

온도변화에 따른 감의 물성과 세포벽다당류의 변화

김순동 · 박병윤
효성여자대학교 식품가공학과

Changes in Texture and Cell Wall Polysaccharides of Persimmon by Temperature Changes

Soon-Dong Kim and Byoung-Yoon Park

Department of Food Science and Technology, Hyosung Women's University, Daegu

Abstract

The changes of texture, composition of cell wall polysaccharides, polygalacturonase(PG) activity and soaking effect during preserving of persimmon at various temperatures were estimated for the purpose of investigating the softening characteristics of persimmon fruit. The softening of persimmon was most promoted at 25°C, where in the higher temperature, at 45°C it was inhibited. During softening adhesiveness increased, cohesiveness and gumminess decreased. This phenomenon was obvious at 25°C. By soaking in water at 50°C, 70°C for 30 minutes PG activity and softening was inhibited. Ionically associated pectin(IAP) and covalently bounded pectin(CBP) fractionated from crude cell wall of fresh persimmon were respectively degraded about 60% by PG curde enzyme of softened persimmon. And the degraded ratio of polysaccharides composed of pentose and hexose was very similar to that of polyuronide.

서 론

감은 우리나라 중남부지방의 기후풍토에 알맞아 널리 재배되고 있는 과실로서 중요한 농가소득원의 하나이다⁽¹⁾. 타과실에 비하여 저장성이 약하여 유통저장중 많은 질적변화가 수반되고 또 이로 인하여 값이 하락되는 등 많은 문제점이 있다^(2~4).

저장성이 약한 주된 원인의 하나는 쉽게 연화되는 점으로 이를 제어하기위한 방안으로 냉장⁽⁵⁾, polyethylene film 포장저장^(3~6)등 각종 저장법이 제시되고 있지만 아직 뚜렷한 방안이 없다.

감의 연화는 경험적으로 온도와 밀접한 관련이 있으므로 본 연구에서는 온도변화에 따른 연화현상을 텍스처의 조사를 통하여 살펴봄과 동시에 세포벽다당류 및 관련 효소의 변화를 조사해 보았다.

재료 및 방법

재료

실험용 감은 경상남도 김해군에서 생산된 진영단감(*Diospyros kaki Thunb*)을 사용하였다.

온도에 따른 텍스처 변화

온도변화에 따른 감의 텍스처 변화를 살펴보기 위하여 신선한 감을 25, 35 및 45°C에 각각 두면서 2일간격으로 4회 측정하였으며 고온에서 soaking 처리효과를 조사하기 위하여 50°C와 70°C의 물에 30분간 담근 후 25°C에서 6일간 둔 것을 시료로 하여 측정하였다.

텍스처의 측정

감의 텍스처는 25°C의 항온 chamber 내에서 Rheoner (Yamaden, RE-3305)를 사용하여 측정한 후 자동해석장치를 연결하여 해석하였으며 data 격납피치 0.05sec, 측정속도 1.00mm/sec, preset I 3mm,

preser II 2회, 시료두께 50~55mm, plunger의 직경 8mm로 하였다.

25°C에서 측정된 감의 텍스처 curve는 Fig. 1과 같다.

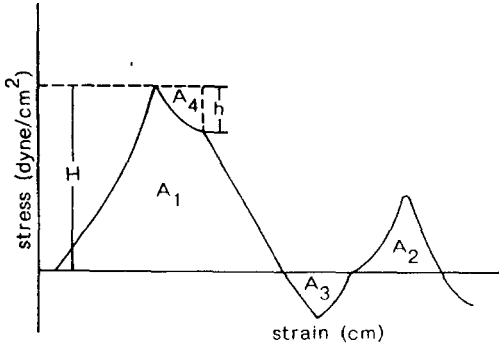


Fig. 1. Texture curve of persimmon measured by Rheoner at 25°C

Hardness = $H(\text{dyne/cm}^2)$, Cohesiveness = A_2/A_1 , Adhesiveness = $A_3(\text{dyne} \cdot \text{cm})$, Brittleness = $h(\text{dyne/cm}^2)$, Gumminess = $H \times A_2/A_1(\text{dyne/cm}^2)$

세포벽 다당류의 분획

Selvendran⁽⁷⁾과 Jarvis 등⁽⁸⁾의 방법에 따라 먼저 과피를 제거한 조직을 Hepes 용액과 α-amylase 처리, chloroform-methanol, acetone 세척을 행하여 조세포벽을 얻고 이것을 시료로 하여 Jarvis 등⁽⁸⁾, Jarvis⁽⁹⁾ 및 Gross 와 Wallner⁽¹⁰⁾의 방법에 따라 세포벽다당류를 분획하였다. 즉 조세포벽 1g을 50 mM CDTA를 함유하는 0.2M sodium acetate 완충용액 (pH6.5) 으로써 추출, 투석, 동결건조한 것을 이온결합성 pectin (ionically associated pectin, IAP) 으로 하였으며 잔사를 2mM의 CDTA를 함유하는 sodium carbonate 용액으로 추출, 투석, 동결건조하여 공유결합성 pectin (covalently bounded pectin, CBP)으로 하였다. 남은 잔사를 0.1M sodium borohydride를 함유하는 4N KOH 용액으로 추출, acetic acid로 중화시켜 투석, 동결건조하여 4N KOH 가용성 hemicellulose HF₁ 로 하였었고 KOH가 완전히 제거될 때까지 일정량의 증류수를 규칙적으로가하면서 추출한 액을 투석, 동결건조하여 0~3N KOH 가용성 hemicellulose HF₂ 로 하였으며 남은 잔사를 cellulose fraction(CF)으로 하였다. 투석 막은 분자량 6000~8000이하를 제거하는 membrane tubing을 사용하였다.

Polygalacturonase(PG)활성과 세포벽다당류와의 반응

PG의 추출은 Tucker 등⁽¹¹⁾의 방법에 준하여 감조직을 1M의 NaCl 용액으로 빙냉하에서 추출, miracloth로 여과하고 여액의 80% 유안포화 침전물 을 얻고 20000 rpm에서 냉동, 원심분리, 투석하였으며 PM-10 membrane으로 농축하여 효소용액으로 하였다. 세포벽다당류와의 반응정도를 알기 위하여 기질로서 감 조세포벽으로부터 분획한 IAP, CBP, HF₁, HF₂ 및 CF를 사용하였으며 50mM sodium acetate buffer(pH4.0)에 녹여 25°C에서 2시간 반응시켰다. 다음에 100mM borate buffer (pH9.0)를 가하여 반응을 정지시킨 후 전기와 동일한 membrane tubing을 사용하여 투석, 동결건조하였으며 2N trifluoroacetic acid를 가한 후 actoclave 하여 구성성분의 변화를 조사하였다. 구성성분중 hexose는 Anthrone 법⁽¹²⁾, pentose는 Orcinol 비색법⁽¹³⁾, uronic acid는 Carbazol 법^(14,15)으로 측정하였다.

PG의 활성⁽¹⁶⁾은 기질로서 CBP를 사용하였고 생성된 환원당을 Somogyi-Nelson 법^(17,18)으로 측정, 시간당 생성된 량을 galacturonic acid의 μ mol 단위로 나타내었다.

결과 및 고찰

온도와 감의 물성

과실의 연화현상은 주로 성숙, 유통, 저장 및 가공중에 일어나는 품질변화의 하나로서 환경온도와 밀접한 관련이 있으며 효소의 활성변화와 더불어 세포벽성분의 분해 등 생화학적변화는 물론 경도, 응집성, 부착성 및 gumminess의 변화를 동반하여 현저한 품질변화를 일으킨다.

Table 1은 온도변화에 따른 감의 텍스처 변화를 측정된 결과이다.

경도는 연화와 역비례하는 관계에 있으며 25°C, 35°C, 45°C 순으로 온도가 높아질수록 연화가 저해되었다.

45°C에서는 점진적인 연화를 보였지만 25°C와 35°C에서는 2일째부터 큰 경도의 감소를 나타내었다. 감은 특히 부착성의 높은 증가를 볼 수 있는데 25°C에서는 6일째까지 높은 폭으로 줄곧 증가되었으나 35°C에서는 4일째 급격히 증가되었다가 감소하였고, 45°C의 경우는 2일째부터 증가, 6일째는 큰 감소를 나타내어 온도에 따른 품질

Table 1. Changes in the texture of persimmon at various temperature

Texture	Periods (days)	Temperature(°C)		
		25	35	45
Hardness ($\times 10^6$ dyne/cm ²)	0	8.20	8.20	8.20
	2	1.46	2.68	4.94
	4	0.03	2.55	3.33
	6	0.02	1.28	2.32
Cohesiveness	0	1.33	1.33	1.33
	2	0.63	0.94	0.95
	4	0.76	0.86	0.92
	6	0.75	0.80	0.91
Adhesiveness ($\times 10^1$ dyne/cm)	0	0	0	0
	2	1.62	0.03	39.49
	4	61.45	105.82	85.08
	6	115.09	81.93	1.95
Brittleness ($\times 10^5$ dyne/cm ²)	0	0	0	0
	2	-7.30	-0.66	2.03
	4	-4.80	-0.56	0.56
	6	-0.49	-1.62	-0.29
Gumminess ($\times 10^6$ dyne/cm ²)	0	1.09	1.09	1.09
	2	0.96	2.13	1.83
	4	0.02	2.18	3.07
	6	0.01	0.87	2.11

변화에 차이가 큼을 잘 나타내고 있다. 또 특이한 것은 응집성의 변화인데 이것은 stress에 의한 저항으로서 온도에 따른 큰 차이를 보이지 않고 있으며 온도가 높아질수록 감소율이 낮아지는 경향을 보이고 있다. 한편, gumminess의 경우는 연화가 가장 잘 일어나는 25°C에서는 감소의 경향을 보이고 있으나 35°C와 45°C에서는 4 일째까지 증가되었다.

Brittleness는 Fig. 1의 h에 해당하고 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 A 형은 +값을 B 형은 -값을 나타내는데 25°C와 35°C의 경우는 2일째부터 -였으나 45°C에서는 +값을 나타냄으로써 curve 상의 차이를 볼 수 있는데 이 현상은 45°C에서 연화가 억제되는 것과 관련이 있는 것으로 사료된다. 감의 연화가 45°C이상에서 억제되는 데 대한 단시간 처리효과를 알아보기 위하여 50°C와 70°C의 물 속에 30분동안 담근후 25°C에서 6일동안 둔 감의 텍스처를 측정 비교하였다 (Table 2)

그 결과 온수에 단시간 담금처리는 연화를 현저하게 억제하였는데 70°C에서 soaking 한 것은 그 정도가 신선한

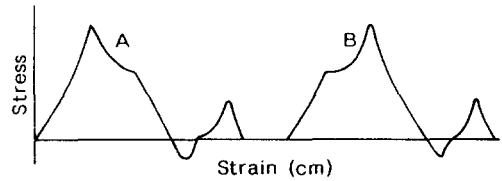


Fig. 2. Two types of brittleness on textural curve

Table 2. Effect of soaking in hot water on the changes in texture of persimmon*

Texture**	Fresh	*** Control	Soaking temperature(°C)	
			50	70
Hardness	8.20	0.02	3.25	4.12
Cohesiveness	1.33	0.75	5.40	7.35
Adhesiveness	0	115.09	1.42	0
Gumminess	1.09	0.01	1.95	2.87

* The persimmon was stored at 25°C for 6 days after soaking

** Units of the texture: hardness, $\times 10^6$ dyne/cm²; adhesiveness, $\times 10^1$ dyne/cm; gumminess, $\times 10^6$ dyne/cm²

*** The sample used in control was stored at 25°C for 6 days without soaking

감의 50%에 해당하였고 50°C처리는 25°C에서 6일동안 둔감의 경도 0.02×10^6 dyne/cm²에 비하여 현저하게 높은 3.25×10^6 dyne/cm²였다. 또 응집성과 gumminess의 현저한 증가와 부착성의 감소현상을 관찰할 수 있었으나 70°C처리는 감표면의 갈변현상을 초래하였다.

PG의 활성과 세포벽다당류의 변화

감에서 볼 수 있는 급격한 연화현상은 ① 연화중 pectin질을 비롯한 세포벽구성다당류의 분해가 크게 일어난다는 점⁽¹⁹⁻²²⁾ ② pectin질은 hemicellulose와 결합하여 존재하고 ③ 감에는 hemicellulose의 함량이 매우 높다는 점 (Fig. 3)등에서 볼 때 연화와 관련된 주요소가 pectin질을 포함한 hemicellulose의 분해와 밀접한 관련이 있을 것으로 생각된다.

또 pectin질을 분해하는 효소로는 PE (pectinesterase)와 PG 등이 있으나 PE는 45°C 부근에서 불활성화되기 어렵기⁽²³⁾ 때문에 45°C이상의 온도에서의 연화억제는 PG의 작용억제와 관련이 있다고 하겠다.

Table 3은 감의 조세포벽으로부터 분획한 IAP, CBP, HF₁, HF₂ 및 CF를 기질로 하여 PG를 작용시켜 본 결과로서 연화된 감조직으로부터 추출한 PG 조효소

는 HF 과 HF 및 CF에는 작용하지 않았고 IAP와 CBP를 각각 60% 정도 분해시켰고 이들 세포벽다당류를 구성하고 있는 성분중 uronic acid와 함께 pentose와 hexose를 감소시켰다. 이같은 사실로 미루어 볼 때 감이 연화되는 동안 주로 pectin질 속에 끼어 있는 hemicellulose 잔기의 분해가 일어난다는 사실을 알 수 있고 PG조효소가 사실상 1M NaCl에 추출된 80% 유안포화침전물 전체로서 PG 외에 많은 생체효소가 존재한다는 것으로 미루어 본다면 이 현상이 연화의 주된 원인이 된다고 할 수 있다.

Table 3. Degradation of cell wall polysaccharides by crude polygalacturonase of soft persimmon*

Cell wall polysaccharides	Sugar compositions (% of control)			
	Pentose	Hexose	Uronic acid	Total
IAP	4.96	41.03	50.08	40.98
CBP	24.43	39.03	56.77	40.33
HF ₁	102.49	104.77	104.51	103.25
HF ₂	100.52	99.24	102.45	100.27
CF ²	103.00	92.01	100.21	92.28

* The fruit was prepared by storing fresh persimmon for 6 days at 25°C. Cell wall polysaccharides abbreviations: IAP, ionically associated pectin; CBP, covalently bounded pectin; HF₁, 4N KOH soluble hemicellulosic fraction; HF₂, 0-3N KOH soluble hemicellulosic fraction; CF, cellulosic fraction

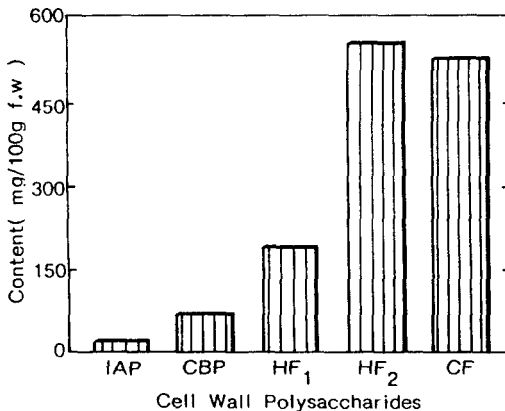


Fig. 3. Content of cell wall polysaccharides fractionated from crude cell wall of fresh persimmon. The abbreviations of cell wall fraction: IAP, ionically associated pectin; CBP, covalently bounded pectin; HF₁, 4N KOH soluble hemicellulosic fraction; HF₂, 0-3N KOH soluble hemicellulosic fraction; CF, cellulosic fraction.

따라서 Fig.3에서 보는 바와같이 세포벽 pectin질의 함량은 hemicellulose와 cellulose 함량에 비하여 현저하게 낮은 전세포벽다당류의 3% 적지만 여기에 hemicellulose와의 연결부인 pentose와 hexose의 복합다당류가 PG에 의하여 분해됨으로써 연화진행의 기점이 되는 것으로 평가되며 그 후 감조직에 널리 분포된 hemicellulose의 분해가 일어나는 것으로 사료되며 이 연결부는 pentose와 hexose의 복합 hemicellulose일 것으로 추측된다.

Table 4는 온도별 soaking 처리에 따른 PG의 활성 변화를 조사한 결과로써 25°C에서 6일동안 둔 감(control)의 PG 활성은 신선한 감의 6.5배에 달하였고 50°C처리하는 control의 34.6%, 70°C처리하는 50°C활성의 53.3%로 soaking 처리온도가 높아짐에 따라 현저하게 저해되었다.

Table 4. Changes in polygalacturonase activity of persimmon* on the soaking in hot water

	Fresh	Control	Soaking temperature(°C)	
			50	70
Polygalacturonase Activity (μmol product/min/100g f.w.)	20	130	45	24

* The fruit was prepared by storing fresh persimmon for 6 days at 25°C

요 약

온도변화에 따른 감의 텍스처변화와 고온담금효과 및 이에 따른 세포벽다당류의 변화를 조사하였다. 감은 25°C에서 가장 쉽게 연화되었으며 45°C에서는 연화가 억제되었다. 연화가 진행되는 동안 부착성은 증가하는 한편 응집성 및 gumminess는 감소하였으며 이러한 현상은 25°C에서 현저하다. 50°C와 70°C의 물에 30분간 담금처리 함으로써 PG의 활성이 현저하게 저해되었으며 연화도 억제되었다. 연화된 감으로부터 추출한 PG 조효소는 신선한 감의 조세포벽으로부터 분획한 세포벽다당류 중 IAP와 CBP를 각각 60%정도 분해시켰으며 그 구성 성분중 pentose와 hexose로 구성된 다당류의 분해가 polyuronide의 분해정도와 대등하였다.

문헌

1. 손태화, 최종옥, 하영선 : 한국농화학회지, 19(2), 104 (1976)
2. 北川博敏 : 日本農化學會誌, 37(4), 83 (1968)
3. 서기봉, 민병용, 오상용 : 농어촌개발공사 식품연구소 사업보고, 33 (1974)
4. 정승용, 성낙발 : 문교부연구보고서 (농학), 2, 1 (1970)
5. 樽谷隆之, 眞部正敏 : 日本園藝學會誌, 29(2), 114 (1960)
6. 박원기 : 한국영양식량학회지, 6(1), 1 (1977)
7. Selvendran, R.R.: *Phytochem.*, 14, 1011-1017 (1975)
8. Jarvis, M.C., Hall, M. A., Thefall, D.R. and Friend, J.: *Planta.*, 152, 93100 (1981)
9. Jervis, M.C.: *Planta.*, 154, 344 (1982)
10. Gross, K.C. and wallner, S.J.: *Plant Physiol.*, 63, 117 (1979)
11. Tucker, G.A., Robertson, N.G., and Grieson, D.: *Eur. J. Biochem.*, 112, 119 (1980)
12. Spiro, R.G.: *In Methods in Enzymology*, Vol. 8, Academic Press, New york, p.4 (1966)
13. 윤일섭, 김중화, 오태섭, 홍영식 : 정성정량식품분석, 형설출판사 (1982).
14. Ahmed, A. E. and Labavitch, J.M.: *J. Food Biochem.*, 1, 361 (1977)
15. Bitter, T. and Muir, H.M.: *Anal. Biochem.*, 4, 330 (1962)
16. 육철, 장금, 박관화, 안승요 : 한국 식품과학회지, 17 (6), 447 (1985)
17. Somogyi, M.: *J. Biol. Chem.*, 160, 61 (1945)
18. Nelson, N.: *J. Biol. Chem.*, 153, 375 (1944)
19. Hobsoon, G.E.: *J. Biochem.*, 92, 324 (1964)
20. Bartley, I.M. and Knee, M: *Food Chem.*, 9, 47 (1982)
21. Shewfekt, A.L., Payner, V.A. and Jen, J. J.: *J. Food Sci.*, 36, 573 (1971).
22. Shewfelt, A.L. and Smit, C.J.B.: *Technology*, 3, 175 (1972)
23. Chichester, C.O., Mark, E.M. and Stewart, G.F.: *Advances in Food Research*, Academic Press, New York and London, p.184 (1969)

(1987년 10월 12일 접수)