

복숭아의 품종과 숙도에 따른 세포벽 성분, 효소활성 및 조직의 변화

김 미 현 · 신 승 렬* · 김 진 구** · 김 광 수

영남대학교 식품영양학과, *경산대학교 식품과학과,

**상주산업대학교 식품가공학과

Changes in the Cell Wall Components, Enzyme Activities and Cell Structure of Peach during Maturation

Mi-Hyun Kim, Seung-Ryeul Shin*, Jin-Gu Kim**, Kwang-Soo Kim

Department of Food and Nutrition, Yeungnam University

**Department of Food Science, Gyungsan University*

***Department of Food Technology, Sangju National Industry University*

Abstract

This paper was carried out to investigate changes in the activities of cell-degrading enzymes, cell wall components and cell structure of peach during maturation and storage for valuation of quality.

The firmness of peach was decreased during maturation and storage, and was remarkably decreased in Daegubo than Yumyung. Polygalacturonase and β -galactosidase activities of peach were increased during maturation and storage, and were remarkably increased in soft peach and in mature and soft peach, respectively. Contents of alcohol-insoluble substance, cell wall, and total and insoluble pectin of peach were decreased during maturation and storage, but cellulose and soluble pectin were increased. Intracellular space was enlarged during maturation and middle lamella was gradually degraded during maturation.

Key words : peach, cell wall, polygalacturonase, β -galactosidase, pectin

서 론

복숭아(*Prunus persica*, L.)는 황도와 백도로 분류할 수 있으며 독특한 향기와 감미가 강하여 여름철 생과용으로 알맞을 뿐만 아니라 통조림 가공에 많이 이용되고 있다. 그러나 복숭아는 고온인 여름철에 쉽게 연화되므로 저장성이 아주 낮으며, 동시에 변질과 부패로 인한 경제적 손실을 초래한다¹⁾.

과실의 연화는 성숙중에 세포벽분해효소의 작용에 의해서 세포벽의 변화로 인하여 과실의 품질에 중요한 영향을 주는 texture의 변화를 초래함으로써 일어난다^{2,3)}. 과실의 연화에 관여하는 효소는 polygalacturonase^{4,5)}, pectinmethylesterase⁶⁾, cellulase^{7,8)}, glycosi-

dase^{9,10)} 등이 있으며 이들 효소는 과실의 성숙과 추숙동안에 활성이 증가한다. 특히 polygalacturonase는 세포벽 middle lamella의 구성성분인 펙틴질을 분해하여 저분자화되어 유리됨으로써 난용성 펙틴질은 감소하고 가용성 펙틴질이 증가하게 되고 이때 세포벽의 middle lamella가 용해되어 연화를 촉진한다^{11,12)}. Pressey와 Avants¹⁴⁾는 복숭아의 품종에 따라 효소의 조성에 차이가 있음을 보고하였는데, 이핵과는 endo, exo-polygalacturonase를 함유하고 있으며 성숙중에 활성이 증가하고 경도도 낮아지는 반면 접핵과는 exo-polygalacturonase만 존재하여 성숙과 추숙중에 효소활성이 증가하나 연화는 완만히 진행된다. 또한 glycosidase의 한 종인 β -galactosidase는 펙틴의 side

chain인 arabinogalactan과 galactan에 작용하여 arabinose와 galactose를 유리시켜 펙틴의 용해성을 촉진하여 연화를 유도한다고 하였다^{15, 16)}.

Melford와 Prakash¹⁷⁾의 보고에 의하면 과실의 세포벽 구조는 다음과 같다. 즉 middle lamella를 구성하는 펙틴질은 rhamnogalacturonan이 주요 구성 성분이고 arabinogalactan이나 galactan은 rhamnogalacturonan들을 측쇄결합하여 서로 연결하고 Ca⁺⁺이온이 galacturonic acid의 carboxyl기와 이온결합한 egg-box의 모양을 하고 있으며, hemicellulose의 주성분인 xyloglucan은 arabinogalactan과 공유결합하여 펙틴질과 연결되어 있고 cellulose와는 강한 수소결합을 하고 있다¹⁸⁾.

연화중의 세포벽 구성성분의 변화는 세포벽의 함량이 감소하고¹⁹⁾, 펙틴질과 hemicellulose가 분해되어 저분자화 되는 현상이 일어나며²⁰⁾ 비섭유성 중성당인 arabinose와 galactose의 함량이 감소한다^{15, 16)}. Gross와 Wallner²¹⁾는 토마토의 성숙과 연화중에 중성당인 galactose와 arabinose가 감소되고 유리당은 함량이 증가한다고 하였다. Ahmed와 Labavitch²²⁾는 arabinose와 galactose의 유리는 세포벽분해효소의 작용에 의해서 일어난다고 하였다.

본 연구는 복숭아의 품질평가에 미치는 연화현상을 연구하기 위하여 中生種 大久保와 晩生種 유명 품종의 성숙도에 따라 세포벽 구성다당류의 중성당 및 조직의 변화를 조사하여 이들의 상호관계와 품종간 차이에 대해 비교·검토 하였다.

재료 및 방법

재 료

실험용 복숭아는 영남대학교 실습농장에서 재배한 中生種 大久保와 晩生種 有明을 녹숙기, 변색기, 및 완숙기로 나누어 수확하여 사용하였다. 또한 완숙 복숭아를 4°C에 10일간 저장하여 실험재료로 사용하였다.

방 법

1) 경도측정

복숭아의 경도측정은 임의적으로 10개를 취하여

puncture test를 행하여 얻어진 것을 평균값과 표준편차로 구하였다.

2) 효소추출

효소추출은 Pressy²³⁾와 Moshrefi와 Luh²⁴⁾가 행한 방법에 따라 시료 100g에 증류수 200ml를 가하여 5분간 균질화하여 얻은 균질액에 1M이 되게 NaCl을 가하여 3시간 동안 저어준 다음 원심분리하여 얻은 상등액과 잔사를 다시 추출하여 얻은 액을 합하여 0.15M NaCl 용액에서 48시간 투석한 다음 15,000g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 조효소액으로 하였다.

3) 효소의 활성측정

Polygalacturonase의 활성측정은 DNS(Dinitrosalicylic acid)비색법²⁵⁾에 준하였다. 즉 효소액 0.5ml를 30°C에서 5분 동안 안정화시킨 다음 기질(1% Polygalacturonic acid) 0.5ml를 가하여 30분간 반응시킨 후 DNS용액 1ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 이것을 5분간 중탕하여 540nm에서 흡광도를 측정하였다. Polygalacturonase의 환성은 30°C에서 15분간 1mg galacturonic acid를 생성하는 것을 1 unit로 하였다. β -Galactosidase는 p -nitrophenyl- β -galactoside를 2mg/ml로 녹인 10mM sodium acetate buffer(pH 4.0) 0.5ml에 0.2% BSA용액 0.3ml와 초산완충용액 0.1ml를 효소액 0.1ml에 가하여 1시간 반응시킨 다음 0.2M NaCO₃ 2ml를 가하여 반응을 정지시켜 410nm에서 흡광도를 측정하였다²⁶⁾. β -Galactosidase의 환성은 30°C에서 1분 동안에 1mmole p -nitrophenyl- β -galactopyranoside를 분해하는 것을 1 unit로 하였다.

4) 세포벽추출

세포벽추출은 Yamaki 등²⁷⁾이 행한 방법에 준하였다. 즉 세포벽추출은 과피를 제거한 과육질 100g에 80% ethanol 200ml를 가하여 균질화한 후 80°C에서 10분간 가열처리하여 효소를 불활성화시킨 다음 80% ethanol로 3회 여과, 세척하여 동결건조한 것을 알콜 불용성 물질(Alcohol insoluble substance : AIS)로 하였다. 여기에 α -amylase(3~5unit/mg) 1mg/ml를 함유한 50mM phosphate buffer(pH 6.8)에 protease(6~8unit/mg) 1mg/ml를 가하여 같은 조건에 12시간 처리한 후 10,000g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 수용성 물질(Water soluble material : WSM)로 하였고, 잔사는 세포벽 성분(Cell

wall fraction : CWF)으로 하였다.

5) 펙틴질의 분획 및 정량

펙틴질의 분획은 Ben-Arie 등¹⁹⁾이 행한 방법에 따라 알콜 불용성 물질(AIS)을 증류수로 추출한 것을 수용성 펙틴(WSP)으로 하였고, 잔사에 0.5% EDTA용액을 가하여 용해한 것을 versene-soluble 펙틴(VSP)으로 하였다. 불용성 펙틴(ISP)은 남은 잔사를, 그리고 총 펙틴(TPS)은 알콜불용성 물질을 각각 진한 황산으로 가수분해한 것으로 하였다. 펙틴의 정량은 carbazole 비색법²⁰⁾에 따라 각 시료 용액 0.5ml와 진한 황산 3ml를 잘 혼합하여 20분간 증탕 가열하고 냉각시킨 후 carbazole시약 100 μ 를 가하여 2시간 정색시킨 다음 530nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질은 galacturonic acid를 사용하였고 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

6) Cellulose 정량

세포벽의 cellulose정량은 Updegraff²¹⁾의 방법에 준하여 세포벽 10mg에 2N TFA용액 1ml를 가하여 밀봉한 다음 121°C 에서 1시간 autoclave한 다음 가용성 물질을 제거한후 잔사에 78% 황산용액 1ml를 가하여 30°C 에서 1시간 분해시켰다. 분해액 0.5ml를 취하고 증류수로 희석하여 전량이 10ml가 되게 하여 다시 1시간 autoclave하여 분석용 시료로 하였다. Anthrone 비색법³⁰⁾에 따라 시료액 0.5ml와 냉 anthrone시약 3ml를 잘 혼합한 다음 15분간 끓인 후 얼음물에서 냉각하여 620nm에서 흡광도를 측정하여 glucose검량선에 의해 cellulose의 함량을 산출하였다.

7) 세포벽 비섭유성 증성당의 정량

각 세포벽 다당류의 비섭유성 증성당의 정량은 Jones와 Albersheim³¹⁾과 Blakeney³²⁾ 등의 방법에 따라 각 세포벽성분 10mg에 0.5mg/ml myoinositol을 함유한 2N TFA용액 1ml를 가하여 121°C에서 1시간 autoclave하여 불용성 잔사를 제거한 다음 50°C, N₂ gas 기류하에서 건조시킨 후 1N NH₄OH와 NaBH₄ 용액(NaBH₄, 2g을 dimethyl sulfoxide 100ml에 용해한 용액)으로 환원시켰다. 그리고 빙초산 0.1ml, 1-methylimidazole 0.2ml와 acetic anhydride 2ml를 가하여 10분간 acetylation을 시켜 alditol acetate 유도체를 만들고, 여기에 증류수 5ml와 methylene chloride 1ml를 가하여 잘 혼합하여 수 시간 방치한 다음 하중액을 증성당 분석용 시료로 하였다.

8) 조직의 검경

조직검경용 시료는 복숭아의 외피로부터 0.5~1.5cm사이의 조직을 2.5% glutaraldehyde와 1% OsO₄로 이중고정하여 ethanol과 prophylyene로 단계적으로 탈수한 다음 Epon 812로 포매하여 block을 만들었다³³⁾. 만들어진 block을 ultramicrotome으로 초박절편한 후 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하여 Hitachi H-600 투과형 전자현미경(TEM)으로 검경하였다.

결과 및 고찰

경도의 변화

Table 1은 복숭아의 성숙과 저장중에 경도의 변화를 측정한 결과이다. 大久保의 경우는 변색기까지는 뚜렷한 변화가 없었으나 완숙기와 저장중에는 급격히 감소하여 각각 14.4 \pm 2.7N과 5.1 \pm 0.6N이었고, 有名의 경우는 완숙기까지 23.1 \pm 2.2~22.3 \pm 1.2N으로 大久保와 달리 경도의 변화가 없었으나 저장중에는 14.6 \pm 1.3N으로 감소하였다. 이러한 결과는 일반적으로 大久保보다는 有名이 저장성이 높고 육질이 단단한 것으로 알려져 있는 것과 일치하였다.

Table 1. Changes in the firmness of peach during maturation and storage (Newton)

Variety	Stage of maturation ¹⁾			
	MGP	TP	MP	SP
Daegubo	26.3 \pm 0.4	24.4 \pm 0.7	14.4 \pm 2.7	5.1 \pm 0.6
Yumyung	24.1 \pm 2.2	24.1 \pm 0.9	22.3 \pm 1.2	14.6 \pm 1.3

1) MGP; mature green peach, TP; turning peach, MP; mature peach, SP; soft peach. Mean \pm S.D.

효소의 활성변화

Table 2는 polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성변화를 조사한 결과이다. Polygalacturonase의 활성변화는 미숙과에서 大久保와 有名, 두 품종 다 같이 효소 활성이 없었으나 성숙중에는 다같이 활성이 증가하였다. 저장중에는 大久保는 32.10units이고 有名은 23.70units로 성숙기에 비하여 많이 증가하였다. 또 경도의 변화(Table 1)에서 大久保가 有名보다 경도가 낮았으며 저장중에 많은 감소가 있었던 것과

밀접한 관계가 있을 것으로 생각된다. 그리고 과실이 미숙기에는 polygalacturonase의 활성이 없다가 완숙기에서 활성이 나타나서 저장 및 연화중에 급격히 활성이 증가한다는 보고³⁾와 일치하는 경향이었

다. Pressey와 Avants^{4,30)}는 복숭아의 성숙중에 polygalacturonase의 활성이 증가하고, 품종에 따라 polygalacturonase의 조성에 차이가 있고 또한 연화 정도도 차이가 있다고 하였다.

Table 2. Changes in the polygalacturonase and β -galactosidase activities of peach during maturation (Units/100g-fr.wt)

Enzymes	Varieties	Stage of maturation ¹⁾			
		MGP	TP	MP	SP
Polygalacturonase ²⁾	Daegubo	nd	5.57	10.05	32.10
	Yumyung	nd	6.75	10.05	23.70
β -Galactosidase ³⁾	Daegubo	32.20	33.11	161.90	373.62
	Yumyung	46.20	112.52	114.90	260.70

1) Stage symbols are the same as in Table 1.

2) One unit is expressed as 1mg of galacturonic acid released/15min. at 30°C. nd; non-detected

3) One unit is expressed as 1mmole of *p*-nitrophenyl- β -galactopyranoside degraded/1min. at 30°C.

복숭아의 성숙과 저장중에 β -galactosidase의 활성은 大久保의 경우는 미숙기와 변색기에서 거의 변화가 없다가 완숙기에 161.90units로 증가하였고 저장중에는 373.62units로 현저하게 증가하였다. 有名은 미숙기에 비교적 활성이 낮았으나 변색기와 완숙기에서는 각각 112.52units와 114.90units로 변화가 없으나 저장중에는 大久保와 같이 현저히 증가하는 경향이 있었다. 품종간의 성숙기에 따른 변화는 변색기 전에는 大久保에 비해 有名이 활성이 높았으나 완숙기와 저장중에는 有名에 비해 大久保에서 높았다. Pressey¹⁰⁾는 토마토의 성숙중에 β -galactosidase의 활성이 증가하고 3개의 isoenzyme이 있으며 이중 isoenzyme II가 활성이 증가한다고 하였다. 또한 과실의 성숙과 저장중에 β -galactosidase의 활성이 증가한다는 다수의 보고^{10, 35)}와 본 연구의 결과와 일치하는 경향이 있었다.

세포벽 구성성분의 변화

Table 3은 Yamaki 등²⁷⁾이 행한 방법에 따라 알콜 불용성 물질, 수용성 물질 및 세포벽을 분획 정량한 결과이다. 大久保와 有名 모두에서 알콜 불용성 물질과 세포벽의 함량은 성숙과 저장중에 감소하였으며 수용성 물질은 뚜렷한 변화가 없었다. 과실의 성숙과 저장중에 알콜 불용성 물질과 세포벽의 함량

이 감소하고 세포벽 구성다당류는 세포벽 분해효소의 작용에 의해 분해되어 저분자화되어 난용성 물질은 감소하는 반면 가용성 물질이 증가한다는 보고가 있다^{11, 30)}. 또한 Knee 등³⁰⁾은 in vitro에서 사과조직에 polygalacturonase를 처리한 결과 세포벽 성분이 감소하고 가용성 물질이 증가하며, middle lamella의 용해현상이 일어난다고 하였다.

Table 3. Changes in the contents of alcohol-insoluble substance, water-soluble material and cell wall of peach during maturation and storage (g/100g-fr. wt)

Varieties	Stage of maturation ¹⁾	AIS	WSM	Cell wall
Daegubo	MGP	1.74	1.08	1.66
	TP	1.52	0.96	0.56
	MP	1.48	1.06	0.42
	SP	1.40	1.02	0.38
Yumyung	MGP	2.07	1.50	0.57
	TP	1.55	1.05	0.50
	MP	1.49	1.03	0.46
	SP	1.41	0.98	0.43

1) Stage symbols are the same as in Table 1. Abbreviations : AIS; alcohol-insoluble substance, WSM; water-soluble material

Table 4는 연화와 밀접한 관계가 있는 펙틴질을 Ben-Arie 등¹³⁾의 방법에 따라 분획하여 carbazole 비색법에 따라 정량한 결과이다. 총 펙틴질과 불용성 펙틴질의 변화는 大久保와 有名종에서 다같이 성숙중에 뚜렷한 변화가 없었으나 저장중에는 감소하였다. 그러나 생체 100g당에 있어서는 두품종 다같이 성숙과 저장중에 감소하였다. 수용성 펙틴은 두품종 다같이 성숙중에 증가하였으며 생체 100g 중에는 大久保는 성숙중에 有名에 비해 많은 증가를 나타냈으나 저장중에는 두품종 다같이 비슷한

증가를 보였다.

과실의 성숙과 저장중에 middle lamella의 주요 구성성분인 펙틴은 polygalacturonase에 의해 분해되어 polyuronide가 유리됨으로써 가용성 펙틴질은 증가하고 불용성 펙틴질은 감소된다^{13,37)}. 그리고 과실 조직에 polygalacturonase를 처리하였을 때 난용성 펙틴질은 감소하는 반면 수용성 펙틴질이 증가하고 또한 middle lamella의 용해현상을 전자현미경으로 관찰하였다³⁸⁾.

Table 4. Changes in the contents of pectic substance of peach during maturation and storage

Variety	Stage of maturation ¹⁾	Pectic substance(mg/100mg-AIS) ²⁾			
		WSP	VSP	IPS	TPS
Daegubo	MG	0.48 (8.40) ³⁾	0.54 (9.40)	1.29 (22.45)	2.31 (40.25)
	TP	0.52 (7.90)	0.51 (7.75)	1.28 (19.46)	2.32 (35.26)
	MP	0.69 (10.21)	0.50 (7.40)	1.15 (17.02)	2.34 (34.63)
	SP	0.95 (13.30)	0.47 (6.58)	0.60 (8.40)	2.02 (28.28)
Yumyung	MG	0.50 (10.35)	0.58 (12.00)	3.17 (65.61)	4.25 (87.98)
	TP	0.54 (8.37)	0.73 (11.32)	2.83 (43.87)	4.10 (63.55)
	MP	0.56 (8.37)	0.75 (11.18)	2.92 (43.51)	4.23 (63.03)
	SP	0.77 (10.86)	0.68 (9.59)	2.23 (31.44)	3.68 (51.88)

1) Stage symbols are the same as in Table 1.

2) Abbreviations : WSP; Water-soluble pectin, VSP; versene-soluble pectin, IPS; insoluble pectin substance, TPS; total pectin substance, AIS; alcohol-insoluble substance

3) The values in parenthesis were calculated as mg per 100g of peach.

Table 5는 cellulose의 변화를 조사한 결과이다. 복숭아의 성숙과 저장중에 cellulose의 함량은 다소 증가하였으며 有名이 大久保보다도 함량이 낮았다.

일반적으로 과실의 성숙과 저장중에 cellulase의 활성이 증가하지만 cellulose의 함량은 거의 변화가 없거나 증가한다는 보고³⁾가 있다.

Table 5. Changes in the cellulose contents of peach during maturation and storage (mg/100mg-cell wall)

Variety	Stage of Maturation ¹⁾			
	MGP	TP	MP	SP
Daegubo	30.58	37.08	50.30	71.93
	(201.83) ²⁾	(207.65)	(211.26)	(273.44)
Yumyung	25.70	36.17	59.30	65.14
	(146.49)	(180.85)	(272.78)	(280.10)

1) Stage symbols are the same as in Table 1.

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

조직의 변화

Fig. 1과 2는 복숭아 성숙중에 조직의 변화를 관찰한 것이다. 미숙기에서는 middle lamella를 선명하게 관찰할 수 있었고 세포간극이 형성되지 않았으나 변색기 이후에 세포간극이 형성되어 완숙기에는 더욱 발달되었으며, middle lamella의 용해현상은 세포벽분해효소의 출현시기인 변색기에 관찰되어 완숙기에는 보다 현저하였고 有名이 大久保에 비해 뚜렷하였다.

과실은 성숙과 저장중에 세포벽분해효소에 의해 세포벽 성분이 분해되며, 특히 middle lamella의 구성성분인 펙틴은 펙틴분해효소에 의해 분해되어 난용성 펙틴질은 감소하고 가용성 펙틴질은 증가한다는 보고^{13, 20)}가 있다. Shewfelt³⁹⁾는 복숭아 성숙중에 펙틴질이 펙틴분해효소에 의해 분해되어 가용성 polyuronide로 유리된다고 하였고, Huber⁴⁰⁾는 토마토 성숙중에 펙틴질과 헤미셀룰로오스가 저분자화 된다고 보고하였다. 그리고 신⁴¹⁾과 Ben-Arie 등³⁸⁾은 감과 사과와 성숙중에 middle lamella의 용해현상이 일어난다고 하였으며 이는 펙틴분해효소인 polygalacturonase의 작용과 밀접한 관계가 있다고 하였다.

이상의 결과를 고려할때 복숭아 성숙중에 middle lamella의 용해현상은 middle lamella의 구성성분인 펙틴이 polygalacturonase에 의해 분해되어 일어나며 연화현상을 초래하는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 복숭아의 품질평가를 위하여 품종과

성숙도에 따른 연화현상을 연구하고자 성숙과 저장중에 정도, 세포벽분해효소의 활성 및 세포벽 구성성분의 변화를 조사하였다.

복숭아의 정도는 성숙과 저장중에 감소하였고 大久保는 有名에 비해 현저하였다. 세포벽분해효소인 polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성은 성숙과 저장중에 증가하였고, polygalacturonase는 저장중에, β -galactosidase는 완숙기와 저장중에 현저히 증가하였다. 알콜 불용성 물질과 세포벽의 함량은 大久保와 有名 다같이 성숙과 저장중에 감소하고, 총 펙틴질과 불용성 펙틴질이 감소하는 반면에 수용성 펙틴질과 cellulose는 증가하였으며, 세포벽 비섬유성 중성당인 arabinose와 galactose도 감소하였다. 조직의 변화는 大久保와 有名 다같이 성숙중에 간극이 발달하고 변색기 이후에 middle lamella의 용해현상이 관찰되었고 완숙기에 보다 뚜렷하였다.

감사의 글

본 연구는 한국하술진흥재단의 '93년도 자유공모 과제 학술연구조성비 지원에 의하여 수행된 것이며, 한국하술진흥재단에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 박원기(1992) 韓國食品辭典, 신광출판사, p189
2. 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. (eds), Academic Press, London, p. 123.
3. Huber, D. J.(1981) The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Horticultural Reviews* 5, 169.
 4. Aspinall, G. O.(1980) Chemistry of cell wall polygalacturonases. In; *The Biochemistry of plants, Vol. 3. Carbohydrates; Structure and Function.* J. Preiss(ed), Academic Press, New York, p.473.
 5. Pressey, R. and J. K. Avants(1976) Pear polygalacturonase. *Phytochemistry*, 15, 1349.
 6. Tucker, G. A., N. G. Robertson and D. Grierson (1982) Purification and changed in activities of tomato pectinesterase isoenzymes. *J. Sci. Food Agr.*, 33, 396.
 7. Hobson, G. E.(1978) Cellulase activity during maturation and ripening of tomato fruit. *J. Food Sci.*, 33, 588.
 8. Pess, E., Y. Fuchs and Zauberman(1978) Cellulase activity and fruit softening in avocado. *Plant Physiol.*, 61, 416.
 9. Smart, E. L. and D. M. Pharr(1980) Characterization of galactosidase from cucumber leaves. *Plant Physiol.*, 66, 731.
 10. Pressey, R.(1983) β -Galactosidase in ripening tomatoes. *Plant Physiol.*, 71, 132.
 11. Ahmed, A. E. and J. M. Labavitch(1980) Cell wall metabolism in ripening fruit. II. Changes in carbohydrate degrading enzymes in ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.*, 65, 1014.
 12. Platt-Aloia, K. A., W. W. Thomson and R.E. Young(1980) Ultrastructural changes in the walls of ripening avocados : Transmission, scanning and freeze fracture microscopy. *Bot. Gaz.*, 142, 366.
 13. Ben-Arie, R., L. Sonogo and C. Frenkel(1979) Metabolism of the pectic substances in ripening pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 104(4), 500.
 14. Pressey, R. and J.K. Avants(1978) Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. *J. Food Sci.*, 43, 1415.
 15. Bartley, I. M.(1976) Changes in the glucans of ripening apples. *Phytochemistry*, 15, 625.
 16. Gross, K. C. and C. E. Sams(1984) Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening : A species survey. *Phytochemistry*, 23 (11), 2257.
 17. Melford, A. D. and M. D. Parkash(1986) Postharvest changes in fruit cell wall. *Advances in Food Research*, 30, 152.
 18. Keegstra, K., K. W. Talmadge, W. D. Bauer and P. Albersheim(1973) A model of the wall of suspensioncultured sycamore cells based on the interconnection of the macromolecular components. *Plant Physiol.*, 51, 188.
 19. Shewfelt, A. L., V. A. Payter and J. J. Jen (1971) Textural changes and molecular characteristics of pectin constituent in ripening peaches. *J. Food Sci.*, 36, 573.
 20. Huber, D. J.(1983) Polyuronide degradation and hemicellulose modification in ripening tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108(3), 405.
 21. Gross, S. J. and S. J. Wallner(1979) Degradation of cell wall polysaccharide during tomato fruit ripening. *Plant Physiol.*, 63, 117.
 22. Ahmed, A. E. and J. M. Labavitch(1980) Cell wall changes in the ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.*, 65, 1009.
 23. Pressey, R.(1983) β -Galactosidase in ripening tomatoes. *Plant Physiol.*, 71, 132.
 24. Moshrefi, M. and B. S. Luh(1984) Purification and characterization of two tomato polygalacturonase isoenzymes. *J. of Food Biochem.*, 8, 39.
 25. Miller, G. L.(1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 31, 426.
 26. Nevins, D. J.(1970) Relation of glycosidase to beanhypocotyl growth., *Plant Physiol.*, 46, 458.
 27. Yamaki, S., Y. Machida and N. Kakiuchi(1979) Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant & Cell Physiol.*, 20(2), 311.

28. Bitter, T. and H. M. Muir(1962) A Modified uronic acid carbazole reaction. *Anan. Biochem.*, 4, 330.
29. Updegraff, D. M.(1969) Semimicro determination of cellulose in biological materials. *Anal. Biochem.*, 32, 420.
30. Spiro, R. G.(1966) Analysis of sugars found in glycoprotein. In; E. F. Newfeld and V. Ginsburg (eds), *Methods in enzymology*. Academic Press, New York, Vol. 8, p.4.
31. Jones, T. M. and P. Albersheim(1972) A gas chromatographic method for the determination of aldose uronic acid constituents of plant cell wall polysaccharides. *Plant Physiol.*, 49, 926.
32. Blakeney, A. B., P. J. Harris, R. T. Henry and B. A. Stone(1983) A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharide analysis. *Carbohydr. Res.*, 113, 291.
33. Luft, J. H.(1961) Improvements in epoxy resin embedding method. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 9, 409.
34. Pressey, R., P. M. Hinton and J. K. Avants (1971) Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. Food Sci.*, 36, 1070.
35. Bartley, I. M.(1974) β -Galactosidase activity in ripening apple. *Phytochemistry*, 13, 2107.
36. Knee, M., A. H. Fielding, S. A. Archer and F. Laborda(1975) Enzymic analysis of cell wall structure in apple fruit cortical tissue. *Phytochemistry*, 14, 2213.
37. Knee, M., J. A. Sargent and D. J. Osborne (1977) Cell wall metabolism in developing strawberry fruits. *J. Exper. Bot.*, 28(103), 377.
38. Ben-Arie, R., N. Kisler and C. Frenkel(1979) Ultrastructural changes in the cell wall of ripening apple and pear fruits. *Plant Physiol.*, 64, 1971.
39. Shewfelt, A. L.(1965) Changes and variation in the pectic constitution of ripening peaches as related to product firmness. *J. Food Sci.*, 30, 573.
40. Huber, D. J.(1983) Polyuronide degradation and hemicellulose modification in ripening tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108(3), 405.
41. 신승렬, 송준희, 김순동, 김광수(1991) 감과실의 성숙과 추숙중 조직의 변화. *한국 농화학회지*, 31(1), 32.

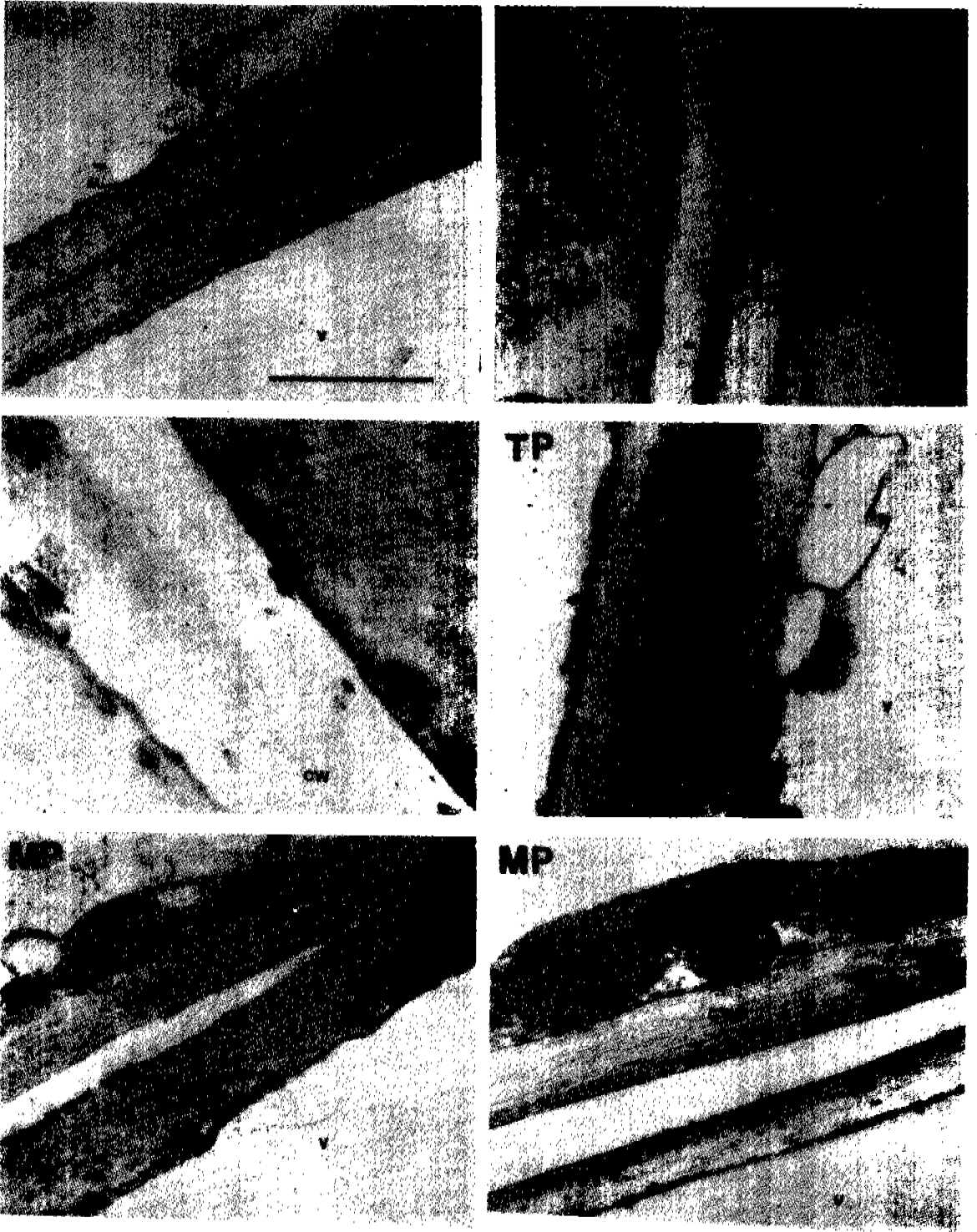


Fig. 1. Changes in the cell wall of peach during maturation($\times 30,000$). Stage symbol are the same as in Table 1. Abbreviation : cw; cell wall, ml; middle lamella, v; vacuole bar = $1\mu\text{m}$.

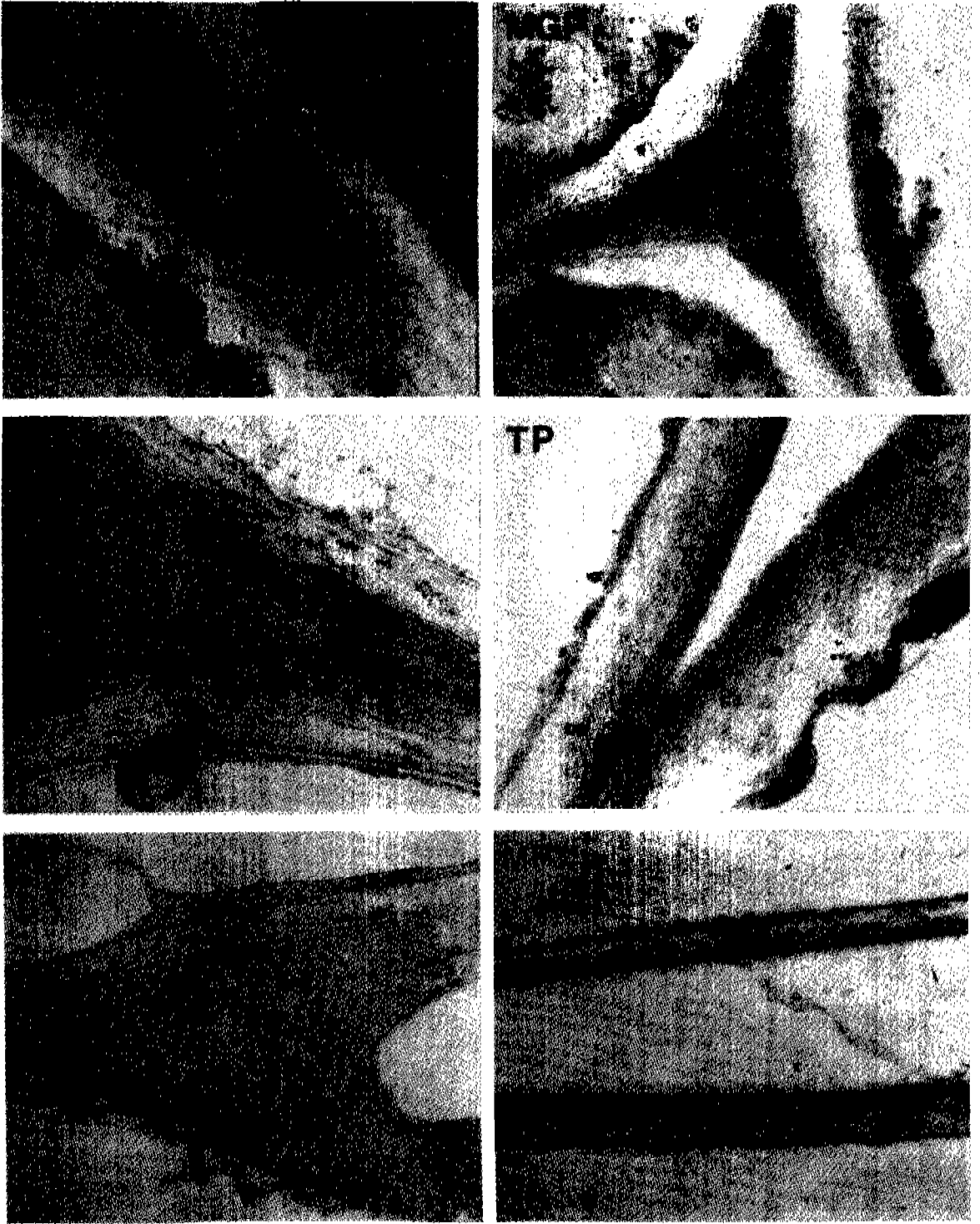


Fig. 2. Changes in the intercellular space of peach during maturation($\times 30,000$). Stage symbol are the same as in Table 1. Abbreviation : cw; cell wall, ml; middle lamella, bar = $1\mu\text{m}$.