

## 성숙중 딸기의 세포벽 비섬유성 중성당 변화

이광희 · 김미현 · 김광수\* · 윤경영\*  
대구과학대학 식품영양과, \*영남대학교 식품영양학과

### Changes in Non-cellulosic Neutral Sugar of Strawberry during Maturation

Kwang-Hee Lee, Mi-Hyun Kim, Kwang-Soo Kim\* and Kyung-Young Yoon\*

Department of Food and Nutrition, Taegu Science College  
\*Department of Food and Nutrition, Yeungnam University

#### Abstract

The changes of non-cellulosic neutral sugar composition of strawberry during maturation were investigated. Arabinose, xylose, galactose and glucose were the main non-cellulosic neutral sugar of cell wall and increased until ripe stage. The main non-cellulosic neutral sugar of alkali soluble hemicellulose were arabinose, xylose, mannose, galactose. The contents of non-cellulosic neutral sugar of alkali soluble hemicellulose were increased during maturation.

**Key words :** strawberry, neutral sugar, cell wall, ripening

#### 서 론

딸기는 품종이 다양하고 그에 따라 맛과 모양이 다양하며 생식뿐 아니라 잼, 젤리, 제과원료, 냉동딸기, 요구르트의 원료 등으로 가공되어 해마다 증가하고 있지만, 과실의 조직이 매우 연하고 상하기 쉬워 저장 중에 품질저하를 초래할 뿐 아니라 가공에 많은 문제점이 있다(1).

연화 중 세포벽 성분의 분해와 유리는 여러 효소의 작용에 기인하는데(2~5), polygalacturonase는 세포벽 middle lamella층의 pectin을 분해시키며(6,7),  $\beta$ -galactosidase는 galactan이나 galactoarabinan을 분해하여 arabinose나 galactose를 유리시킴으로서 middle lamella의 붕괴를 초래한다(2,5). 세포벽중성당의 변화에 관한 연구는 주로 arabinose나 galactose의 유리에 관한 것인

데, Dick과 Labavitch(8)는 배의 연화중에 arabinose, galactose, rhamnose가 유리되며 그들의 분자량은 연화될수록 줄어든다고 보고하였고, Kneeb(9)는 세포벽 가수분해 후 구성중성당의 함량은 40%인데 그 중 75%가 glucose이고 20%는 galactose이며 연화가 진행될수록 그 함량이 감소한다고 보고한 바 있다. Ahmed와 Labavitch(2)는 복숭아의 연화시 arabinose는 50% 감소하고 pecticarabinan의 형태로 유리된다고 하였다. Gross와 Wallner(10)는 변이종 토마토에서 pectin은 유리되지 않지만 arabinose나 galactose가 유리된다고 하였다. 감과 실에서도(11) arabinose나 galactose의 감소와 더불어 세포벽 단백질이 유리됨이 보고된 바 있다. Huber(12)는 딸기의 연화시 hemicellulose의 함량은 증가하지만 구성 성분에는 변화가 없으며 arabinose와 galactose, glucose와 더불어 rhamnose의 함량이 증가한다고 하였다.

본 실험에서는 딸기를 숙도별로 채취해 연화 중에 나타나는 비섬유성 중성당의 변화를 조사함으로써 딸기의 연화현상 연구에 기여하고자 하였다.

Corresponding author : Kwang-Soo Kim, Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Kyungsan, Kyungpook, 712-749, Korea  
E-mail : Kwang@yu.ac.kr

## 재료 및 방법

### 재 료

본 실험에서는 경남 고령군 일대에서 재배한 '보교' 종(*Fragaria grandiflora* Ehrh.) 딸기를 색도 a값(적색도)을 기준으로 속도별로 4단계로 나누어 실험재료로 사용하였다.

### 세포벽의 추출 및 세포벽 다당류의 분획

세포벽 다당류의 분획은 Yamaki 등(13)의 방법에 따라 행하였다. 즉 과육 1,000g에 80% 에탄올을 가하여 균질화 한 후 80℃에서 10분간 증탕하여 효소를 불활성화시키고 80% 에탄올을 3회 여과, 세척하여 동결건조한 것을 알콜불용성 물질(alcohol-insoluble substance; AIS)로 하였다. 알콜불용성 물질에  $\alpha$ -amylase (3-5unit/mg) 1mg/ml와 protease (6-8unit/mg) 1mg/ml를 가하여 24시간 처리한 후 원심분리하여 얻은 잔사를 클로로포름과 메탄올을 1:1로 혼합한 용액에 현탁시켜 수차례 여과, 세척하여 지용성 물질을 제거하고 세포벽 성분(cell wall fraction; CWF)으로 하였다. 세포벽 성분에 150mg NaClO<sub>2</sub>과 빙초산, 증류수 100ml를 가하여 70℃에서 1시간 저어준 후 원심분리하여 얻은 상정액을 리그닌 분획으로 하였고, 잔사를 0.05M EDTA-2Na 용액 100ml에 현탁시켜 80℃에서 30분간 열처리한 다음 10,000xg에서 20분간 원심분리하여 얻은 상정액을 펙틴질로 분획하였다. 잔사는 다시 2N KOH 용액에 현탁시켜 5시간동안 저어준 후에 10,000xg에서 원심분리하여 얻은 상정액을 헤미셀룰로오스 I로 분획하였다. 다시 잔사를 4N KOH에 현탁시켜 헤미셀룰로오스 I과 동일하게 처리하여 헤미셀룰로오스 II를 분획하였고, 남은 잔사를 셀룰로오스 분획으로 하였다. 각 분획은 증류수에서 72시간 투석하여 EDTA와 KOH를 제거하고 동결건조하였다.

### 세포벽 다당류의 비섬유성 중성당의 분리 및 정량

세포벽 다당류의 비섬유성 중성당의 정량은 Jones와 Albersheim(14), Blakeney 등(15)의 방법에 따라 기체 크로마토그래피로 분리, 정량하였다. 세포벽 10 mg에 0.5 mg/ml myo-inositol을 함유한 2N TEA용액 1 ml를 가하여 121℃에서 1시간 동안 분해하여 불용성 잔사를 제거한 다음 50℃, 질소 기류하에서 건조시킨 후 1N NH<sub>4</sub>OH와 NaBH<sub>4</sub> (NaBH<sub>4</sub> 2g을 dimethyl sulfoxide 100 ml에 용해한 용액)로 환원 시켰다. 다시 초산 0.1 ml, 1-methylimidazole 2 ml와 무수초산 2 ml를 가하여 10분간 아세틸화 시켜 alditol acetate 유도체를 만들고 여기

에 증류수 5 ml와 메틸렌 클로라이드 1 ml를 가하여 잘 혼합하여 수시간 방치한 다음 하층액을 분석용 시료로 기체 크로마토그래피(Hewlett packard HP-5890A)로 분리·정량하였다. 이때 컬럼은 GP 3% SP-2330의 100-200 Supelcoport glass column을, 검출기는 F.I.D. detector를 사용하였고, 컬럼온도는 225℃, 주입온도는 250℃, 이동상은 질소로 분당 30 ml이었다.

## 결과 및 고찰

### 알콜 불용성 비섬유성 구성다당류

알콜 불용성 물질의 비섬유성 중성당을 정량한 결과는 Table 1과 같았으며, arabinose, galactose, glucose가 주요 구성당이였다. 완숙기까지는 galactose, glucose의 양이 증가하다가 과숙기에는 미량 감소하였으며, arabinose의 함량은 녹숙기에 6.29 mg/100 mg-AIS에서 과숙기에 2.85 mg/100 mg-AIS으로 감소하였다. 이외에도 rhamnose의 경우, 전체함량은 적었지만 녹숙기에 1.91 mg/100 mg-AIS에서 과숙기에 0.63 mg/100 mg-AIS으로 연화중 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 감(11)에서 연화중 galactose와 glucose의 함량이 증가한다는 보고와 일치하였으며, Huber(12)의 딸기연구에서 알콜 불용성 물질중의 주요 중성당이 galactose와 arabinose라고 한 보고와도 일치하였다.

Table 1. Changes in the non-cellulosic sugar contents of alcohol-insoluble substances extracted from strawberries during maturation

Sugars	Stages of maturation			
	Mature green	Turning	Ripe	Over ripe
Rhamnose	1.91	0.88	1.16	0.63
Fucose	0.56	0.35	0.30	0.20
Arabinose	6.29	2.54	3.58	2.85
Xylose	1.80	0.61	0.74	0.67
Mannose	0.45	0.61	0.75	0.48
Galactose	4.98	5.18	6.01	4.22
Glucose	3.51	6.05	5.31	3.26
Total	19.50	16.22	17.85	12.31

### 세포벽 비섬유성 구성다당류

Table 2는 세포벽의 구성 중성다당류의 변화를 나타낸 것이다. Arabinose의 함량은 녹숙기에 0.78 mg/100 mg에서 과숙기에 2.28 mg/100 mg으로 증가하였으며 galactose와 glucose의 양은 완숙기까지 증가하다가 과숙기에 감소

하였다. 세포벽 구성중성다당류는 알콜불용성 물질과는 달리 xylose의 함량이 많았는데 녹색기에 4.06 mg/100 mg에서 과숙기에 6.86 mg/100 mg으로 증가하였다. 총구성중성당의 함량은 완숙기까지는 많은 증가를 보였고 과숙기에 감소하였다. Huber(12)는 딸기의 연화중 rhamnose의 함량변화가 크다고 보고하여 본 연구결과와 일치하는 경향이였으나 다른 중성당에 비해 그 양이 매우 미미하였다. Woodward(16)는 딸기의 저장중 rhamnose, arabinose, galactose의 함량은 감소하며 그로 인해 경도가 떨어진다고 보고 하였다.

Table 2. Changes in the non-cellulosic sugar contents of cell walls extracted from strawberries during maturation

Sugars	Stages of maturation			
	Mature green	Turning	Ripe	Over ripe
Rhamnose	0.25	0.41	0.45	0.51
Fucose	0.28	0.75	0.57	nd <sup>1)</sup>
Arabinose	0.78	0.76	1.11	2.28
Xylose	4.06	4.27	7.66	6.86
Mannose	1.57	1.24	2.00	1.06
Galactose	1.80	1.53	2.57	1.45
Glucose	5.65	5.11	8.45	3.30
Total	14.39	14.07	22.81	15.46

1) nd ; not detected.

Table 3. Changes in the non-cellulosic sugar contents of pectin fractions extracted from strawberries during maturation

Sugars	Stages of maturation			
	Mature green	Turning	Ripe	Over ripe
Rhamnose	0.16	0.08	0.09	0.10
Fucose	nd <sup>1)</sup>	nd	nd	nd
Arabinose	0.87	0.36	0.56	0.45
Xylose	2.94	1.35	2.62	2.00
Mannose	0.50	0.21	0.70	0.64
Galactose	0.55	0.21	0.61	0.35
Glucose	0.69	0.26	0.61	0.30
Total	5.71	2.47	5.19	3.84

1) nd ; not detected.

펙틴질 비섬유성 구성다당류

Table 3은 펙틴질의 비섬유성 구성중성당의 조성을 나타내었다. 주요 구성당은 xylose와 arabinose이었고, 연화와 더불어 각각 녹색기에 2.94, 0.87 mg/100 mg에서 과숙기에 2.00, 0.45 mg/100 mg으로 함량이 감소하였으며 galactose, glucose, rhamnose의 함량도 감소하였다.

Batisse 등(17)은 체리의 연화중 팩틴양이 증가한다고 보고하여 본 실험의 결과와는 일치하지 않았다.

Table 4. Changes in the non-cellulosic sugar contents of alkali-soluble hemicellulose I extracted from strawberries during maturation (mg/100 mg)

Sugars	Stages of maturation			
	Mature green	Turning	Ripe	Over ripe
Rhamnose	0.67	tr <sup>1)</sup>	tr	tr
Fucose	0.39	0.26	0.17	0.19
Arabinose	0.52	0.42	0.36	0.34
Xylose	2.09	0.50	0.77	0.30
Mannose	0.11	0.05	tr	tr
Galactose	1.28	0.52	0.26	0.24
Glucose	6.82	6.20	2.51	3.30
Total	11.88	7.95	4.07	4.37

1) tr ; trace.

Table 5. Changes in the non-cellulosic sugar contents of alkali soluble hemicellulose II extracted from strawberries during maturation (mg/100 mg)

Sugars	Stages of maturation			
	Mature green	Turning	Ripe	Over ripe
Rhamnose	nd <sup>1)</sup>	0.56	0.11	0.64
Fucose	nd	0.30	0.09	0.31
Arabinose	0.24	0.34	0.26	0.37
Xylose	2.07	6.61	7.03	6.57
Mannose	0.38	1.11	1.30	1.11
Galactose	0.11	0.40	0.46	0.46
Glucose	0.72	2.34	2.57	2.51
Total	3.52	11.66	11.82	11.97

1) nd ; not detected.

알칼리가용성 hemicellulose 비섬유성 구성다당류

알칼리가용성 hemicellulose의 비섬유성 구성당의 변화는 Table 4와 Table 5와 같았다. 알칼리가용성 hemicellulose I의 주요 구성당은 xylose, glucose, galactose 였으며, 연화됨에 따라 xylose와 galactose는 감소하였고 glucose는 완숙기까지는 감소하다가 과숙기에서 3.30 mg/100 mg으로 증가하였다. 총구성당의 함량은 녹색기에 11.88 mg/100 mg이었고 과숙기에 4.37 mg/100 mg으로 현저한 함량의 감소를 보였다. 알칼리가용성 hemicellulose II에서는 xylose, glucose, galactose와 더불어 mannose도 주요 구성당으로 보여진다. Xylose와 mannose의 함량은 녹색기에 2.07과 0.38 mg/100 mg이었고 과숙기에 6.57과 1.11 mg/100 mg으로 급격한 함량의 증가를 보였으며 glucose와 galactose도 그 함량이 증가

하였다. 총구성당은 녹숙기에 3.52 mg/100 mg에서 과숙기에 11.97 mg/100 mg으로 함량의 급격한 증가를 나타내었다. Huber(12)는 딸기의 hemicellulose의 주요구성당의 함량은 연화와 더불어 감소함을 보고했으며 특히 hemicellulose가 딸기의 연화후기에 중요한 역할을 한다고 하였다.

## 요 약

비섬유성 중성당의 조성과 함량을 조사하기 위해 알콜 불용성 물질, 세포벽, 펙틴, 알칼리 가용성 헤미셀룰로오스 I, II순으로 분석하였다. 결과, 알콜 불용성 물질의 비섬유성 중성당은 arabinose, galactose, glucose가 주요 구성당이었으며, 세포벽 구성중성다당류는 xylose와 glucose가 주요 구성당이였다. 펙틴질의 비섬유성 구성중성당은 xylose와 arabinose이였으며, 연화와 더불어 과숙기에 함량이 감소하였고, galactose, glucose, rhamnose의 함량도 감소하였다. 알칼리가용성 헤미셀룰로오스 I의 주요 비섬유성 구성당은 xylose, glucose, galactose였으며, 연화됨에 따라 xylose와 galactose는 감소하였고 glucose는 완숙기까지는 감소하다가 과숙기에서는 증가하였다. 알칼리가용성 헤미셀룰로오스 II에서는 xylose, glucose, galactose 및 mannose가 주요 구성당이였다.

## 참고문헌

1. 유태중 (1985) 봄의 식품, 딸기. 박영사, 식품카르테, p22
2. Ahmed, A.E. and Labavitch, J.M. (1980) Cell wall metabolism in ripening fruit. 1. Cell wall changes in the ripening "Bartlett" pears, *Plant Physiol.*, **65**, 1009-1013
3. Hobson, G.E. (1981) Enzyme 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.123-132
4. Tucker, G.A. and Grierson D. (1980) Fruit ripening. In "The Biochemistry of Plants", Strumpf, P.K. and Conn E.E.(eds.), Academic Press, New York, Vol.12, p.265
5. Knee, M. and Bartly, I.M. (1980) 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.133-148
6. Shewfelt, A.L., Payter, V.A. and Jen, J.J. (1971) Textural changes and molecular characteristics of pectin constituent in ripening peaches. *J. Food Science.*, **36**, 573-575
7. Knee, M. (1978) Metabolism of polymethylgalacturonate in apple fruit cortical tissue during ripening. *Phytochemistry*, **17**, 1261-1264
8. Dick, A.J. and Labavitch, J.M. (1989) Cell wall metabolism in ripening fruit. *Plant Physiol.*, **89**, 1394-1400
9. Knee, M. (1973) Polysaccharides and glycoprotein of apple fruit cell wall. *Phytochemistry*, **12**, 637-653
10. Gross, K.C. and Wallner, S.J. (1979) Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. *Plant Physiol.*, **63**, 117-120
11. 신승렬 (1988) 감과실의 연화시 세포벽 구성성분, 효소활성, 단백질 및 조직변화에 관한 연구. 영남대학교대학원 박사학위논문
12. Huber, D.J. (1984) Strawberry fruit softening : The potential roles of polyuronides and hemicelluloses. *J. Food Sci.*, **49**, 1310-1315
13. Yamaki, S., 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), 311-321
14. Jones, T.M. and Albersheim, P. (1972) A gas chromatographic method for the determination of aldose uronic acid constituent of plant cell wall polysaccharides. *Plant Physiol.*, **49**, 926-936
15. 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**, 291-299
16. Woodward, J.R. (1972) Physical and chemical changes in developing strawberry fruits. *J. Sci. Food Agric.*, **23**, 465-473
17. Batisse, C., Fils-lycaon, B. and Buret, M. (1994) Pectin changes in ripening cherry fruit. *J. Food Science.*, **59**(2), 389-393

(접수 2000년 3월 29일)