

# 감과실의 연화현상

영남대학교 식품영양학과 김 광 수

과실의 연화(軟化)는 성숙, 저장 및 유통과정중에 일어나는 생화학적 변화로서 생체내에서 생합성된 세포벽분해효소에 의해 세포벽 성분이 분해되어 일어나며, 물성과 품질에 지대한 영향을 준다. 감과실은 다른 과실에 비해 쉽게 연화되는데, 삼시(澁柿)의 경우는 연시상태로 식용이 가능하나, 단감(甘柿)의 경우에는 연화가 진행됨으로써 맛과 품질이 크게 저하되기 때문에 앞으로 이에 대한 다각적인 연구가 요망된다.

연화현상은 과실이 익어감에 따라 매우 빠른 속도로 진행되는데 이는 세포벽 구성 성분과 조성, 세포벽분해효소의 활성과 조성, 다당류의 크기, branch의 정도와 분포, 수소결합 정도 및 칼슘의 함량 등에 영향을 받는다.

과실의 세포벽 성분은 cellulose, hemicellulose, pectin, glycoprotein, 칼슘 등으로 구성되고 품종에 따라 차이가 있으며, 연화과정 중에 hemicellulose와 pectin의 감소와 저분자화, 가용성 다당류의 증가, 비섭유성 중성당인 galactose와 arabinose의 유리 및 세포벽 단백질과 칼슘의 유리 등의 변화가 일어난다. 연화에 관여하는 세포벽분해효소에는 polygalacturonase,  $\beta$ -galactosidase, cellulase, pectinmethylesterase, glycosidase 등이 있으며, 성숙과 연화중에 그 활성이 증가한다. 특히 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase의 활성이 급격히 증가하고, 이들에 의해 pectin질과 측쇄결합인 galactan과 arabinogalactan이 분해되어 pectin의 저분자화 및 galactose와 arabinose의 유리현상이 일어남으로써 연화가 촉진된다.

과실의 연화에 대한 연구동향을 보면 Keegstra 등이 1973년에, Alber-sheim이 1975년에 sycamore의 세포벽구조의 가설적인 모델을 제시하였고, 이를 기초로 1977년에 Robinson이 과실의 세포벽구조를 일부 구명하였다. 이와 동시에 1970년대 초에

성숙과 연화중에 세포벽분해효소의 특성, 세포벽 성분과 조직의 변화, 조직과 세포벽 분해효소와의 관계, 호흡과 연화의 관계 등에 대하여 많은 연구가 행해졌으며, 최근에는 세포벽분해산물의 대사와 연화와의 관계, 칼슘과 galactose가 연화와 저장에 미치는 영향, 유전학적 연화조절, 호르몬과 호흡 및 연화와의 관계 등에 대하여 집중적으로 연구되어지고 있으나 국내에서는 아직까지 미진한 실정이다.

본인은 감과실의 연화현상을 구명하고자 성숙과 저장중에 세포벽분해효소의 활성 변화, 세포벽 구성 다당류와 비섬유성 중성당의 변화, 세포벽단백질 및 조직의 변화, 세포벽분해효소인 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase를 in vitro에서 세포벽에 작용시켰을 때 세포벽의 분해정도, 세포벽 구성 다당류, 비섬유성 중성당, pectin, 칼슘 등의 변화에 대해서 연구한 바 있다. 앞으로의 연구계획은 칼슘과 galactose 공급이 세포벽 성분, 세포벽분해효소의 활성, ethylene 생성, 조직 등의 변화와 저장장해, 품질평가 등을 조사하여 칼슘과 galactose가 연화와 저장성에 미치는 영향을 연구, 검토하고자 한다.

본 발표는 현재까지 행한 연구의 일부인 감과실의 성숙과 저장중에 세포벽 구성성분, 세포벽분해효소의 활성 및 조직의 변화에 대한 연구결과를 발표하고자 한다. 감과실의 성숙과 연화시 세포벽 성분의 함량은 감소하는 경향이었는데, 성숙중에는 pectin질과 알칼리가용성 hemicellulose의 함량은 증가하였고, 산가용성 hemicellulose와 lignin은 감소하였으며, 연시에서는 반대로 pectin질과 알칼리가용성 hemicellulose는 감소하고, 산가용성 hemicellulose는 현저히 증가하였다. Cellulose의 함량은 성숙과 연화시에 증가하였으며 연시에서 현저하였다. 총 pectin질과 불용성 pectin질의 함량은 성숙중에 증가하였으나 연시에서는 현저히 감소하였으며, 반면에 수용성 pectin질의 함량은 성숙과 연화시에 증가하는 경향이였다.

알콜 불용성 물질중에서 glucose, arabinose 및 총 비섬유성 중성당의 함량은 성숙중 증가하였으나, 연시에서는 arabinose, galactose 및 총 비섬유성 중성당이 감소하였다. 세포벽의 주요 비섬유성 중성당은 galactose, arabinose, glucose였고, arabinose와 galactose는 성숙과 연화중에 감소하였다. Pectin질은 uronic acid가 70~82%정도 차지

하였으며, 성숙과 연화시에 감소하였다. Hemicellulose의 주요 구성당은 glucose, xylose, galactose이었으며, galactose는 성숙시 감소하였다.

Polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase는 미숙감에서는 활성이 극히 미미하였으나, 완숙감과 연시에서 각각 55.01, 206.70 unit/100g-fr. wt.와 21.79, 380.23 unit/100g-fr. wt.으로 연시에서 급격히 증가하였다.

감과실이 성숙함에 따라 세포는 비대성장하고 세포간극이 발달하였으며, 연시에서는 세포가 분리되어 독립적으로 나타났다. 성숙중에 cytoplasm내에서 small vesicle이 생기고, 완숙감에서는 middle lamella의 분해현상이 일어났다.

이상의 연구결과를 종합하여 볼 때 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase 등의 세포벽 분해효소가 연화에 직접적으로 관여하여 세포벽 구성다당류의 저분자화, 가용성 다당류의 유리, 비섬유성 중성당인 galactose와 arabinose의 유리와 더불어 pectin질이 분해되어 세포간극의 middle lamella가 용해됨으로써 연화가 시작되며 점차 진전되는 것으로 사료된다.