는 것 이외에는 차이가 없이 유사하였다.

Fig. 7은 만개 후 30일에 outer epidermis와 hypodermis 조직의 세포를 전자현미경으로 관찰한 것이다. 이 시기에는 hypodermis층에서 전분립이 일부 발견되는 것 외에는 타닌과 전분립이 거의 없었으며, outer epidermis 층에서 세로로 세포분열이 일어나는 것이 관찰되었는데, outer epidermis층은 1~2개에서 5~6개로 증가되고 경우에 따라 기공이 outer epidermis 세포에 완전히 둘러 쌓이는 것이 관찰되었으며 hypodermis의 세포들에서 전분립이 관찰되었다. 사진에서 나타나는 바와 같이 전분립은 엽록체 내에서 발견되고 있는데 이는 amyloplast와는 다른 형태로 과실에서 나타나는 전분은 대부분 이와 같은 형태로 관찰되었다. 세포 내의 전분립 축적은 polysaccharide를 광학현미경 하에서 관찰하기 위하여 이용하는 P.A.S. 염색법에 의하여 염색 색깔과 세포내의 형성 위치에 의하여 구분할 수 있으나 세포 내 소기관의 구조 관찰은 전자현미경을 통해서만 가능하다. 즉 전자현미경 검정 시 전분립이 백색체의 구조를 띄지 않고 엽록체의 구조를 가지고 있다는 것은 과실의 전분립이 과실 자체의 광합성에 의해 형성된다는 추정을 가능하게 해

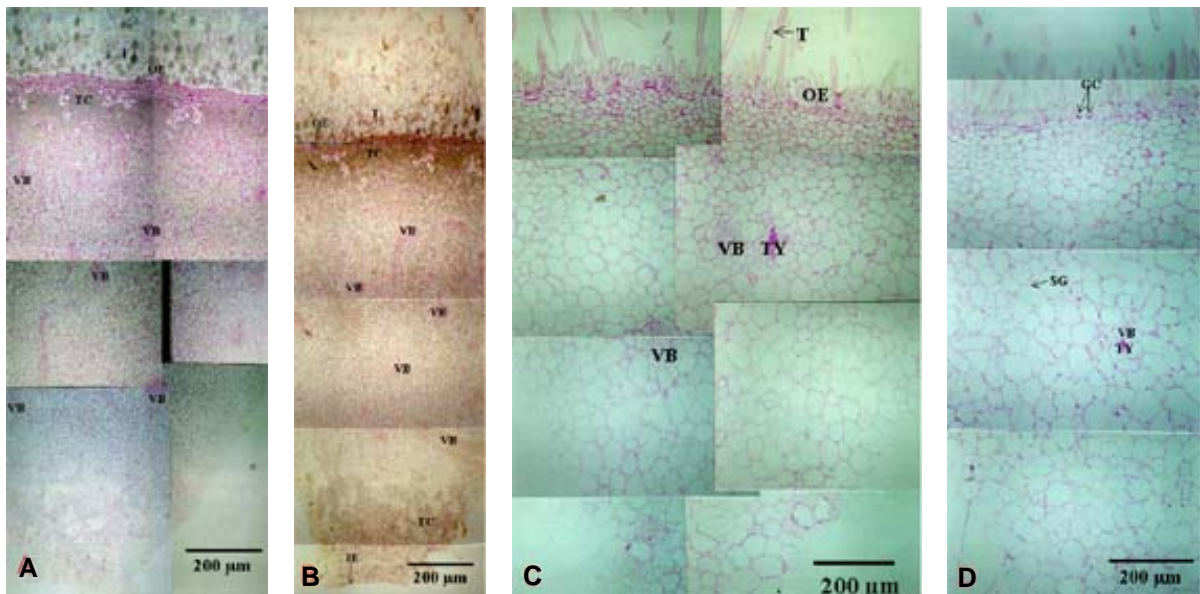


Fig. 6. Cross sectional view of 'Yumyeong' peach fruit sampled 14 (A), 19 (B), 35 (C) and 40 (D) days after full bloom.

A : Cell division and cell growth led to fruit growth resulted in increasing number of vascular bundles.

B : Starch granule was found in whole tissue except epidermis. Stoma is shown distinctly.

C : Outer epidermis layers decreased to 4~5 layers. Tylosis is shown firstly.

D : Tylosis is shown continuously and tiny cell is shown in hypodermis.

GC:guard cell ; IE:inner epidermis ; OE:outer epidermis ; SG:starch grain ; T:trichome ; TC:tannin cell ; TY:tylosis ;

VB:vascular bundle

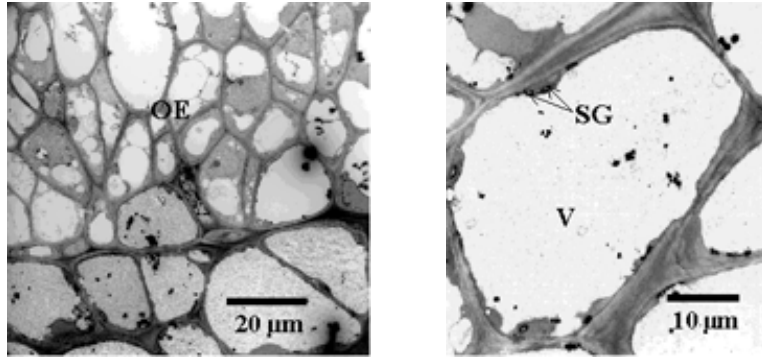


Fig. 7. Transmission electron microscope photograph of fruit epidermis and hypodermis layer on 30th date after full bloom with the scale of 20 µm (left) and 10 µm (right) in 'Yumyeong' peach. Starch granule is found in hypodermis and is located in chloroplast.
OE:outer epidermis ; SG:starch grain ; V:vacuole

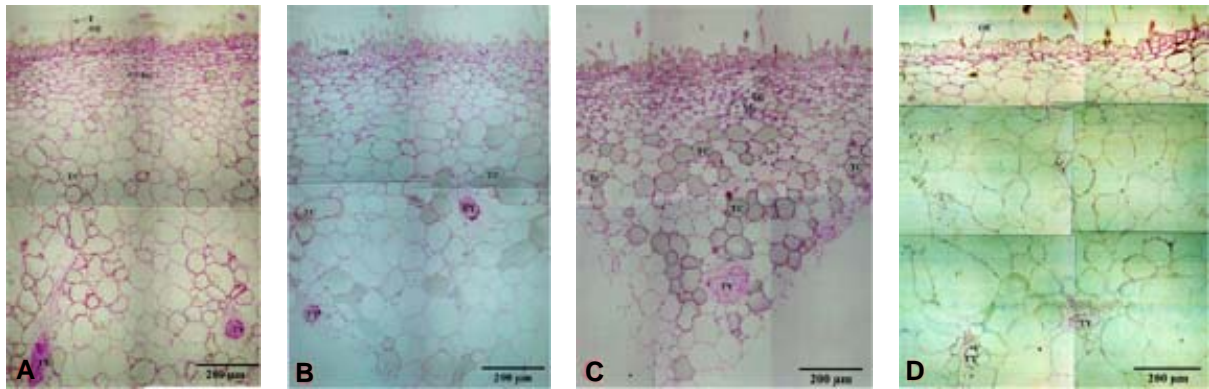


Fig. 8. Cross section of 'Yumyeong' peach fruit sampled 47 (A), 68 (B, bagged), 68 (C, non-bagged) and 132 days after full bloom.
A : a portion of outer epidermis is converted into hypodermis tissue.
B : almost no starch granules are found.
C : amount of starch granule and tannin of non-bagged fruit is higher than that of bagged fruit.
D : outer epidermis is consisted of 1~2 layers. Tannin was not found in outer epidermis and hypodermis.
OE:outer epidermis ; SG:starch grain ; T:trichome ; TC:tannin cell ; TY:tylosis

주며 대부분 이와 같이 과실 내에서 전분립을 가진 엽록체가 amyloplast로의 전환 없이 엽록체 자체로 존재하면서 전분립이 생성, 분해되는 과정을 거치는 것으로 관찰되었다. Hypodermis층의 세포들이 대부분 하나의 커다란 액포를 가지고 있는 것에 반하여 epidermis의 세포들은 여러 개의 작은 액포들이 하나의 세포 내에 같이 들어있는 것으로 나타났다. 이 시기에 나타나는 outer epidermis의 분열은 다른 과종에서는 보고된 바가 없으며 유명 품종의 특성인 것으로 판단된다. 특히 이러한 세포분열이 나타나는 시기가 만개 후 30일경으로 수정 후 약 15일 후로서 outer epidermis의 세포로의 세포분열은 앞으로 더 연구해야 할 특이한 현상으로 생각되었다.

Fig. 6C는 만개 후 35일에 복숭아 '유명'의 과실을 관찰한 것이다. 만개 후 30일 경에 원형에 가까웠던 outer epidermis 세포들이 세포로 길게 변해가며 outer epidermis 세포의 수가 4~5층으로 줄어들어 가는 것이 관찰되었으며 약간의 전분과 기공세포도 계속해서 관찰되었다. 이 시기에는 tylosis가 유관속 조직에서 관찰되었는데 이

러한 tylosis는 주로 엽병이나 줄기의 도관에서 형성되는 것으로 보고되어 있는데 사과, 배, 포도 등의 과실에서는 보고된 바가 없다. Nii(1998)에 의하여 일본에서 만개 후 약 40~50일 사이의 복숭아 유관속 조직에서 tylosis가 관찰되었다는 보고가 있으나 tylosis의 초기 형성 시기와 그 후의 발달에 관하여는 전혀 보고된 바가 없고 일반적으로 tylosis가 오래된 도관이나 가도관에서 형성되는 것으로 알려져 있어 과실 비대가 왕성하고 물질 이동이 많은 이 시기에 tylosis가 만들어지는 것은 특이한 현상으로 사료되었다.

Fig. 6D는 만개 후 40일의 과실을 관찰한 것으로, 모용이 탈락된 자리에 빈 공간이 보이며, epidermis 바로 아래의 4~5층의 세포들은 크기가 작았으며, 계속해서 세포분열을 하고 있는 것으로 추정되었다. 이전의 생육 단계에서 처음 관찰되었던 tylosis가 계속적으로 발견되었다.

만개 후 47일(Fig. 8A)에는 epidermis 세포들이 1~2층으로 줄어들며 epidermis 층 아래에 있는 4~5개 층은 세포들이 가로로 늘린 것과 같은 형태를 가지고 있었다. 만개 후 30일경에 5~6개의

층으로 이루어졌던 outer epidermis의 세포층 수의 감소는 아래쪽에 위치한 outer epidermis 세포들이 hypodermis 세포들로 변하기 때문이었다. Fougère-Rifot 등(1995)이 포도에 있어서 hypodermis의 일부 조직이 과육조직으로 발달한다는 보고는 있었으나 이와 같이 outer epidermis 층의 세포들이 hypodermis층의 세포들로 발달한다는 보고는 아직 찾아볼 수 없었다. 유관속 조직의 tylosis가 매우 뚜렷하며, 과육세포 사이에 넓은 세포간극들이 발견되었다.

Fig. 8의 B와 C는 만개 후 68일에 복숭아 '유명'의 과실을 관찰한 것이며 유대과와 무대과의 차이를 비교하였다. 유대과의 경우 전분이 거의 보이지 않았으며, epidermis는 여전히 1~2층의 세포들로 구성되어 있었고, 과피와 과육의 경계가 불분명하였다. 무대과의 경우 거의 모든 조직에서 전분립이 발견되었으며 타닌도 많이 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었고, 타닌이 존재하는 세포에서도 많은 전분립이 발견되었다.

이와 같이 봉지를 씌우지 않은 과실이 봉지를 씌운 과실보다 전분립이 많이 나타나는 현상은 사과에서도 보고된 바 있으며 과실 발달과정에서 과실 내에 형성되는 전분립은 이미 Park(1995)이 포도 과실의 전분립은 잎에서 전이되는 것이 아니라 과실 자체의 광합성에 의해 이루어진다는 보고와도 일치하는 것으로 나타났다.

Fig. 8D는 만개 후 132일에 복숭아 '유명'의 과실을 관찰한 것으로 outer epidermis는 모양이 불규칙하고 유과기와 마찬가지로 1~2개의 세포 층으로 이루어져 있었다. 과실 내부에서는 전분립이 발견되지 않았으며, 특히 '유명' 복숭아의 경우 유관속 조직이 과실 전체에 걸쳐 불규칙하게 분포하고 있으며 과실 hypodermis 구성 세포의 특징으로 다른 과종에서 많이 보고된 바 있는 타닌의 분포도 일정한 경향이 없어 과피와 과육의 경계 구분이 매우 어려웠다.

초 록

유명은 우리나라에서 가장 대중적인 복숭아 품종중의 하나이다. 본 연구는 복숭아 유명 품종의 과실 성장과 발달과정에서의 세포 및 조직의 발달과 내부물질 변화를 조사하기 위하여 수행되었다. 개화기의 유명복숭아는 2열로 형성된 유관속 조직을 가지고 있었으나 과실이 발달하는 동안 내부유관속은 일정한 수와 위치를 유지하는데 반하여 과육조직에서는 유관속조직 수가 계속 증가하였을 뿐만 아니라 불규칙하게 분포하였다. 개화기에는 건전하게 보이는 2개의 배주를 가지고 있었으나 내주피와 외주피의 구분을 할 수가 없었으며 하나의 주피로 형성되어 있음을 알 수 있었다. 내주피와 내부유관속 사이의 세포들은 과실 발달 중에 다른 유조직 세포들과는 다른 발달 양상을 보여 타닌을 계속 함유하고 있는 작고 조밀한 세포들이 밀집하는 것으로 나타나 복숭아의 핵은 내표피를 포함하여 내부유관속 사이의 세포들로 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 만개기에 1층의 세포들로 이루어졌던 outer epidermis는 만개 후 14일에는 수평방향으로의 세포분열에 의해 1~2층으로 형성되었으며 만개후 30일에는 수직방향으로의 세포분열에 의해 5~6개 층

으로 구성되었음을 알 수 있었다. 이러한 outer epidermis를 구성하는 세포층 수는 점차 감소하여 성숙기에는 1~2층으로 구성되었으며 epidermis의 변화를 계속적으로 관찰한 결과 복숭아 과실의 hypodermis 층을 구성하는 세포의 일부는 outer epidermis의 세포들로부터 유래된다는 것을 알 수 있었다. 만개후 35일경부터 유관속조직에서 티로시스가 관찰되기 시작하였으며 이러한 티로시스는 성숙기까지 계속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

가용성 당조성은 유과기에는 포도당과 과당이 많았다가 수확기에는 자당이 증가하였다. 자당은 만개후 50일부터 만개후 120일까지 급격하게 증가한 후 약간 감소하는 경향을 나타내었으며, 다른 당은 경해기가 끝난 직후인 만개후 80일 이후부터 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

추가 주요어 : 세포분열, 티로시스, 유관속

인용문헌

- Fougère-Rifot M., H.S. Park, and J. Bouard. 1995. Données nouvelles sur l'hypoderme et la pulpe des baies normales et des baies millerandées d'une variété de *Vitis vinifera* L., le Merlot noir. *Vitis* 34:1-7.
- Ishida, M. 1983. Outline of Agricultural technology (fruit tree VI). Assoc. A.R.C.C.S. Press, Tokyo. p.19-52.
- Kim, J.H., J.C. Kim, K. C. Ko, K. R. Kim, and J. C. Lee. 1996. The outline of fruit tree. 3rd ed. Hyangmoonsa, Seoul. p.229-246.
- Kim, J.H., C.J. Yoon, M.S. Lim, M.D. Cho. J.S. Lee, S.J. Kang, K.H. Chung, H.C. Lee, and J.M. Park. 1999. The newest peach culture. Osung Press Seoul. p.28-65.
- Moriguchi, T., Y. Ishizawa, T. Sanada, S. Teramoto, and S. Yamaki. 1991. Role of sucrose synthase and other related enzymes in sucrose accumulation in peach fruit. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 60:531-538.
- Nakagawa, S. 1978. Principles of fruit culture. Yanghyundang Press, Tokyo.
- Nii, N. 1990. Morphological structure and growth development in fruit. *Agr. Hort.* 65:871-877.
- Nii, N. 1998. Growth and development of fruit. Chochang Press. Tokyo. p.132.
- Park, H.S. 1995. Le pericarpe des baies de rasin normales et millerandees: Ontogenese la structure et evolution de quelques constituants biochimiques, notamment des tannins. These de l'Universite Bordeaux I.
- Westwood, M.N. 1993. Temperate zone pomology III. Timber Press Inc., Portland, Oregon.
- Yoshida, K. 1971. The new technique of peach cultivation. Assoc. A.R.C.C.S. Press, Tokyo.