

세포벽분해효소의 처리에 따른 감과실의 세포벽 유리 다당류의 변화

신승렬 · 김미현* · 김주남** · 원충연* · 서지형* · 김광수*

경산대학교 식품과학과, *영남대학교 식품영양학과, **영남전문대학 식품영양과

Changes on the Components of Free Polysaccharide from Cell Wall of Persimmon Fruit by Treatments of Cell Wall Degrading Enzymes

Seung-Ryeul Shin, Mi-Hyun Kim*, Ju-Nam Kim**, Chung-Yeun Won*, Chi-Hyeong Seo* Kwang-Soo Kim*

Department of Food Science, Kyungsan University

**Department of Food and Nutrition Yeungnam University*

***Department of Food and Nutrition Yeungnam Junior College*

Abstract

This paper was carried out to investigate changes in chromatograms of polysaccharides and soluble pectins on Sephadex G-50 and non-cellulosic neutral sugars of polysaccharides isolated from cell wall of persimmon fruits treated with polygalacturonase and β -galactosidase *in vitro*. The chromatogram pattern of soluble pectins extracted from cell wall treated with β -galactosidase on Sephadex S-500 column were similar to those of untreated, but contents of soluble pectins treated with β -galactosidase were different from those of untreated. The patterns of chromatograms in soluble pectins extracted from cell wall treated with polygalacturonase were more complex and lower molecular polymer than those of other cell wall-degrading enzyme treatments. Non-cellulosic neutral sugar of polysaccharides in fraction I of soluble material treated with polygalacturonase was rhamnose, those in fraction II were similar to those in fraction III and contents of arabinose, xylose and glucose were higher than contents of other non-cellulosic neutral sugars. Non-cellulosic neutral sugars of polysaccharides in fraction I in soluble material by β -galactosidase treatment were rhamnose, arabinose, galactose and mannose. Content of glucose of polysaccharides in fraction II was higher than that in fraction I. Non-cellulosic neutral sugars treated with mixed enzyme were rhamnose, fucose, arabinose, xylose, mannose, galactose and glucose. Compositions of non-cellulosic neutral sugars of polysaccharides in fraction I were similar to those in fraction II and III.

Key words : polygalacturonase, β -galactosidase, persimmon, softening, galactose, arabinose

서 론

과실의 저장 및 유통과정 중에 일어나는 생리화학적 변화로 품질에 많은 영향을 미치는

연화현상은 생체내에 존재하는 세포벽분해효소의 작용에 의하여 세포벽 구성성분이 분해되어 일어나는 효소적 연화와 칼슘이나 수분의 감소, 기계적인 충격에 의해 일어나는 비효소적 연화

로 구분되며, 일반적으로 과실의 연화는 효소적 연화를 의미하고 품질평가에 많은 영향을 준다 [1].

과실의 세포벽은 cellulose, hemicellulose, pectin, glycoprotein으로 구성되어 있으며[1, 2], 연화에 관여하는 세포벽분해효소는 polygalacturonase[3-6], pectinmethylesterase[7-8], cellulase[9-10], glycosidase [11, 12] 등이 있고 연화중에 pectinmethylesterase를 제외한 효소들의 활성이 증가하며, 성숙과 저장중에 세포벽 구성성분은 이들 세포벽분해효소의 작용에 의해 분해되어 저분자화되거나 유리됨으로써 연화가 초래된다[1, 2, 13-15]. 이들 성분중에 세포벽의 middle lamella을 구성하는 pectin질은 pectin의 분해효소인 polygalacturonase에 의해 분해되어 저분자인 polyuronide로 전환되어 유리되고 동시에 pectin과 결합되어 있는 세포벽단백질도 유리된다[16]. Cellulose의 함량은 연화중에 뚜렷한 변화가 없으나[2, 11], hemicellulose는 xylase, mannanase 등과 같은 hemicellulase에 의해 분해되어 저분자의 유리 polysaccharides로 유리된다 [2, 13, 15]. 또한 세포벽 구성 다당류의 변화와 함께 세포벽 다당류에 축적결합하고 있는 arabinan, galatan 및 arabinogalactan 등이 β -galactosidase 등에 의해 분해되고 세포벽다당류인 arabinose와 galactose 등이 유리되어 연화가 촉진된다[17-19].

본 연구자들은 감과실의 연화중에 세포벽분해효소인 polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성증가[20, 21], pectin과 hemicellulose의 저분자화와 가용성 polyuronide의 함량 증가[22], arabinose와 galactose의 감소[23], 세포벽단백질의 유리[24] 및 middle lamella의 용해현상 [25] 등을 연구하여 감과실의 연화현상을 규명한 바 있으며, *in vitro*에서 추출한 세포벽 성분에 세포벽분해효소인 polygalacturonase와 β -galactosidase를 처리시에 세포벽 다당류의 저분자화 및 유리현상과 galactose와 arabinose의 유리현상을 조사한 바 있다.

따라서 본 연구는 앞선 연구를 기초로 하여 감과실의 연화에 작용하는 polygalacturonase와

β -galactosidase가 연화중에 세포벽분해에 미치는 영향을 구명하고자 *in vitro*에서 추출한 세포벽에 이들 효소를 작용시켰을 때 유리된 세포벽 다당류의 형태, 분자량 및 비섬유성 중성당의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에서는 경남 진영군에서 재배한 부유종 단감(*Diospyros kaki*, L)을 완숙기(개화후 155-160일)에 수확한 것을 사용하였다.

방 법

세포벽 추출

세포벽 추출은 Selvendran[26]과 Jarvis[27]의 방법에 따라 과육 100 g에 0.2M HEPES buffer(pH 6.8) 200ml를 가하여 균질화한 후 miracloth로 여과하였으며, 이 조작을 반복하여 잔사를 얻었다. 잔사를 10mM sodium acetate buffer에 현탁시킨 다음 amylase와 protease를 가하여 30°C에서 24시간 동안 처리한 후 여과하여 당질과 단백질 성분을 제거하였고, 다시 잔사를 chloroform-methanol(1 : 1, v/v)에 1시간 현탁시킨 다음 여과하여 지질 성분을 제거한 잔사를 동결건조하여 세포벽 성분으로 하였다.

효소처리

전보[28]의 방법에 준하여 추출한 세포벽 2g을 0.2% sodium azide를 함유한 sodium acetate buffer 100ml에 현탁시킨 다음, polygalacturonase는 pH 4.0, β -galactosidase는 pH 6.0, polygalacturonase와 β -galactosidase 혼합효소액은 pH 5.5, 무처리구는 pH 5.5로 조절하여 30°C에서 3시간 동안 처리하였다. 각 세포벽분해효소의 양은 polygalacturonase와 β -galactosidase는 각각 100unit, 혼합효소액은 각 효소 50unit씩 혼합하였다. 처리한 세포벽은 여과하여 가용성 물질과 불용성 물질로

나누어서 분석용 시료로 하였다.

세포벽 구성 다당류의 분획 및 정량

세포벽 다당류의 분획은 Yamaki 등[29]이 행한 방법에 따라 행하였다. 즉 세포벽분해효소를 처리하여 얻은 불용성 물질 1g을 0.05M EDTA-2Na 용액 100ml에 현탁시켜 80°C에서 30분간 열처리한 다음 10,000xg에서 20분간 원심분리하여 상정액을 pectin질로 하였고, 잔사는 다시 2N KOH 용액에 현탁시켜 5시간 동안 저어 준 후에 10,000xg에서 원심분리하여 상정액을 hemicellulose I으로 하였다. 다시 잔사를 4N KOH에 현탁시켜 hemicellulose I과 동일하게 처리하여 hemicellulose II를 분획하였고 잔사를 cellulose 분획으로 하였다. 각 분획을 증류수에서 72시간 투석하여 EDTA와 KOH를 제거하고 동결건조한 것을 비섬유성 중성당 분석용 시료로 사용하였다.

Sephadex G-50에 의한 유리 다당류의 분획 및 분자량 측정

추출한 세포벽에 세포벽분해효소를 처리하여 얻은 가용성 물질에 함유되어 있는 다당류를 Sephadex G-50 column(2×40cm)으로 유속 0.25 ml/min, 15분간씩 분획하였고, 정량은 anthrone 비색법[30]과 carbazole 비색법[31]으로 행하였다. 그리고 다당류의 분자량은 표준 dextran과 비교하여 측정하였으며, 분획한 다당류의 구성당의 조성은 gas chromatography로 분석, 정량하였다.

Sephacryl S-500 column에 의한 pectin의 분획

Yamaki 등[29]이 행한 방법에 따라 추출한 pectin질을 0.05M EDTA-2Na 용액에 녹인 다음 Sephacryl S-500 column으로 유속 0.25ml/min 20분간씩 분획하였다. pectin질의 chromatogram은 각 분획액을 시료로 하여 pectin질의 정량법과 동일하게 하여 그 흡광도로 나타내었다.

유리 다당류의 비섬유성 구성당의 정량

각 세포벽 다당류의 비섬유성 구성당의 정량

은 Jones와 Albersheim[32], Blakeney 등[33]의 방법에 따라 gas chromatography로 분리, 정량하였다. 즉 세포벽성분 10mg에 0.5mg/ml myo-inositol을 함유한 2N TFA용액 1ml를 가하여 121°C에서 1시간 autoclave하여 불용성 잔사를 제거한 다음 50°C, N₂ 기류하에서 건조시킨 후 1N NH₄OH 용액 0.1ml와 NaBH₄용액(NaBH₄ 2g을 dimethyl sulfoxide 100ml에 용해한 용액) 1ml를 가하여 환원시켰다. 다시 빙초산 0.1ml, 1-methylimidazole 0.2ml와 acetic anhydride 2ml를 가하여 10분간 acetylation시켜 alditol acetate 유도체를 만들고, 여기에 증류수 5ml와 methylene chloride 1ml를 가하여 잘 혼합하여 수시간 방치한 다음 하층액을 분석용 시료로 하여 gas chromatography로 정량하였다.

결과 및 고찰

Sephadex G-50 column에 의한 유리 다당류의 분획

Fig. 1은 추출한 세포벽성분에 polygalacturonase를 처리한 후에 유리된 polysaccharide를 Sephadex G-50 column에 주입하여 3ml씩 분획하여 carbazole 비색법[31]과 anthrone 비색법[30]으로 흡광도를 측정된 결과를 chromatogram으로 도시한 것이다. Carbazole 비색법에 의한 chromatogram은 fraction No. 15~27사이에 3개의 작은 peak(분자량 약 39,000)와 fraction No. 30~55에서 한 개의 큰 peak(분자량 약 5,000)로 분리되었고, anthrone 비색법의 chromatogram은 chromatogram은 fraction No. 30~55에서 작은 peak와 큰 peak로 각각 분리되었다.

과실의 연화중에 middle lamella의 주요 구성성분인 pectin의 함량은 감소하고 pectinase에 의해 분해되어 저분자화됨으로써 난용성 pectin의 함량은 감소하고 수용성 pectin은 증가한다[1, 2, 14]. Polygalacturonase는 대부분의 과실에 존재하며 성숙과 연화중에 활성이 증가하고 세포벽 middle lamella를 구성하는 pectin질을 분해하여 가용성 polyuronide를 유리하여 과실의 연화를 촉진시킨다[1, 2, 13, 14]. 과실의

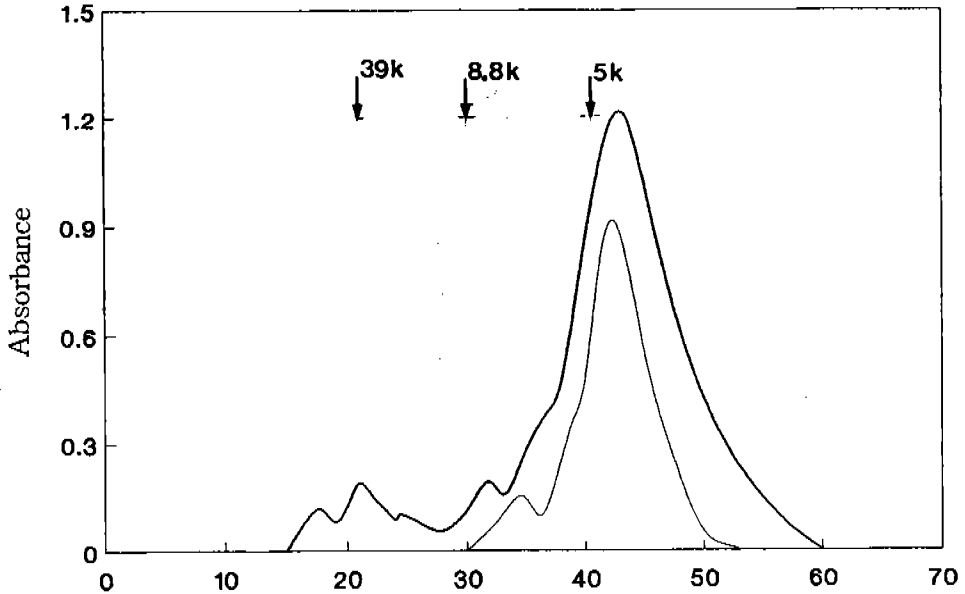


Fig. 1 Chromatograms of polysaccharides in soluble material isolated from cell wall treated with polygalacturonase on Sephadex G-50 gel filtration

— : Anthrone test(620nm),
 - - - : Carbazole test(530nm)

조직과 추출한 세포벽에 polygalacturonase를 처리 시에도 불용성 pectin의 함량은 감소하고 수용성 pectin은 증가한다는 보고[34-36]가 있으며, 본 연구자들은 감과실의 연화중에 polygalacturonase와 β -galactosidase의 활성이 증가하고[20, 21] 종 pectin의 감소와 더불어 수용성 pectin의 증가현상을 관찰하였고[22], 전보[28]에서는 가용성 물질 중의 pectin질 함량을 측정할 결과, polygalacturonase 처리는 무처리 및 β -galactosidase 처리에 비하여 그 함량이 16배 정도 높았다. Wallner와 Bloom[34]은 토마토의 세포벽성분에 세포벽분해효소의 처리시에 생과실과 같이 세포벽분해가 일어났으며 수용성 pectin의 함량이 증가하고 galactose가 유리된다고 보고하였는데 이는 본 연구와 유사한 경향이었다.

그리고 Gross와 Wallner[35]는 완숙 토마토를 세절하여 증류수에 4시간 침지하였을 때 세포벽의 25~30%의 galacturonic acid가 유리되었고, 이들의 분자량이 약 20,000정도이고 galacturonic

acid와 rhamnose로 구성된 다당류이었다. 또 녹색 토마토에서 추출한 세포벽에 완숙한 토마토에서 추출한 polygalacturonase를 처리하였을 때도 앞과 같은 결과를 얻었다고 하였다. 본 연구에서는 분자량이 39,000과 5,000정도인 다당류가 유리되었고, 분자량이 39,000인 다당류는 galacturonic acid 중합체이고 분자량이 5,000인 다당류는 galacturonic acid와 중성당 복합체인 것으로 생각된다.

세포벽 β -galactosidase를 처리하여 유리된 다당류를 Sephadex G-50 column으로 분획한 결과는 Fig. 2와 같다. Anthrone 비색법과 carbazole 비색법에 따라 흡광도를 측정하여 chromatogram을 도시한 결과, fraction No. 17~23, 37~55에서 두 개의 peak가 존재하였다. Anthrone 비색법에 의한 흡광도는 carbazole 비색법의 흡광도보다 약 2배 높았다. 따라서 이 다당류는 galacturonic acid와 중성당을 일정하게 함유한 것으로 사료된다.

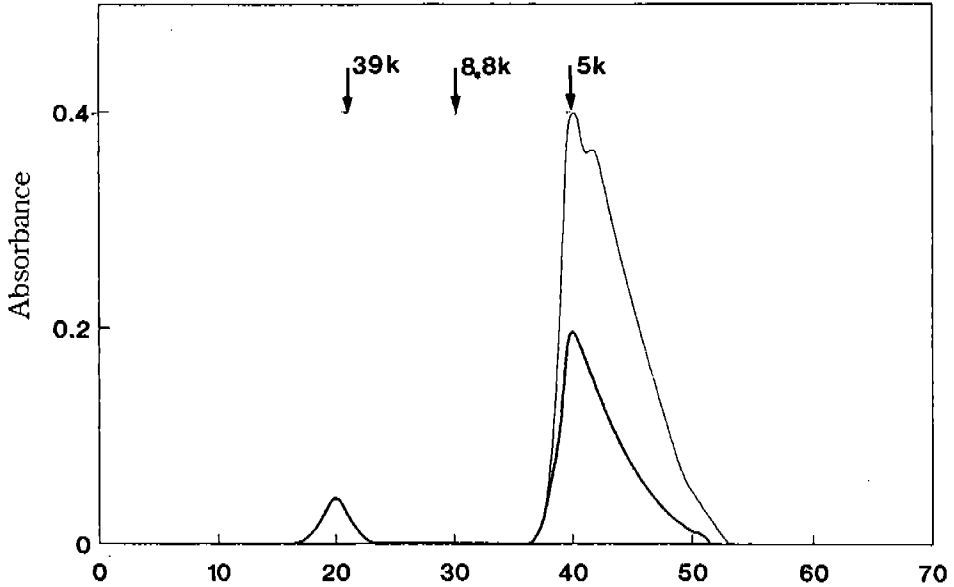


Fig. 2 Chromatograms of polysaccharides in soluble material isolated from cell wall treated with β -galactosidase on Sephadex G-50 gel filtration

— : Anthrone test(620nm),
 - - : Carbazole test(530nm)

Pressey[12]는 토마토 성숙중에 β -galactosidase 활성이 증가한다고 하였고, Wallner와 Walker [36]는 토마토 성숙에 β -galactosidase의 활성 증가는 하나의 isoenzyme 활성의 증가에 의해서 일어난다고 하였다. Bartley[37, 38]는 β -galactosidase는 galactan을 분해하여 galactose를 유리하며, *in vitro* 실험에서도 같은 현상이 일어난다고 보고하였고, Knee[16]도 wall bound enzyme을 *in vitro*에서 세포벽 성분에 처리하였을 때 galactose와 arabinose를 함유한 중성당이 유리되었다고 보고하였다.

Fig. 3은 혼합효소액을 처리한 세포벽성분의 유리 다당류를 Sephadex G-50 column으로 분획한 chromatogram이다. Carbazole 비색법에서는 fraction No. 15~25에서 두 개 peak와 fraction No. 29~55에서 한 개 peak가 분리되었고, anthrone 비색법에서는 fraction No. 15~22와 33~50에서 각각 하나의 peak가 분리되었다. 혼합효소액을 처리한 다당류의 chromatogram은 carbazole 비색법의 경우는 polygalacturonase만 처리한 다

당류의 chromatogram과 유사하나 분자량이 다소 작았고, anthrone 비색법의 경우에는 다소 차이가 있었다. 그리고 polygalacturonase만 처리한 경우(Fig. 1)에 분자량이 큰 peak는 galacturonic acid만으로 된 다당류인데 비해 혼합효소액을 처리한 것은 anthrone 비색법[30]와 carbazole 비색법[31]에서 다같이 양성반응이므로 galacturonic acid와 중성당 복합체인 것으로 생각된다. 이는 Knee[39]의 보고와 같이 β -galactosidase는 pectin질의 galactan 측쇄결합을 분해하고 이는 polygalacturonase의 작용을 보다 용이하게 해주기 때문이라고 생각된다. 분자량이 작은 peak(fraction No. 30~50)는 anthrone과 carbazole 비색법의 흡광도의 비가 일정한 것으로 보아 galacturonic acid와 중성당이 일정한 비율로 구성되어 있는 것으로 생각된다.

Fig. 4는 무처리구의 chromatogram을 나타낸 것으로 fraction No. 33~48에서 한 개의 peak만 존재하였다.

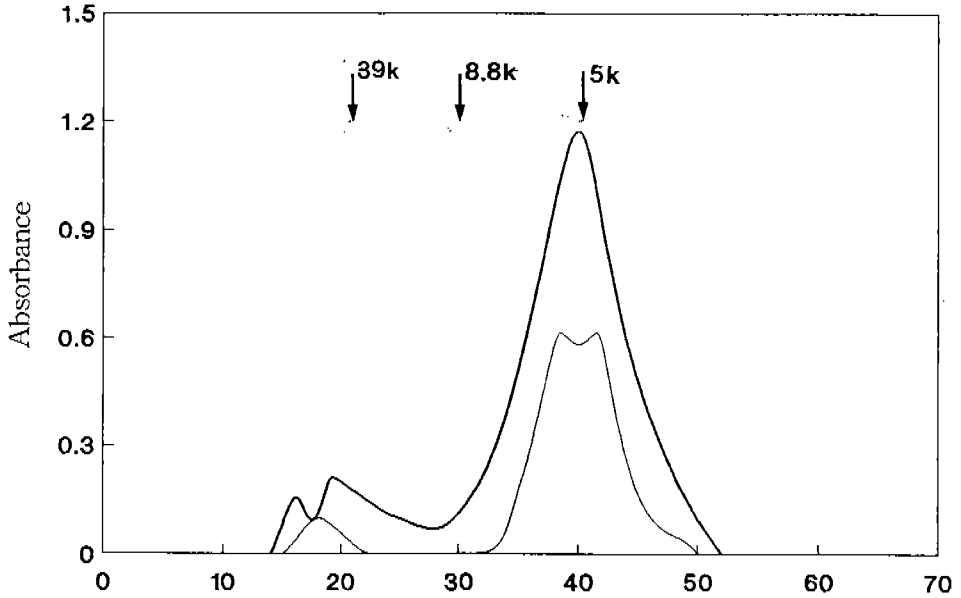


Fig. 3 Chromatograms of polysaccharides in soluble material isolated from cell wall treated with mixed enzyme on Sephadex G-50 gel filtration

— : Anthrone test(620nm),
 - - : Carbazole test(530nm)

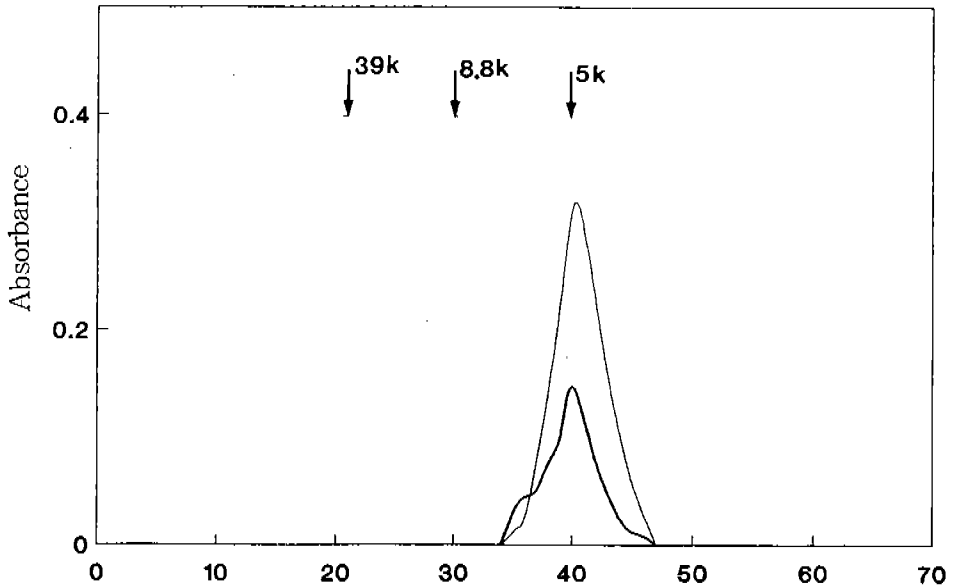


Fig. 4 Chromatograms of polysaccharides in soluble material isolated from cell wall treated with cell wall-degrading enzymes on Sephadex G-50 gel filtration

— : Anthrone test(620nm),
 - - : Carbazole test(530nm)

Sephacryl S-500 column에 의한 pectin질의 분획

세포벽에 분해효소를 처리한 후 추출한 pectin질의 변화를 조사하고자 Sephacryl S-500 column으로 분획한 결과는 Fig. 5와 같다. 무처리구와 β -galacto-

sidase 처리구는 비록 함량에는 다소 차이가 있었으나 chromatogram의 모양과 분자량이 유사하였고, polygalacturonase와 혼합효소처리구의 chromatogram과는 상당한 차이가 있었다. Polygalacturonase 처

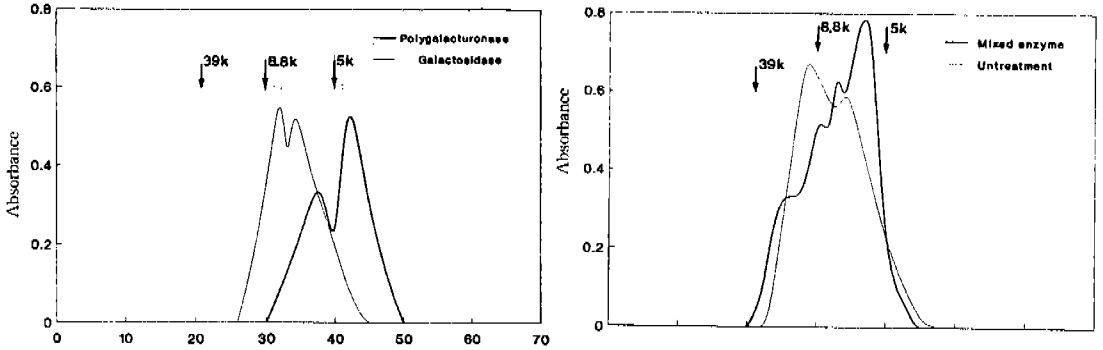


Fig. 5 Chromatograms of soluble pectin isolated from cell wall-degrading enzymes on Sephacryl S-500 gel filtration

리구의 chromatogram에서도 fraction No. 32~50 사이에 두 개의 peak가 분리되었고 무처리구와 β -galactosidase 처리구에 비해 상당히 저분자화 되었다. 이는 세포벽성분이 polygalacturonase의 작용에 의해 middle lamella를 구성하는 pectin질이 분해되어 저분자화된 결과로 생각된다. 혼합효소처리구의 chromatogram은 fraction No. 20~25사이의 4개의 peak로 분획되었고 저분자 다당류의 함량이 높았다.

유리 다당류의 비색유성 중성당의 조성

*in vitro*에서 세포벽 polygalacturonase를 처리하였을 때 유리되는 다당류를 Sephadex G-50 column으로 분리한 분획의 비색유성 중성당의 조성을 조사한 결과(Table 1), fraction I은 rhamnose만 0.20mg/100mg이 존재하였으며, Fig.

2에서 보는 바와 같이 carbazole 비색법에 양성반응이었으나 anthrone 비색법에서는 음성반응이었으므로 fraction I의 다당류는 rhamnose를 소량 함유한 rhamnagalacturonan일 것으로 사료된다. Fraction II와 III은 fucose를 제외한 6종의 중성당 함량이 0.20~2.38mg/100mg이고 총 중성당은 각각 4.65, 4.96mg/100mg이었으며 carbazole 비색법과 anthrone 비색법에서 다같이 양성반응이었으므로 여러 당이 복합된 여러 종류의 다당류일 것으로 생각된다.

β -galactosidase를 처리한 세포벽 가용성 물질을 Sephadex G-50 column으로 분리한 분획의 중성당의 조성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. Fraction I의 중성당 조성을 보면 arabinose와 galactose가 각각 2.52, 2.10mg/100mg이었고, rhamnose가 0.22mg/100mg, mannose는 0.04mg/100mg이었으나

fucose, xylose 및 glucose는 검출되지 않았다. 이러한 결과의 Fig. 3의 chromatogram을 고려할 때, fraction I은 소량의 arabinogalactan이 함유된 rhamnogalacturonan인 것으로 생각된다. 그리고 fraction II의 경우는 glucose가 0.40mg/100mg이

고 rhamnose, arabinose, mannose, galactose는 0.01~0.08mg/100mg 정도이며 fucose와 xylose는 검출되지 않았다. 따라서 fraction II는 저분자 다당류일 것으로 사료된다.

Table 1. Compositions of non-cellulosic neutral sugars of polysaccharides in soluble materials isolated from cell wall treated with polygalacturonase on Sephadex G-50 gel filtration.

Fractions	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Xyl	Man	Gal	Glc		
I	0.20	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.20
II	0.28	tr	0.97	0.40	0.20	0.42	2.38	4.65
III	0.23	0.01	1.67	0.60	0.21	0.47	1.77	4.96

*Abbreviations : Rha; rhamnose, Fuc; fucose, Ara; arabinose, Xyl; xylose, Man; mannose, Gal; galactose, Glc; glucose

nd : means not detected

tr : means trace

I, II and III means fraction No. 15~27, fraction No. 28~27 and fraction No. 38~60 in Fig. 2, respectively.

Table 2. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in soluble materials isolated from cell wall treated with β -galactosidase on Sephadex G-50gel filtration.

Fractions	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Xyl	Man	Gal	Glc		
I	0.22	nd	2.52	nd	0.04	2.10	nd	4.88
II	0.08	nd	0.01	nd	0.03	0.02	0.40	0.54

*Abbreviations are the same as described Table 1.

I and II means fraction No. 17~23 and fraction No. 37~55 in Fig. 2, respectively.

Table 3은 혼합효소액을 처리한 가용성 물질을 분획하여 중성당 조성을 조사한 결과, fraction I, II 및 III의 구성 중성당 조성은 다같이 7종의 중성당이 검출되었으며, 이들 중에 rham-

nose, arabinose, glucose는 증가하였다. 그리고 polygalacturonase 단독으로 처리한 것에 비해 rhamnose의 함량비가 높은 반면 arabinose의 함량비는 낮았다.

Table 3. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in soluble materials isolated from cell wall treated with mixed enzyme on Sephadex G-50 gel filtration.

Fractions	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Xyl	Man	Gal	Glc		
I	1.63	0.08	0.092	0.20	0.21	0.36	0.80	4.20
II	1.32	0.17	0.67	0.28	0.49	0.27	1.38	4.58
III	1.23	0.06	0.57	0.60	0.31	0.17	1.87	4.81

*Abbreviations are the same as described Table 1.

I, II and III mean fraction No. 15~18, fraction No. 19~28 and fraction No. 29~55 in Fig. 3, respectively.

Table 4는 세포벽분해효소를 처리하지 않고 완충 용액에 추출한 세포벽을 현탁시켜 효소처리와 동일한 조건으로 처리하여 얻은 가용성 물질을 Sephadex G-50 column으로 분리한 분획

의 중성당 조성을 조사한 결과 glucose와 galactose가 각각 0.27, 0.17mg/100mg이고 다른 중성당은 극히 소량이 존재하였다.

Table 4. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in soluble materials isolated from cell wall-degrading enzymes on Sephadex G-50 gel filtration.

Fractions	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Xyl	Man	Gal	Glc		
I	tr	nd	0.01	tr	tr	0.17	0.27	0.45

*Abbreviations are the same as described Table 1.

I means fraction No. 33~48 in Fig. 4.

요 약

세포벽분해효소인 polygalacturonase, β -galactosidase 및 polygalacturonase와 β -galactosidase를 혼합한 효소액을 *in vitro*에서 추출한 감과실의 세포벽에 처리하였을 때 유리 다당류와 가용성 펙틴의 Sephadex G-50에 의한 chromatograms과 비섭유성 중성당의 변화를 조사하였다.

세포벽분해효소를 처리하여 얻은 가용성 Polysaccharides Sephadex G-50 column으로 분획하였을 때 39K와 5K 중합체가 유리되었다. 세포벽의 가용성 펙틴을 Sephacryl S-500 column으로 분획하였을 때 무처리구와 β -galactosidase 처리구에서는 비록 함량에는 다소 차이가 있었으나 chromatogram은 유사하였고, polygalacturonase 처리구가 타 처리구에 비해 가장 저분자화 되었다. Polygalacturonase 처리한 가용성 polysaccharides fraction I의 비섭유성 중성당은 rhamnose만 존재하였고 polysaccharides fraction II와 III은 비섭유성 중성당의 조성은 유사하였고 arabinose, xylose, galactose, glucose의 함량이 높았다. β -Galactosidase 처리구에서의 가용성 polysaccharides fraction I의 중성당 조성은 rhamnose, arabinose, galactose, mannose로 구성되어 있었으며, polysaccharides fraction II는 polysaccharides fraction I에 비해 glucose를 더 많이 함유하고 있었다. 혼합효소 처리구에서의 polysaccharides fraction

I, II 및 III은 7종의 중성당을 함유하며 조성비도 유사하였다.

감사의 글

본 논문은 한국과학재단연구비(KOSEF : 911-1508-041-2) 지원에 의하여 수행된 연구의 일부이며, 한국과학재단에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. Huber, D. J.(1983) The role of cell wall hydrolases in fruit softening. Horticultural Reviews 5, 169.
2. Knee, M. and Bartley, I. M.(1980) Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits. In Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetable, Friend, J. and Rhodes, M. J. C.(eds), Academic Press, London, p. 133.
3. Pressey, R. and Avants, J. K.(1976) Pear polygalacturonase. Phytochemistry, 15, 1349.
4. Hasegawa, S., Maier, V. P., Kaszycki, H. P. and Crawford, J. K.(1969) Polygalacturonase content of dates and its relation to maturity and softness. J. Food Sci., 34, 527-529.

5. Pressey, R. and Avants, J. K.(1978) Difference in polygalacturonase composition of clingstone and freestone peaches. *J. Food Sci.*, 43, 1415.
6. Bartley, I. M.(1978) Exo-polygalacturonase of apple. *Phytochemistry*, 17, 213.
7. Barmore, C. R. and Rouse, A. H.(1976) Pectinesterase activity in controlled atmosphere stored avocado. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 101, 294.
8. Awad, M. and Young, R. E.(1980) Avocado pectinmethylesterase activity in relation to temperature, ethylene and ripening. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105, 638.
9. Hobson, G. E.(1978) Cellulase activity during maturation and ripening of tomato fruit. *J. Food Sci.*, 33, 588.
10. Awad, M. and Young, R. E.(1979) Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase and pectinmethylesterase in avocado(*Persea Americana* Mill, cv. Fuete) fruits in relation to respiration and ethylene production. *Plant Physiol.*, 64, 306.
11. Ahmed, A. E. and Labavitch, J. M.(1980) Cell wall metabolism in ripening fruit. II. Changes in carbohydrate degrading enzymes in ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.*, 65, 1014.
12. Pressey, R.(1983) β -Galactosidase in ripening tomatoes. *Plant Physiol.*, 71, 132.
13. Tucker, G. A. and Grierson, D.(1980) Fruit ripening. In *The Biochemistry of Plants*, Stumpf P. K. and Conn E. E. Vol. 12, 265.
14. 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, Pp. 123.
15. Huber, D. J.(1983) Polyuronide degradation and hemicellulose modification in ripening tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108(3), 405.
16. Knee, M.(1973) Polysaccharides and glycoprotein of apple fruit cell wall. *Phytochemistry*, 12, 637.
17. Bartley, I. M.(1975) Changes in the glucans of ripening apples. *Phytochemistry*, 15, 625.
18. Gross, K. C., Watada, A. E., Kang, M. S., Kim, S. D., Kim, K. S. and Lee, S. W.(1986) Biochemical changes associated with the ripening of hot pepper fruit. *Plant Physiol.*, 66, 31.
19. Gross, K. C. and Saltveit, M. E.(1982) Galactose concentration and metabolism in pericarp tissue from normal and non-ripening tomato fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107(2), 328.
20. 신승렬, 김진구, 김순동, 김광수(1990) 감과실의 성숙과 추숙중의 Polygalacturonase의 활성 변화 및 특성, *한국영양식량학회지*, 19(6), 596.
21. 신승렬, 김진구, 김순동, 김광수(1990) 감과실의 성숙과 추숙중의 β -galactosidase의 활성 변화 및 특성, *한국영양식량학회지*, 19(6), 605.
22. 신승렬, 김순동, 김주남, 김광수(1990) 감과실의 성숙과 추숙중의 세포벽 구성 성분의 변화, *한국식품과학회지*, 22(7), 738.
23. 신승렬, 김순동, 송준희, 김광수(1990) 감과실의 성숙과 추숙중의 세포벽 다당류의 비섭유성 다당류의 변화, *한국식품과학회지*, 22(7), 743.
24. 신승렬, 김주남, 김순동, 김광수(1991) 감과실의 성숙과 추숙중의 열가용성 및 세포벽 단백질의 변화, *한국농화학회지*, 34(1), 38.
25. 신승렬, 송준희, 김순동, 김광수, 감과실의 성숙과 추숙중 조직의 변화, *한국농화학회지*, 34(1), 32.
26. Selvandran, R. R.(1984) Analysis of cell wall material from plant tissues Extraction and purification. *Phytochemistry*, 23(1), 2257.
27. Jarvis, M. C.(1982) The preparation of calcium-bound pectin in plant cell walls. *Planta*, 154, 344.

28. 신승렬, 송준희, 김주남, 김광수, 세포벽분해효소의 처리에 따른 감과실의 세포벽 성분의 변화(전보), 한국영양식량학회지(투고중) 1995.
29. Yamaki, D., Machida, Y. and Kakiuchi, N. (1979) Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant & Cell Physiol.*, 20(2), 311.
30. Spiro, R. G.(1966) Analysis of sugars found in glycoprotein. In *Methods in Enzymology*, Newfeld, E. F. and Ginsburg, V.(eds), Academic Press, New York, Vol. 8, p. 4.
31. Bitter, T. and Muir, H. M.(1962) A modified uronic acid carbazole reaction. *Anan. Bidchem.*, 4, 330.
32. Jones T. m. and Albersheim, P.(1972) A gas chromatographic method for the determination of aldose uronic acid constituents of plant cell wall polysaccharides. *Plant Physiol.*, 49, 926(1972).
33. Blakeney, A. B., Harris, P. J., Henry, R. t. and Stone, B. A.(1983) A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharide analysis. *Carbohydr. Res.*, 113, 291.
34. Wallner, S. J. and Bloom, H. L.(1977) Characteristics of tomato cell wall degradation in vitro. Implication for the study of fruit softening enzymes. *Plant Physiol.*, 60, 207.
35. Gross, K. C. and Wallner, S. J.(1979) Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. *Plant Physiol.*, 63, 117.
36. Wallner, S. J. and Walker, J. E.(1975) Glycosidases in cell wall-degrading extracts of ripening tomato fruit. *Plant Physiol.*, 55, 94.
37. Bartley, I. M.(1974) β -Galactosidase activity in ripening apple. *Phytochemistry*, 13, 2107.
38. Bartley, I. M.(1977) A further study of β -galactosidase activity in apple ripening in storage. *J. Exper. Bot.*, 28, 943.
39. Knee, M. Properties of polygalacturonate and cell cohesion in apple fruit cortical tissue. *Phytochemistry*, 17, 1257.