

## 복숭아 품종에 따른 세포벽 성분과 Polygalacturonase 활성 비교

송준희\* · 손미애 · 김미현

대구전문대학 식품영양과\*, 영남대학교 식품영양학과

### Comparison of the Cell Wall Components and Polygalacturonase Activity in Peach Types

Jun-Hee Song\*, Mi-Ae Son, Mi-Hyun Kim

Department of Food and Nutrition, Daegu Junior College, Taegu 702-260, Korea\*

Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyongsan 712-749, Korea

#### Abstract

To examine ripening in peach types, cell wall contents and polygalacturonase activity were compared in Changbang, Daegubo and Yumyung peaches. Among peach types, the hardness of Daegubo was the lowest. Yumyung peach had the highest content of alcohol-insoluble substances and Changbang peach of cell wall. The contents of total and insoluble pectic substances were little different between Changbang and Yumyung peach, while the lowest in Daegubo. Daegubo peach had the highest activity of polygalacturonase, Changbang and Yumyung peach in succession.

Key words : ripening of peach, cell wall, polygalacturonase

#### 서 론

복숭아(*Prunus persica*, L.)는 수분이 많으며 부드럽고 독특한 향기와 감미가 강하여 여름철 생과용으로 알맞을 뿐 아니라 가공제품 역시 한국인의 기호에 맞아 통조림 가공에 많이 이용되고 있다. 그러나 타과일과 마찬가지로 여름철에 다량 출하되고 수확후 일수가 경과되면 쉽게 연화되어 장기저장이 어렵다. 이러한 관계로 복숭아의 일부는 생과로 나머지는 가공품으로 이용되고 있으나, 가공 역시 짧은 기간에 많은 물량을 처리해야 하므로 경제적 어려움이 수반된다.<sup>1,2)</sup>

과실의 연화는 세포벽 분해효소의 작용에 의해서 세포벽의 변화로 인하여 일어나며 과실의 품질에 중요한 영향을 주는 texture의 변화를 초래한다<sup>3)</sup>. 세포벽은 pectin질, hemicellulose, cellulose 및 glycoprotein으로 구성되어 있으며, 세포벽과 세포벽을 연결하는 middle lamella는 주로 pectin질로 구성되어 있다<sup>4)</sup>. 이 pectin질은 세포벽분해효소에 의하여 분해되어 저분

자화되어 유리됨으로써 난용성 pectin질은 감소하고 가용성 pectin질은 증가하게 된다. 이때 세포벽의 middle lamella는 용해되고 세포벽의 분리가 일어나므로 연화가 일어난다<sup>5,6)</sup>.

과실의 연화에 관련하는 효소는 polygalacturonase, pectinmethylesterase, cellulase, glycosidase 등이 있으며 이들 효소는 성숙과 추숙 중에 활성이 증가한다. 특히 성숙시에 활성이 증가하는 polygalacturonase는 middle lamella의 주요 구성성분인 pectin질을 분해하므로 연화에 가장 큰 영향을 미친다<sup>7-9)</sup>. Shewfelt<sup>10)</sup>는 복숭아의 연화는 protopectin이 가용성 pectin으로 전환됨에 따라 일어나며 Freestone종이 Clingstone종의 복숭아보다 pectin 용해성이 높다고 보고하였다. Pressey와 Avants<sup>11)</sup>는 복숭아의 Freestone종은 endo-, exo-polygalacturonase을 모두 함유하고 있으며 성숙시 이들의 활성이 많이 증가함에 따라 경도가 낮아졌으며 반면에 clingstone종은 성숙시와 추숙시 exo-polygalacturonase만 증가하여 연화는 완만히 진행되었으므로 복숭아의 품종에 따라 polygalacturonase조성의 차이가 있다고 하였다.

본 연구는 복숭아의 품종에 따른 연화현상을 비교하

기 위하여 완숙기인 초생종 창방, 중생종 대구보, 만생종 유명한 세포벽함량 및 세포벽 분해효소인 polygalacturonase 활성을 조사하여 품종간의 상이점을 비교·검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험용 복숭아는 경북 영남대학교 농축산대학 실습농장에서 재배한 초생종 창방, 중생종 대구보, 만생종 유명한를 각각 개화후 120일에 수확하여 사용하였다.

### 2. 경도 측정

경도 측정은 임의적으로 10개를 취하여 puncture test를 행하여 얻어진 평균값과 표준편차로 구하였다.

### 3. 세포벽의 추출

세포벽 추출은 Yamaki 등<sup>12)</sup>이 행한 방법에 준하였다. 즉, 과피를 제거한 과육질 100g에 80% ethanol 20ml를 가하여 균질화 한 후 80℃에서 10분간 처리하여 효소를 불활성화 시킨 다음 80% ethanol로 세척, 여과하여 동결건조한 것을 알콜불용성 물질(alcohol-insoluble substance : AIS)로 하였다. 다시 알콜 불용성 물질의 당류와 단백질을 제거하기 위하여  $\alpha$ -amylase (mg/ml)를 함유한 50mM phosphate buffer (pH 6.8)에 protease (mg/ml)를 가하여 30℃에서 12시간 처리하여 10,000×g로 20분간 원심분리하여 상정액을 수용성 물질(water-soluble material : WSM)로 하고 그 잔사는 세포벽성분으로 하였다.

### 4. Pectin질의 분획 및 정량

Pectin질의 분획은 Ben-Arie와 Sonego<sup>5)</sup>가 행한 방법에 따라 알콜 불용성 물질(AIS)을 증류수로 추출한 것을 수용성 pectin(WSP)으로 하였고 잔사에 0.5%

EDTA용액을 가하여 용해한 것을 versene-soluble pectin(VSP)으로 하였다. 불용성 pectin(ISP)은 남은 잔사를, 그리고 총 pectin(TPS)은 알콜 불용성 물질을 각각 진한 황산으로 가수분해한 것으로 하였다. Pectin정량은 carbazole 비색법<sup>13)</sup>에 따라 각 시료 용액 0.5ml와 진한 황산 3ml를 잘 혼합하여 20분간 중탕 가열하고 냉각시킨 후 carbazole 시약 100 $\mu$ 를 가하여 정색시킨 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하였다. Pectin의 함량은 galacturonic acid 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

### 5. 효소추출 및 활성측정

효소추출은 Moshrefi와 Luh<sup>14)</sup>가 행한 방법에 따라 100g에 증류수 200ml를 가하여 5분간 균질화하여 얻은 균질액에 1M이 되게 NaCl을 가하여 3시간 저어준 다음 원심분리하여 얻은 상정액을 0.15 M NaCl에서 48시간 투석한 다음 10,000×g에서 15분간 원심분리한 상정액을 조효소액으로 하였다. Polygalacturonase의 활성측정은 DNS(dinitrosalicylic acid)비색법에 준하였다. 즉, 효소액 0.5ml를 30℃에서 5분간 안정화 시킨 다음 기질(1% polygalacturonic acid) 0.5ml를 가하여 30분간 반응시킨 후 DNS용액 1ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 이것을 5분간 중탕하여 540nm에서 흡광도를 측정하였다. Polygalacturonase의 효소활성은 30℃에서 15분간에 1mg의 galacturonic acid를 생성하는 것을 1 unit로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 경도 측정

Table 1은 복숭아의 품종에 따른 경도를 측정된 결과이다. 복숭아의 경도는 창방과 유명한 경우 23.5±0.9, 22.3±1.2로 유사한 경향이었으나 대구보는 14.4±2.7로 낮았다. 이는 창방과 유명한 경우 대구보 보다 육질

Table 1. Comparison of the hardness in peach types (Newton)

Type	Changbang	Daegubo	Yumyung
Hardness	23.5±0.9	14.4±2.7	22.3±1.2

Mean±S.D.

이 단단하여 저장성이 높다는 것으로 알려져 있는 것과 일치하는 경향이였다.

## 2. 알콜불용성 물질, 수용성 물질 및 세포벽 함량 측정

Yamaki 등<sup>12)</sup>이 행한 방법에 따라 알콜불용성 물질, 수용성 물질과 세포벽을 분획·정량한 결과는 Table 2와 같다. 알콜불용성 물질은 창방의 경우 다른 두 품종보다 비교적 그 함량이 낮았으나, cell wall의 함량은 창방이 0.54 g/100g-fresh weight로 가장 높았고 유명, 대구보 순이었다. 과실의 성숙과 저장 중에 알콜불용성 물질과 세포벽 함량은 감소하고 세포벽 구성다당류는 세포벽 분해효소의 작용에 의해 분해되어 저분자화되어 난용성 물질은 감소하는 반면 가용성 물질이 증가하여 과실의 연화가 초래된다는 보고<sup>3,5,15,16)</sup>로 미루어 보아 본 연구에서 대구보의 세포벽 함량이 가장 낮은 것은 세포벽의 난용성 물질이 가용성 물질로 가장 많이 전환된 것으로 사료된다.

## 3. Pectin질의 함량 측정

Table 3은 복숭아의 연화와 밀접한 관계가 있는 pectin질을 정량한 결과이다. 총 pectin질과 불용성pectin

질은 유명이 4.23, 2.92mg/100mg-AIS로써 가장 높았고 다음이 창방, 대구보의 순이었으며 생체 100g당은 유명한 경우 다른 두 품종보다 훨씬 높았다. 수용성pectin질은 창방의 경우 가장 높았으나 생체 100g당은 대구보가 다른 두 품종보다 현저히 높은 경향이였다. 과실의 성숙 중에 middle lamella의 주요 구성성분인 pectin질은 polygalacturonase에 의해 분해되어 polyuronide가 유리됨으로써 가용성 pectin질은 증가하며 불용성 pectin질은 감소되고<sup>17)</sup>, polygalacturonase 활성이 증가할수록 water-soluble pectin질의 함량이 증가하며 정도는 감소된다는 보고<sup>18)</sup>를 고려할 때 유명은 다른 두 품종보다 불용성 pectin의 분해가 적어 가용성pectin의 함량이 낮고 따라서 연화가 적게 일어났으나 대구보는 가용성 pectin질로 많이 전환됨에따라 높은 연화현상을 보였을 것으로 사료된다.

## 4. Polygalacturonase 활성 측정

Table 4는 복숭아 품종간의 polygalacturonase 활성을 조사·비교한 결과이다. Polygalacturonase의 활성은 유명에서 6.75 unit/100g-fresh weight로서 가장 낮았으며 창방, 대구보는 각각 9.05, 10.05 unit

**Table 2. Comparison of the content of alcohol-insoluble substances, water-soluble material and cell wall in peach types**  
(g/100g-fresh weight)

Type	AIS	WSM	Cell wall
Changbang	0.93	0.39	0.54
Daegubo	1.48	1.12	0.36
Yumyung	1.49	1.03	0.46

Abbreviations : AIS; alcohol-insoluble substances, WSM; water-soluble material

**Table 3. Comparison of the contents of pectic substances in peach types**

Type	Pectic substances (mg/100mg-AIS) <sup>1)</sup>			
	WSP	VSP	IPS	TPS
Changbang	0.77 ( 7.14) <sup>2)</sup>	0.51 ( 4.73)	2.83 (26.23)	4.09 (38.10)
Daegubo	0.69 (10.21)	0.50 ( 7.40)	1.15 (17.02)	2.34 (34.63)
Yumyung	0.56 ( 8.37)	0.75 (11.18)	2.92 (43.51)	4.23 (63.03)

1) Abbreviations : WSP; water-soluble pectin, VSP; versene-soluble pectin, ISP; insoluble pectic substances, TPS; total pectic substances, AIS; alcohol-insoluble substances

2) The value in parenthesis were calculated as mg per 100g of peach

**Table 4. Comparison of the activity of polygalacturonase in peach types** (Unit /100g-fresh weight)

	Type		
	Changbang	Daebubo	Yumyung
Polygalacturonase activity	9.05	10.05	6.75

One unit is expressed as 1 mg of galacturic acid released /15 min. at 30°C.

/100g-fresh weight였다. Hobson<sup>19)</sup>은 세포벽 분해 효소인 polygalacturonase는 세포벽 구성다당류를 가수분해함으로써 과실의 연화와 밀접한 관계가 있다고 보고하였으며, Turcker 등<sup>20)</sup>은 연화현상이 일어나지 않는 변이종 rin과 Nr 토마토에는 polygalacturonase의 활성이 없다고 하였으며, Labavitch<sup>21)</sup>는 polygalacturonase가 존재하지 않으면 연화현상이 일어나지 않는다고 보고한 것과 관련지워 볼 때 본 연구에서도 유사한 결과로 해석된다.

## 적 요

복숭아의 품종에 따른 연화현상을 구명하기 위하여 알콜 불용성 물질, 세포벽 및 pectin질 함량과 세포벽 분해효소인 polygalacturonase활성을 조사·연구하였다. 경도는 창방과 유명한 경우 유사하게 나타났으나 대구보는 현저히 낮게 나타났다. 알콜 불용성 물질은 창방이 가장 낮았으나 세포벽의 함량은 가장 높았다. 총 pectin질과 불용성 pectin질은 유명과 창방이 거의 유사하였고 대구보는 낮았으며 생체 100g당의 경우 유명한 총pectin질 함량은 현저히 높았다. Polygalacturonase활성은 대구보가 가장 높았고 창방, 유명순으로 나타났다.

## 참고문헌

- 이동선, 구영조, 신동천, 로이소프 : 복숭아 1차 가공의 저장성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 13(3), 219(1981)
- 농업대사전. 학원사, 서울, p.475
- Huber, D.J. : The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Horticultural Reviews*, 5, 169 (1983)
- Hall, J.L., Flowers T.J. and Roberts R.M. : *Cell walls in plant cell structure and metabolism*. 2th ed., Longman, London, p.430(1981)
- Ben-Arie, R., Sonogo, L. and Frenkel, C. : Metabolism of the pectic substances in ripening pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104(4), 500(1979)
- Bartley, L.M. : Changes in the glucans of ripening apples. *Phytochemistry*, 15, 625(1975)
- Pressey, R. and Avants J.K. : Pear polygalacturonase. *Phytochemistry*, 15, 1349(1976)
- Pesis, E., Fuchs, Y. and Zauberman, G. : Cellulase activity and softening in Avocado<sup>1</sup>. *Plant Physiol.*, 61, 416(1978)
- Smart, E.L. and Pharr, D.M. : Characterization of  $\alpha$ -galactosidase from cucumber leaves. *Plant Physiol.*, 66, 731(1980)
- Shewfelt, A.L. : Changes and Variations in the pectin constitution of ripening peaches as related to product firmness. *J. Food Sci.*, 30, 573(1965)
- Pressey, R. and Avants, J.K. : Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. *J. of Food. Sci.*, 43(5), 1415(1978)
- Yamaki, S., Machida, Y. and Kakiuchi, N. : Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant & Cell Physiol.*, 20(2), 311(1979)
- Bitter, T. and Muir, H.M. : A modified uronic

- acid carbazole reaction. *Anan. Biochem.*, **4**, 330(1962)
14. Moshrefl, M. and Luh, B.S. : Purification and characterization of two tomato polygalacturonase isoenzymes. *J. of Food Biochem.*, **8**, 39 (1984)
  15. 신승렬, 김주남, 김순동, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중의 세포벽 구성성분의 변화. *한국식품과학회지*, **22**(7), 738(1990)
  16. Arpaia, M.L., Larbavitch, J.M., Greve, C. and Kader, A. : Changes in the cell wall components of Kiwi fruit during stroage in air of controled atmosphere. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **112**(3), 474(1987)
  17. Huber, D.J. : Polyuronide degradation and hemicellulose modification in ripening tomato fruit. *J. Amer, Soc, Hort, Sci.*, **108**(3), 405 (1983)
  18. Pressey, R, Hinton, D.M. and Avants, J.K. : Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. of Food Sci.*, **36**, 1070(1971)
  19. Hobson, G.E. : Polygalacturonase in normal and abnormal tomato fruit. *J. Biochem.*, **92**, 324(1964)
  20. Tucker, G.A., Robertson, N.G. and Grierson, D. : Changes in polygalacturonase isoenzymes during the ripening of normal and mutant tomato fruit. *Eur. J. Biochem.*, **112**, 119(1980)
  21. Labavitch, J.M. : Cell wall turnover in plant development. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **32**, 385 (1981)

---

(1992년 10월 4일 수리)