

## 세포벽 분해효소의 처리에 따른 감과실의 세포벽 구성 비섬유성 중성당의 변화

김광수<sup>†</sup> · 신승렬\* · 송준희\*\* · 정용진\*\*\*

영남대학교 식품영양학과, \*경산대학교 식품과학과

\*\*대구전문대학 식품영양과, \*\*\*동국전문대학 전통발효식품과

### Changes in the Non-cellulosic Neutral Sugars of Cell Wall of Persimmon Fruit by Treatment of Cell Wall-Degrading Enzymes

Kwang-Soo Kim<sup>†</sup>, Seung-Ryeul Shin\*, Jun-Hee Song\*\* and Young-Jin Jeong\*\*\*

Dept. of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan 712-749, Korea

\*Dept. of Food Science, Kyungsan University, Kyungsan 712-715, Korea

\*\*Dept. of Food and Nutrition, Daegu Junior College, Daegu 705-030, Korea

\*\*\*Dept. of Traditional Fermented Food, Tongkuk Junior College, Chilgok 718-850, Korea

#### Abstract

This paper was performed to investigate the changes of non-cellulosic neutral sugars composition in cell wall of persimmon fruit by treatment of cell wall degrading enzyme *in vitro*. Rhamnose, xylose and galactose in cell wall by polygalacturonase treatment, arabinose, galactose and rhamnose in cell wall by mixed enzyme treatment and arabinose and galactose in cell wall by  $\beta$ -galactosidase treatment decreased, respectively. Non-cellulosic neutral sugars of pectins extracted cell wall by enzyme treatments decreased and those by polygalacturonase treatment decreased remarkably. Rhamnose, arabinose and xylose in hemicellulose I of cell wall by polygalacturonase treatment were higher than those of untreated, and rhamnose and xylose in that by  $\beta$ -galactosidase treatment were higher but arabinose, mannose and galactose decreased. Xylose, mannose and glucose in that by mixed enzyme treatment were higher than those of untreated and arabinose and galactose decreased. Contents of total non-cellulosic neutral sugars in hemicellulose of untreated, and contents xylose, and glucose in hemicellulose II of cell wall by polygalacturonase treatment decreased but those of other treatments were not changed.

**Key words** : persimmon, softening, polygalacturonase,  $\beta$ -galactosidase, non-cellulosic neutral sugar

#### 서 론

과실은 성숙 및 저장 중에 세포벽분해효소인 polygalacturonase<sup>1-4)</sup>, cellulase<sup>5,6)</sup>, glycosidase<sup>7,8)</sup>, pectinmethyl-esterase<sup>9,10)</sup> 등의 활성이 증가하며, 이들 효소의 작용으로 세포벽 성분이 분해, 유리되어 세포벽 구조가 변화됨으로써 연화현상이 일어난다<sup>11-14)</sup>. 특히 polygalacturonase는 세포벽 middle lamella의 구성 성분인 pectin질을 분해하여 가용성 polyuronide를 유리<sup>15,16)</sup>시키며,  $\beta$ -galactosidase는 pectin질의 측쇄인 galactan과 arabino-

galactan을 분해하여 galactose와 arabinose를 유리시킨다<sup>11,14)</sup>. 이때 middle lamella의 구성성분인 pectin질이 용해됨으로써 middle lamella의 붕괴현상이 일어난다<sup>17-19)</sup>. 과실의 세포벽에 함유된 galactose와 arabinose는 galactan과 arabinogalactan 형태로 펙틴과 측쇄결합을 하고 있으며 성숙과 연화 중에 함량이 감소하고 유리 galactose와 arabinose가 증가한다<sup>20-23)</sup>. Knee<sup>20)</sup>는 사과와 연화 중에 세포벽으로부터 arabinose와 galactose가 유리된다고 하였고, Ahmed와 Labavitch<sup>11)</sup>는 복숭아의 성숙 동안에 arabinose가 50% 감소하며 pectic arabinan 형태로 유리된다고 하였다. Bartley<sup>11)</sup>는  $\beta$ -galactosidase를 사과조직에 처리하였을 때 연화시와 같이

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

galactose가 유리된다고 하였고, Knee<sup>23)</sup>도 wall-bound enzyme을 처리하였을 때는 galactose와 arabinose가 유리되었다고 보고하였다. Gross와 Wallner<sup>24)</sup>는 정상 토마토에서는 연화 중에 galactose와 arabinose가 유리되고, 변이종 토마토에서는 pectin의 가용화현상은 일어나지 않지만 galactose와 arabinose의 유리현상이 일어난다고 하였다.

감과실의 연화현상에 관한 연구에 의하면 감과실은 성숙말기에 세포벽분해효소인 polygalacturonase<sup>25)</sup>와  $\beta$ -galactosidase<sup>26)</sup>의 활성이 증가하고, 세포벽과 pectin질의 함량이 감소하며 성숙 동안에 증가한 알카리 가용성 hemicellulose가 연지에서 현저히 감소하는 반면 산 가용성 hemicellulose는 증가하였으며<sup>24)</sup>, 비섬유성 중성당인 galactose와 arabinose의 감소<sup>25)</sup>와 더불어 세포벽단백질이 유리<sup>26)</sup>되었다. 또한 전자현미경으로 관찰한 바에 의하면 성숙 중에 세포간극이 발달하고, 세포간극에서 pectin질로 구성되어 있는 middle lamella가 분리되는<sup>27)</sup> 등의 변화가 관찰되었다. 전보<sup>28)</sup>에서는 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase를 *in vitro*에서 추출한 세포벽에 처리하였을 때, polygalacturonase 처리구에서 세포벽과 pectin의 분해정도가 높았으며  $\beta$ -galactosidase 처리구에는 뚜렷한 변화가 없었다.

따라서 본 연구는 이상의 결과를 토대로 하여 감과실의 연화현상에 관여하는 세포벽분해효소인 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase를 단독 혹은 혼합하여 (polygalacturonase +  $\beta$ -galactosidase ; 혼합효소액) 단감으로부터 추출한 세포벽에 *in vitro*에서 처리하여 세포벽 다당류를 구성하고 있는 비섬유성 중성당의 변화를 연구하여 감과실의 연화현상에 대한 이들 세포벽분해효소의 작용을 보다 구체적으로 구명하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용한 실험재료는 경남 창녕군에서 재배한 부유종 완속 단감 (*Diospyros kaki*, L)을 완숙기 (개화 후 155~160일 경)에 수확한 재료로 사용하였다.

### 세포벽 추출 및 효소 처리

세포벽 추출은 Selvendran<sup>29)</sup>과 Jarvis<sup>30)</sup>의 방법에 따라 과육 100g에 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.

### 효소 처리

효소 처리는 Themmen 등<sup>31)</sup>이 행한 방법에 준하여 행하였다. 즉, 추출한 세포벽 2g을 0.2% sodium azide를 함유한 sodium acetate buffer 100ml에 현탁시킨 다음, polygalacturonase (from *Aspergillus niger*)는 pH 4.0,  $\beta$ -galactosidase (from *Aspergillus niger*)는 pH 6.0, polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase 혼합효소액과 무처리구는 pH 5.5로 조절하여 30°C에서 3시간 처리하였다. 각 세포벽분해효소의 양은 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase는 각각 100unit, 혼합효소액은 각 효소 50unit씩으로 혼합하여 사용하였다. 처리한 세포벽은 여과하여 가용성 물질과 불용성 물질로 나누어서 분석용 시료로 하였다.

### 세포벽 분획

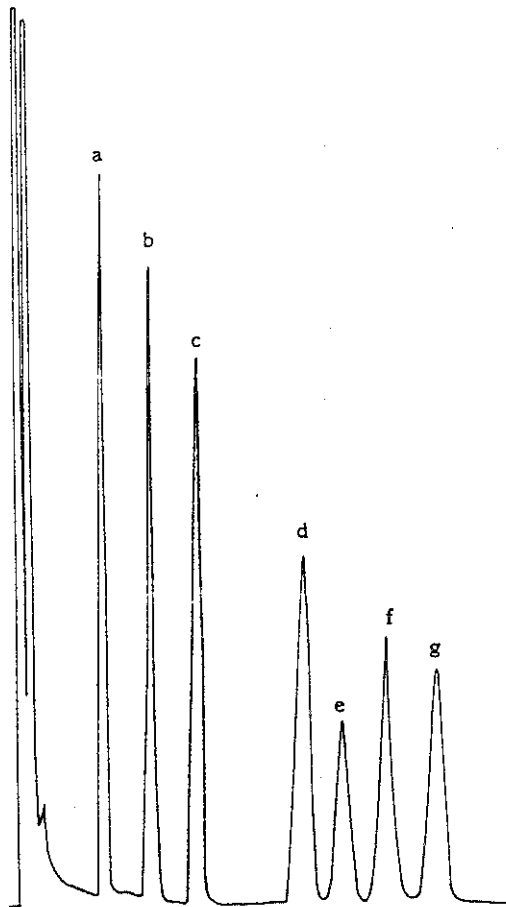
세포벽 다당류의 분획은 Yamaki 등<sup>32)</sup>이 행한 방법에 따라 일정량의 세포벽을 0.05M EDTA용액 100ml에 현탁시켜 80°C에서 30분간 용출 분리한 것을 pectin질로 하였고, 잔사에 2N KOH용액으로 5시간 용출 분리한 것을 hemicellulose I이라고 하였고, hemicellulose II는 잔사에 4N KOH로 용출 분리한 것으로 하였으며, 남은 잔사를 cellulose로 하였다. 각 세포벽 성분을 증류수에서 72시간 투석한 것을 비섬유성 중성당 분석용 시료로 사용하였다.

### 세포벽 다당류의 비섬유성 구성당의 정량

각 세포벽 다당류의 비섬유성 구성당의 정량은 Jones와 Albersheim<sup>33)</sup>, Blakeney 등<sup>34)</sup>의 방법에 따라 gas chromatography로 분리, 정량하였다. 즉 세포벽 성분 10mg에 0.5mg/ml myo-inositol을 함유한 2N TFA용액 1ml를 가하여 121°C에서 1시간 autoclave하여 불용성 잔사를 제거한 다음 50°C, N<sub>2</sub> 기류하에서 건조시킨 후 1N NH<sub>4</sub>OH와 NaBH<sub>4</sub>(NaBH<sub>4</sub> 2g을 dimethyl sulfoxide 100ml에 용해한 용액)로 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 가해 잘

**Table 1. Instrument and operating conditions for the determination of alditol acetates by gas chromatography**

Instrument	
GC	Pye Unicam Series 304
Integrator	Pye Unicam PU4810 computing integrator
Column	4mm (ID.) x 2.7 glass column
Column support	GP 3% SP-2330 on 100~120 mesh Supelcoport
Detector	F.I.D.
Conditions	
Column temp.	225° C
Detector temp.	250° C
Carrier gas	Nitrogen, 30ml/min.
Chart speed	2.5/min.
Attenuation/Range	1024 x 3 <sup>2</sup> /1 x 10 <sup>2</sup>



**Fig. 1. Gas chromatograms of standard alditol acetates.**  
 a; rhamnitol, b; arabitol, c; xylitol  
 d; mannitol, e; galacitol, f; glucitol  
 g; myo-inositol (internal standard).

혼합하여 수시간 방치한 다음 하층액을 분석용 시료로 하여 gas chromatography로 정량하였다. 이때 gas chromatography의 조건과 표준 alditol acetate의 chromatograms은 각각 Table 1과 Fig. 1과 같다.

**결과 및 고찰**

**세포벽의 비섬유성 중성당의 변화**

세포벽분해효소를 처리한 세포벽 구성 비섬유성 중성당의 조성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. Polygalacturonase 처리구에서는 무처리구에 비해 rhamnose, arabinose, xylose, mannose 함량이 낮고 glucose는 다소 증가하였으며, β-galactosidase 처리구는 무처리구에 비해 galactose 함량이 낮은 반면 arabinose와 glucose의 경우는 높았고, polygalacturonase 처리구에 비해 대부분의 중성당 함량이 높았다. 그리고 혼합효소 처리구에서는 galactose와 arabinose의 함량이 낮았고 다른 중성당의 함량은 무처리구, β-galactosidase 처리구와 유사한 경향이였다. Arabinose와 galactose의 변화를 보면 arabinose는 polygalacturonase 처리시에 현저히 함량이 낮은 반면 β-galactosidase 처리시에는 오히려 높았으며, galactose는 β-galactosidase 처리시에 감소하였으나 polygalacturonase 처리에 뚜렷한 변화가 없었다. 또한 혼합효소 처리구에서는 arabinose와 galactose 모두가 감소하였다. 총 중성당의 함량은 무처리구에서 3.47 mg/100mg이었고, β-galactosidase 처리구와 혼합효소 처리구는 각각 3.25, 2.76mg/100mg인 반면 polygalacturonase 처리구는 1.44mg/100mg으로 가장 낮았다.

과실의 성숙과 저장 중에 세포벽다당류인 pectin과 hemicellulose는 분해되어 저분자의 polysaccharide로 유리되고 galactose와 arabinose가 유리되는데 이는 생체에 존재하는 세포벽분해효소의 작용에 의해서 일어난다. 세포벽분해효소인 polygalacturose<sup>2-4</sup>와 β-galactosidase<sup>7,8</sup>는 대부분의 과실에 존재하며 성숙과 연화 중에 활성이 증가하고, 세포벽 구성 다당류를 분해하여 연화를 촉진한다<sup>12,13</sup>. 즉 polygalacturonase는 세포벽 middle lamella를 구성하는 pectin질의 polygalacturonan을 분해하여 가용성 polyuronide를 유리함으로써 pectin질의 가용화를 초래하고<sup>15,16</sup>, β-galactosidase는 pectin질의 측쇄인 galactan이나 arabinogalactan을 분해하여 galactose를 유리시키고 polygalacturonase의 작용을 용이하게 함으로써 과실의 연화를 촉진시킨다

<sup>12)</sup> Ahmed와 Labavitch<sup>11</sup>는 arabinose는 연화 중에 polygalacturonase에 의해 pectin이 분해되어 pecticarabinan형

태로 유리되고 galactose는  $\beta$ -galactosidase에 의해 pectin의 측쇄결합인 arabinogalactan이 분해되어 유리 galactose형태로 유리된다고 하였다.

#### 가용성 물질의 비섬유성 중성당의 변화

Table 3은 추출한 세포벽에 세포벽분해효소를 처리한 후에 유리되는 가용성 물질의 비섬유성 중성당의 조성을 조사한 결과이다. 무처리구는 glucose가 총 중성당 함량의 절반을 차지하고 다른 중성당의 함량은 낮았다. Polygalacturonase 처리구는 glucose가 1.71mg/100mg으로 총 중성당의 절반 이상을 차지하며 무처리구에 비해 arabinose, xylose, mannose 및 galactose의 함량이 높았으며,  $\beta$ -galactosidase 처리구에서 중성당의 변화는 polygalacturonase 처리구와 유사한 경향이었으나 함량이 다소 낮았다. 혼합효소 처리구에서는 galactose가 0.67mg/100mg으로 다른 처리구 보다 월등하게 높

은 것이 특징이었고 다른 중성당은 뚜렷한 변화가 없었다. 또한 glucose, arabinose, galactose, mannose 및 xylose는 무처리구에 비해 세포벽분해효소 처리구에서 함량이 높았는데 이는 세포벽분해효소에 의한 세포벽 다당류의 분해 결과로 생각된다. 효소 처리구에서 arabinose와 galactose의 증가는 polygalacturonase가 pectin을 분해하고  $\beta$ -galactosidase에 의해 pectin의 측쇄인 galactan과 arabinogalactan을 분해한 결과로 사료된다. 그리고 glucose의 변화가 현저하였는데 이에 대한 보다 구체적인 연구가 요망된다.

#### Pectin질의 비섬유성 중성당의 변화

세포벽분해효소를 처리한 세포벽 성분으로부터 분획한 pectin질의 중성당의 변화를 조사한 결과는 Table 4와 같으며, 무처리구에서 pectin질의 주요 중성당은 rhamnose, arabinose, galactose이고, 총 중성당의 함량

Table 2. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in cell wall treated with cell wall-degrading enzymes

Treatments	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Untreated	0.27	0.12	0.44	0.60	0.37	0.25	0.42	3.47
Polygalacturonase	0.09	0.06	0.04	0.18	0.26	0.28	0.53	1.44
$\beta$ -Galactosidase	0.27	0.26	0.88	0.57	0.33	0.18	0.76	3.25
Mixed enzyme**	0.25	0.18	0.26	0.52	0.34	0.18	1.03	2.76

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

\*\*Mixtures of polygalacturonase and  $\beta$ -galactosidase

Table 3. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in soluble material extracted from cell wall treated with cell wall-degrading enzymes

Treatments	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Untreated	0.08	0.04	0.06	0.05	0.07	0.10	0.35	0.75
Polygalacturonase	0.01	0.09	0.33	0.16	0.26	0.23	1.71	2.79
$\beta$ -Galactosidase	0.02	0.08	0.12	0.14	0.26	0.23	0.79	1.64
Mixed enzyme**	0.12	0.09	0.32	0.15	0.16	0.67	1.41	2.92

\*Abbreviations are the same as described in Table 2

\*\*Mixtures of polygalacturonase and  $\beta$ -galactosidase

Table 4. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in pectin fraction extracted from cell wall treated with cell wall-degrading enzymes

Treatments	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Untreated	1.45	tr	1.52	0.37	0.23	1.31	0.42	3.80
Polygalacturonase	1.09	0.02	0.31	0.15	0.11	0.44	0.42	2.34
$\beta$ -Galactosidase	1.05	0.06	0.65	0.32	0.24	0.86	0.44	3.62
Mixed enzyme**	0.12	0.02	0.22	0.05	0.05	0.18	0.11	0.75

\*Abbreviations are the same as described in Table 2

\*\*Mixtures of polygalacturonase and  $\beta$ -galactosidase, tr ; trace

은 3.80mg/100mg이었다. 혼합효소 처리구에서는 다 같이 rhamnose, arabinose, galactose가 감소하는 경향이며, polygalacturonase 처리구에서 보다 뚜렷하게 감소하였다. 이는 polygalacturonase는 pectin질의 주요 구성 물질인 rhamnogalacturonan을 무작위로 분해하여 저분자의 polyuronide를 유리하고<sup>12,13</sup>,  $\beta$ -galactosidase는 pectin질의 측쇄인 galactan이나 arabinogalactan을 분해하여 galactose를 유리한다는 보고<sup>12,16</sup>와 깊은 관련이 있을 것으로 생각된다. 또한 혼합효소 처리구에서는 두 단독 처리구 보다 현저한 변화가 있으며 중성당 전부가 감소하여 총 중성당의 함량이 0.75mg/100mg이었다. 이는 polygalacturonase와  $\beta$ -galactosidase는 단독으로 작용하는 것 보다 복합적으로 작용하는 것이 세포벽 성분의 변화에 큰 영향을 주는 것으로 사료된다.

#### Hemicellulose의 비섬유성 중성당의 변화

Table 5는 hemicellulose fraction I의 비섬유성 중성당의 조성을 조사한 결과이다. Polygalacturonase 처리구는 무처리구에 비해 rhamnose, arabinose, xylose, glucose의 함량이 높았고 총 중성당은 무처리구가 15.79 mg/100mg인데 비해 polygalacturonase 처리구는 27.20mg/100mg으로 높았다.  $\beta$ -Galactosidase 처리구는 무처리구에 비해 rhamnose와 xylose는 증가하고 arabi-

nose, mannose, galactose는 감소하였고, polygalacturonase 처리구 보다는 대부분의 중성당 함량이 낮았다. 혼합효소 처리구에서는 xylose, mannose, glucose의 함량이 무처리구에서 보다 높았고 arabinose와 galactose는 낮았다.

이상의 결과를 고려할 때, hemicellulose fraction I의 구성성분 중 xylomannan과 xyloglucan은 polygalacturonase에 직접적인 작용은 받지 않지만 pectin질이 분해됨으로써 간접적인 영향을 받아 저분자화되어 유리된 것으로 생각되며,  $\beta$ -galactosidase를 함유한 처리구에서 galactose와 arabinose의 감소는 측쇄결합인 arabinogalactan이 분해된 결과로 사료된다.

Hemicellulose fraction II의 비섬유성 중성당의 조성을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 무처리구의 주요 중성당은 glucose, xylose, mannose, galactose이며 총 중성당 함량은 30.51mg/100mg이었다. 세포벽분해효소의 처리에 따른 hemicellulose fraction II의 비섬유성 중성당의 변화는 polygalacturonase 처리구에서는 xylose와 glucose가 감소하였으며 이외에 다른 중성당은 뚜렷한 변화가 없었다. 이는 고분자 다당류인 hemicellulose fraction II는 효소에 큰 영향을 받지 않는 것으로 사료된다.

Table 5. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in hemicellulose fraction I extracted from cell wall treated with cell wall-degrading enzymes

Treatments	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Untreated	0.32	0.61	3.14	2.16	3.01	3.52	4.03	15.79
Polygalacturonase	1.79	1.36	5.22	7.23	2.86	4.44	5.40	27.20
$\beta$ -Galactosidase	1.43	0.50	1.02	3.26	1.24	2.34	4.58	14.36
Mixed enzyme**	0.63	0.41	2.45	6.82	4.21	1.43	5.56	21.21

\*Abbreviations are the same as described in Table 2

\*\*Mixtures of polygalacturonase and  $\beta$ -galactosidase

Table 6. Compositions of non-cellulosic neutral sugars in hemicellulose fraction II extracted from cell wall treated with cell wall-degrading enzymes

Treatments	Non-cellulosic neutral sugars*(mg/100mg)							Total neutral sugars
	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Gal	Glc	
Untreated	0.42	1.14	1.97	8.40	4.02	3.82	10.54	30.51
Polygalacturonase	tr	tr	1.25	3.46	2.15	2.09	8.27	17.22
$\beta$ -Galactosidase	tr	0.60	1.22	5.05	2.63	3.63	10.41	23.54
Mixed enzyme**	0.96	0.54	2.72	4.32	3.85	2.89	5.52	20.80

\*Abbreviations are the same as described in Table 2

\*\*Mixtures of polygalacturonase and  $\beta$ -galactosidase, tr; trace

## 요 약

추출한 감과실의 세포벽에 polygalacturonase,  $\beta$ -galactosidase 및 이들의 혼합한 효소액을 *in vitro*에서 처리하여 세포벽 구성 비섬유성 중성당의 변화를 연구, 검토하였다. 세포벽 구성 비섬유성 중성당의 변화는 효소 처리구에서 무처리구 보다 많았으며, polygalacturonase 처리구에서는 rhamnose, xylose, galactose 등이 감소하였고, 혼합효소 처리구에서는 arabinose, galactose, rhamnose, xylose 등이 감소하였으며,  $\beta$ -galactosidase 처리구에서 arabinose, galactose 등이 감소되었다. Pectin의 비섬유성 중성당은 모든 효소처리구에서 rhamnose, galactose, arabinose가 현저히 감소하였으며, 특히 polygalacturonase 처리시에 보다 현저하게 감소하였다. Hemicellulose I의 경우 polygalacturonase 처리구는 rhamnose, arabinose, xylose의 함량이 무처리구에 비해 높았으며,  $\beta$ -galactosidase 처리구에서는 rhamnose와 xylose의 함량은 높았고 arabinose, mannose, galactose는 감소하였다. 혼합효소 처리구에서는 xylose, mannose, glucose가 높은 반면 arabinose와 galactose는 낮았다. 한편 hemicellulose II에서 비섬유성 중성당의 변화는 polygalacturonase 처리구에서 xylose와 glucose가 감소하였으나 다른 처리구에서는 뚜렷한 변화가 없었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 polygalacturonase는 pectin을 분해함으로써 arabinose, galactose, rhamnose를 유리하고,  $\beta$ -galactosidase는 galactan과 arabinogalactan을 분해하여 galactose와 arabinose를 유리시키는 것으로 사료된다.

## 감사의 글

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

## 문 헌

- Tucker, G. A. and Grierson, D. : Synthesis of polygalacturonase during tomato fruit ripening. *Planta*, **155**, 64(1982)
- Pressey, R., Hinton, P. M. and Avants, J. K. : Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. Food Sci.*, **36**, 1070(1971)
- Pressey, R. and Avants, J. K. : Pear polygalacturonase. *Phytochemistry*, **15**, 1349(1976)
- 신승렬, 김진구, 김순동, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중의 polygalacturonase의 활성 변화 및 특성. *한국영양식량학회지*, **19**, 596(1990)
- Hobson, G. E. : Cellulase activity during maturation and ripening of tomato fruit. *J. Food Sci.*, **33**, 588(1978)
- Hinton, D. M. and Pressey, R. : Cellulase activity in peaches during ripening. *J. Food Sci.*, **39**, 783(1965)
- Wallner, S. J. and Walker, J. E. : Glycosidases in cell wall-degrading extracts of ripening tomato fruit. *Plant Physiol.*, **55**, 94(1975)
- 신승렬, 김진구, 김순동, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중의  $\beta$ -galactosidase의 활성 변화 및 특성. *한국영양식량학회지*, **19**, 605(1990)
- Hobson, G. E. : Pectinesterase in normal and abnormal tomato fruit. *J. Biochem.*, **86**, 358(1963)
- Ahmed, A. E. and Labavitch, J. M. : Cell wall metabolism in ripening fruit. II. Changes in carbohydrate degrading enzymes in ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.*, **65**, 1014(1980)
- Ahmed, A. E. and Labavitch, J. M. : Cell wall metabolism in ripening fruit. I. Cell wall changes in the ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.*, **65**, 1009(1980)
- Hobson, G. E. : 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(1981)
- Tucker, G. A. and Grierson, D. : Fruit ripening. In "The Biochemistry of Plants" Stumpf, P. K. and Conn, E. E. (eds.), Academic press, New York, Vol. 12, p.265(1980)
- Knee, M. and Bartley, I. M. : Composition and metabolism of cell wall polysaccharides in ripening fruits. In "Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables" Friend, J. and Rhodes, M. J. C. (eds.), Academic Press, London, p.133(1980)
- Shewfelt, A. L., Payter, V. A. and Jen, J. J. : Textural changes and molecular characteristics of pectin constituent in ripening peaches. *J. Food Sci.*, **36**, 573(1971)
- Knee, M. : Metabolism of polymethylgalacturonate in apple fruit cortical tissue during ripening. *Phytochemistry*, **17**, 1261(1978)
- Ben-Arie, R., Sonogo, L. and Frenkel, C. : Metabolism of the pectic substances in ripening pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **104**, 500(1979)
- Ben-Arie, R., Kislser, N. and Frenkel, C. : Ultrastructural changes in the cell wall of ripening apple and pear fruits. *Plant Physiol.*, **64**, 197(1979)
- Platt-Aloia, K. A., Thomson, W. W. and Young, R. E. : Ultrastructural changes in the walls of ripening avocados : Transmission, scanning and freeze fracture microscopy. *Bot. Gaz.*, **142**, 366(1980)
- Knee, M. : Polysaccharide changes in cell walls of ripening apples. *Phytochemistry*, **12**, 1543(1973)
- Bartley, I. M. : Changes in the glucans of ripening apples. *Phytochemistry*, **15**, 625(1976)
- Knee, M. : Polysaccharides and glycoprotein of apple fruit cell wall. *Phytochemistry*, **12**, 637(1973)
- Gross, K. C. and Wallner, S. J. : Degradation of cell

- wall polysaccharides during tomato fruit ripening. *Plant Physiol.*, **63**, 117(1979)
24. 신승렬, 김순동, 김주남, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중의 세포벽 구성성분의 변화. *한국식품과학회지*, **22**, 738(1990)
  25. 신승렬, 김순동, 송준희, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중의 세포벽 다당류의 비섬유성 당당류의 변화. *한국식품과학회지*, **22**, 743(1990)
  26. 신승렬, 김주남, 김순동, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중 열가용성 및 세포벽 단백질의 변화. *한국농화학회지*, **34**, 38(1991)
  27. 신승렬, 송준희, 김순동, 김광수 : 감과실의 성숙과 추숙중 조직의 변화. *한국농화학회지*, **34**, 32(1991)
  28. 신승렬, 송준희, 김주남, 김광수 : 세포벽분해효소의 처리에 따른 감과실의 세포벽 성분의 변화. *한국영양식품과학회지*, **24**, 242(1995)
  29. Selvandran, R. R. : Analysis of cell wall material from plant tissues extraction and purification. *Phytochemistry*, **23**, 2257(1984)
  30. Jarvis, M. C. : The preparation of calcium-bound pectin in plant cell walls. *Planta*, **154**, 344(1982)
  31. Themmen, A. P. N., Tucker, A. G. and Grierson, D. : Degradation of isolated tomato cell walls by purified polygalacturonase *in vitro*. *Plant Physiol.*, **69**, 122(1982)
  32. Yamaki, S., Machida, Y. and Kakiuchi, N. : Changes in cell wall polysaccharides and monosaccharides during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant and Cell Physiol.*, **20**, 311(1979)
  33. Jones, T. M. and Albersheim, P. : A gas chromatographic method for the determination of aldose uronic acid constituents of plant cell wall polysaccharides. *Plant Physiol.*, **49**, 926(1972)
  34. Blakeney, A. B., Harris, P. J., Henry, R. T. and Stone, B. A. : A simple and rapid preparation of alditol acetates for monosaccharide analysis. *Carbohydr. Res.*, **113**, 291(1983)

(1994년 12월 29일 접수)