

성숙 중 대추의 세포벽 조직 변화

신승렬 · 손미애* · 김주남** · 김광수*

경산대학교 생명자원공학부, *영남대학교 식품영양학과, **영남이공대학 식품영양학과

Changes of the Cell Wall Structures during Maturation of Jujube Fruits

Seung-Ryeul Shin, Mi-Ae Son*, Ju-Nam Kim**, Kwang-Soo Kim*

Faculty of Life Resources Engineering, Kyungsan University

**Department of Food and Nutrition, Yeungnam University*

***Department of Food and Nutrition, Yeungnam College of Science and Technology*

Abstract

This study was investigated to the structure of cell wall during maturation for the research of softening of jujube fruits. Cell was hardly combined with each other until turning stage, but middle lamella of cell wall was split at mature stage and was observed split cell. The middle lamella of cell wall was not observed at green mature stage, but was observed at turning stage. Cell wall was degraded at mature stage. It was observed mitochondria, endoplasmic reticulum et. al. in jujube fruit of green mature stage, but cytoplasm and organelle was attached on cell wall as vacuole was grown up after turning stage.

Key words : jujube fruits, middle lamella, cell wall

서론

대추는 갈매나무과(*Rhamnace*)의 *Zizyphus*속, 낙엽, 활엽, 향목의 열매로서 원산지는 북아프리카와 서유럽이며, 주산지는 중국이다(1,2). 우리나라에서 재배되고 있는 대추는 중국으로부터 도입되어 고려 명종 18년(AD 1188)에 재배를 권장하기 시작한 것으로 알려져 있으며, 현재는 경상북도를 중심으로 많이 재배되고 있다. 대추의 용도는 강장, 강정의 목적으로 많이 쓰이는 한방재료로서, 신경안정, 노화방지, 빈혈증, 신경쇠약, 식욕부진, 부인냉증 등의 치료에 많이 쓰이고 있으며(3,4), 다과, 대추차, 기타 식품제조에도 널리 이용되고 있다.

Corresponding author : Seung-Ryeul Shin, Faculty of Life Resources Engineering, Kyungsan University, Kyungsan, 712-240, Korea

과실의 연화는 성숙 및 저장 중 생체내에 존재하는 세포벽분해효소에 의하여 세포벽성분이 분해되어 물성변화를 초래함으로써 일어난다. 즉, 세포벽을 구성하고 있는 펙틴질, 헤미셀룰로오스, 셀룰로오스 등이 세포벽분해효소인 pectinase, hemicellulase, cellulase 등에 의해 분해되고 저분자화되어 유리됨으로서 세포벽 구조가 붕괴되어 일어난다(5-7). 특히, 세포벽을 연결하는 중층은 rhamnogalacturonan이 주요 성분인 펙틴질과 비섬유성 중성당의 잔기인 arabinan, galactan, arabinogalactan으로 구성되어 있는데 세포벽분해효소중의 하나인 polygalacturonase에 의하여 분해되어 가용성 polyuronide로 전환되어 유리됨으로서 연화가 일어난다.(5,7-11).

본 연구는 대추의 수확기에 급격한 연화가 일어나 영양성분의 소실과 갈변으로 인하여 품질이 크게 떨어짐을 감안하여, 대추의 수확시기 결정과 품질향상

을 위한 기초적 연구와 더불어 연화 mechanism 연구의 일환으로 조직의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

대추는 개량종으로 경산대추협회에서 재식한 복조대추(*Zizyphus jujuba* M.)를 녹숙기(개화후 110~115일), 변색기(개화후 130~135일), 완숙기(개화후 150~155일), 과숙기(개화후 165~170일)로 수확한 것으로 하였다.

조직검경

주사형 전자현미경(SEM) 관찰용 시료는 대추의 과육부분을 적당한 크기로 잘라 2.5% glutaraldehyde와 1% OSO_4 에 이중고정하고 iso-amyacetate와 ethanol로 단계적으로 처리하여 임계점 건조로 3시간 건조후 백금증착하여 사용하였으며, ISS-SS 130 전자현미경으로 관찰하였다. 투과형 전자현미경(TEM)용 시료는 과피로부터 0.1-0.5cm 사이의 조직을 적당한 크기로 잘라서 위의 방법으로 이중고정한 후 ethanol과 propylene oxide로 단계적으로 탈수한 다음 Epon 812 수지에 포매하여 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하였으며(12) Hitachi H-600 전자현미경으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 대추의 성숙 중 세포벽 분해현상을 조사

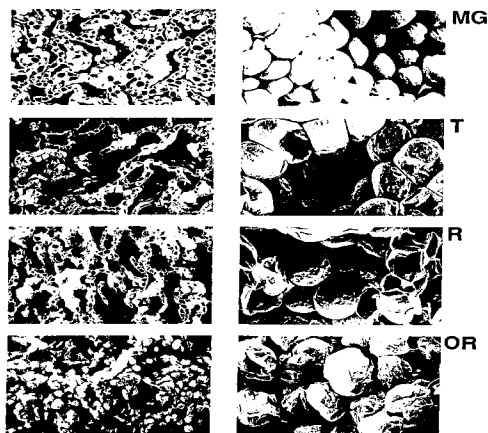


Fig. 1. Structure changes of jujube fruits during ripening(left; $\times 30$, right; $\times 300$).

MG; mature green jujube fruit, T; turning stage jujube fruit, R; ripe jujube fruit, OR; overripe jujube fruit.

하기 위하여 조직을 주사형 전자현미경으로 관찰한 결과이다. 변색기와 녹숙기에서는 세포들이 조밀하게 규칙적으로 배열되어 있었으며, 완숙기에서는 다소 무질서한 현상을 보였고, 과숙기에서는 세포가 분리되어 독립적으로 존재하는 현상을 관찰할 수 있었다. 과실의 연화는 성숙과 저자중에 세포벽분해효소 활성이 증가하여 세포벽 성분이 분해되고 특히 중층의 구성성분인 펙틴질이 분해되어 용해현상이 일어난다(11,13). Crookes 등(14)은 연화중 세포벽이 많이 분해되었으며, 세포벽의 무질서한 형태는 polygalacturonase의 처리시 나타났다고 보고하였다. 따라서 과숙기에 세포와 세포가 독립적으로 존재하는 현상은 세포벽 중층이 용해하여 세포벽 분리에 의하여 초래된 것으로 생각된다.

Fig. 2는 성숙 중 세포벽의 변화를 투과형 전자현미경으로 관찰한 결과이다. 세포벽의 변화는 녹숙기에서는 세포벽 중층이 관찰되지 않았고 mitochondria, endoplasmic reticulum 등의 세포 조직과 소액포는 관찰되었다. 변색기에서는 세포벽 중층을 관찰할 수 있었으나 액포가 발달하면서 cytoplasm과 organelle이 세포벽에 흡착되는 현상이 일어났다. 그리고 완숙기에는 중층이 완전히 분해되어 일차 세포벽이 분리되는 것을 관찰할 수 있었다. Ben-Aric 등(10)은 연화 관련 효소와 세포벽의 용해성 관계를 구명하기 위하여 연화에 관련하는 효소인 polygalacturonase와 cellulase를 각각 그리고 함께 처리하여 조직변화를 전자현미경으로 검경하였다. 즉, 사과를 polygalacturonase로 처리

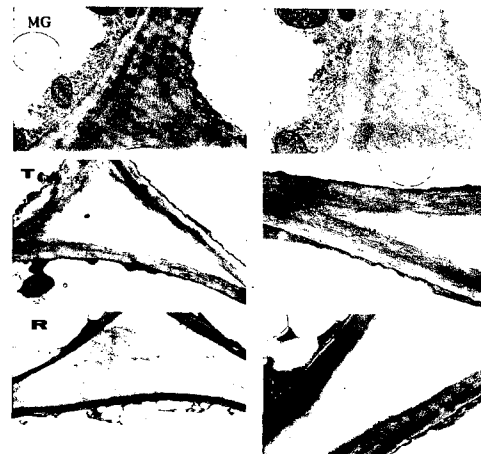


Fig. 2. Changes of intercellular space of jujube fruits during ripening(left; $\times 10,000$, right; $\times 20,000$).

MG; mature green jujube fruit, T; turning stage jujube fruit, R; ripe jujube fruit.

하였을 때 중층의 용해는 성숙과 연화시보다 많이 일어났으며, 두 효소를 함께 처리했을 때 과속과실에서 일어나는 세포벽분해보다 더 많은 분해현상이 일어났다고 보고하였다. 신 등(16)은 감과실에서 세포벽 중층의 분해는 완숙시에 간극을 중심으로 다소 일어난다고 보고하였다. 따라서 본 연구에 있어서 대추의 경우 완숙 과실에서 중층이 완전히 분해되는 것은 매우 특이한 현상이라고 생각된다.

Fig. 3은 세포간극의 변화를 전자현미경으로 관찰한 결과이다. 녹숙기에서는 세포 간극은 형성되지 않았고 세포벽 중층은 명확하게 관찰할 수 없었으며, 변색기에서는 세포벽과 세포벽의 분리가 일어나 세포간극이 관찰되었으며, 간극 주위에 세포벽 분해현상을 관찰할 수 있었다. 또한 완숙기에서는 세포 간극이 더욱 발달되었고 세포벽사이 중층의 분리와 분해산물이 간극에 분산되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 세포간극은 과실의 성숙에 따라 세포가 비대성장하면서 물리적, 생리적 작용에 의하여 생성되며, 원형질에서 합성된 세포벽분해효소와 그외 여러 물질들이 간극으로 유입된다(5). 과실의 성숙과 연화 중에 간극이 발달하고 각종 세포벽분해효소들에 의해 세포벽 중층이 분해됨으로서 더욱 발달하게 된다(10). 신 등(15)은 감 성숙과 연화 중에 세포 간극이 발달하고 세포벽분해효소인 polygalacturonase 등에 의해 세포벽 중층이 분해되어 분해산물이 분산되어 있고 세포벽의 분해가 세포 간극에서 시작된다 하였다. 대추의 성숙중 변색기에 이르러 polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성이 점차 증가하고 과숙기에서 극히 높았으며(16), 중

층의 주성분인 펙틴질의 함량은 감소하고 이와 측쇄 결합하고 있는 당류들이 분해됨을 고려할 때 세포간극이 생성된 변색기에 연화가 시작되며, 특히 과숙기에 이르러 극심한 연화현상을 보였다

요 약

세포들은 변색기까지는 아주 조밀하게 결합하고 있었으나 완숙기에서는 세포벽 중층이 다소 분해되어 등근 형태의 세포를 관찰할 수 있었다. 세포벽 변화는 녹숙기에서는 중층을 구별할 수 없을 정도로 세포벽이 발달되지 않았으며 변색기에서는 중층을 관찰할 수 있었고 완숙기에서는 분해되어 완전히 분리되는 것을 관찰할 수 있었다. 세포의 조직은 녹숙기에서는 mitochondria, endoplasmic reticulum 등의 조직과 소액포를 관찰할 수 있었으나 변색기 이후에는 액포가 발달하면서 cytoplasm과 organelle이 세포벽에 흡착되었다. 세포간극은 녹숙기에서는 형성되지 않았고 변색기에서는 세포간극과 간극 주위에 세포벽 분해현상을 관찰할 수 있었으며, 완숙기에는 중층의 분리와 분해산물이 간극에 분산되어 있는 것을 관찰할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 한국과학재단에서 지원한 핵심전문과제(KOSEF 951-0603-078-2)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 정태현 (1974) 한국식물도감. 교육사, 상권 p.134
2. Douglas M, and Considine P.E.C. (1982) Foods and food production encyclopedia. p.1047
3. 최종욱 (1976) 현대 한방 약리학. 행림서원, p.89
4. 유태종 (1976) 식품카르테. 박명사, p.89
5. Hobson, G.E. (1981) Enzymes and texture changes during ripening. In Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables, Friend, J. and Rhodes, M.J.C. (ed), Academic Press, London, p.123~132
6. Huber, D.J.(1983) The role of cell wall hydrolases in fruit softening Horticultural Review. 5, 169~219
7. Knee, M. and Bartley, I.M. (1980) Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in

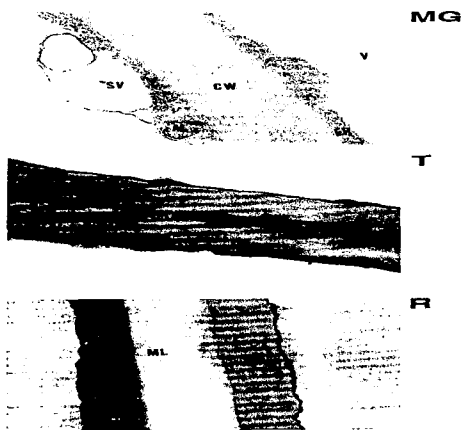


Fig. 3. Changes of cell wall structure of jujube fruits during ripening(left; $\times 10,000$, right; $\times 20,000$). MG; mature green jujube fruit, T; turning stage jujube fruit, R; ripe jujube fruit.

- ripening fruits. In Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetable, Frind, J. and Rhodes, M.J.C. (ed), *Academic Press, London*, p.133~148
8. Lee, S., Livilaan, A. and Banurski, R.S. (1967) *In vitro* autolysis of plant cell walls. *Plants Physiol.*, **42**, 968~972
 9. Plat-Aloia, K.A. and Thomson, W.W. (1981) Ultrastructure of the mesocarp of mature avocado fruit and changes as associated with ripening. *Ann. Bot.*, **48**, 451~455
 10. Ben-Arie, R. and Kislev, N. (1979) Ultrastructural changes in the cell walls of ripening apple and pear fruit. *Plant Physiol.*, **64**, 197~202
 11. Ben-Arie, R., Sonogo, L. and Frenkel, C. (1979) Metabolism of the pectin substances in ripening pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **104**(4), 500~505
 12. Luft, J.H. (1961) Improvements in epoxy resin embedding methods. *J. Biochem. Cytol.*, **9**, 409~413
 13. Bartley, I.M. and Knee, M. (1982) The chemistry of textural changes in fruit during storage. *Food Chem.*, **9**, 47~58
 14. Crookes, P.R. and Grierson, D. (1983) Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase Isoenzymes in cell wall degradation. *Plant Physiol.*, **72**, 1088
 15. 신승렬, 송준희, 김순동, 김광수(1991) 감과실의 성숙 및 추숙중 조직의 변화. *한국농화학회지*, **34**(1) 32~37
 16. 손미애, 서지형, 김미현, 신승렬, 김주남, 김광수(1995) 대추 성숙중의 세포벽 성분과 세포벽분해효소의 활성 변화. *농산물저장유통학회지*, **2**(1), 185~193

(1998년 8월 20일 접수)