

가열에 의한 고구마 펙틴질의 변화

이경애 · 신말식* · 안승요

서울대학교 식품영양학과 *전남대학교 식품영양학과

The Changes of Pectic Substances in Sweet Potato Cultivars During Baking

Kyeong-Ae Lee, Mal-Shick Shin* and Seung-Yo Ahn

Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul

* Department of Food and Nutrition, Chunnam National University, Kwangju

Abstract

The changes of pectic substances during baking at 175-180°C for 30 minutes and polygalacturonase activities of three sweet potato cultivars on textural properties were investigated. The three different types of sweet potato cultivars were the dry type (Wonki), the intermediate type (Shinmi), and the moist type (Chunmi). The moisture content, alcohol insoluble solid content, composition of pectic substances and hardness were determined before and after baking. It was found that HCl-soluble pectin was significantly changed into water soluble and sodium hexametaphosphate soluble pectin by baking. The dry type, Wonki showed the lowest moisture content, but the highest alcohol insoluble solid content and hardness. Wonki, whose polygalacturonase activity was the highest, had the highest HCl-soluble pectin content after baking.

서 론

점질 고구마와 분질 고구마의 조직 특성의 차이는 오래 전부터 관심의 대상이 되어왔다. Baumgardner 등⁽¹⁾은 점질 고구마의 펙틴질과 알콜 불용성 고형물(AIS)의 변화는 분질 고구마의 그것들보다 더 크다고 하였고, Walter 등⁽²⁾은 가열한 고구마의 경도는 텍스트린의 고유점도와 관계가 있다고 하였으며, Hammett 등⁽³⁾은 점질 고구마가 분질 고구마보다 아밀로펙틴, 텍스트린, 환원당의 함량이 더 높다고 하였다. 신등⁽⁴⁾은 점질 고구마 천미와 분질 고구마 수원147호에서 분리한 전분 중의 아밀로오스, 함량이 각각 23.6%, 27.6%이었고, 전분의 호화 개시온도는 천미가 수원147호보다 높았다고 하였다. 지금까지 고구마의 조직 특성의 차이와 관련시킨 전분의 변화에 관한 연구⁽⁵⁻⁷⁾는 많이 이루어지고 있으나 펙틴질의 변화에 관한 연구⁽⁸⁾는 매우 드물다.

본 연구에서는 우리나라에서 생산되는 점질인 천미, 중간질인 신미, 분질인 원기등의 세 품종 고구마에 함유되어있는 펙틴질의 가열중 변화에 대하여 비교 실험하였다.

재료 및 방법

재료

1983년 농촌진흥청 작물시험장에서 수확된 천미, 신미의 두 품종 고구마와 경기도 양주군 별내면에서 수확된 원기 품종의 고구마를 사용하였다.

고구마의 가열

경도 측정에 사용한 고구마는 Losh 등의 방법⁽⁹⁾에 따라 중심부에서 2 × 2 × 2 cm의 크기로 자른 후 은박지로 싸서 175~180°C 오븐에서 30분간 가열하였고,

수분 측정과 AIS 측정에 사용한 고구마는 껍질을 벗기고 잘게 썬 후 일정량씩 칭량하여 위와 같은 방법으로 가열하였다.

수분 측정

생고구마와 가열한 고구마를 각각 5g 정도씩 취하여 AOAC법⁽⁶⁾에 따라 수분 함량을 측정하였다.

알콜 불용성 고형분의 제조 및 성분 분석

알콜불용성 고형분(AIS)은 Manabe의 방법⁽⁷⁾에 따라 제조하였고, AIS 중의 수용성 펙틴(WSP), 메타인산 가용성 펙틴(NaSP), 염산가용성 펙틴(HCISP) 등 펙틴질의 분리 정량은 Nitta의 방법⁽⁸⁾에 따라 실시하였다. AIS 중의 전분함량은 Kattan 등⁽⁹⁾과 Sistrunk 등⁽¹⁰⁾의 방법을 수정하여 다음과 같이 실시하였다.

AIS 0.5g을 정확히 칭량하여 증류수 20ml와 잘 혼합한 후 100℃ 항온수조에서 15분간 호화시킨 후 냉각하였다. 이 용액에 1% 디아스타제(동아제약) 2ml를 첨가하여 잘 혼합한 후 55℃ 항온수조에서 1시간 동안 분해하였다. 여기에 에탄올을 농도가 70% 되도록 첨가하고 100℃ 항온수조에서 1시간동안 역류시켰다. 이 용액을 냉각한 후 흡인 여과하여 잔사를 얻었다. 이 잔사를 70%에탄올로 3회 씻고, 37℃ 오븐에서 건조하여 중량 감소로부터 전분함량을 측정하였다.

Polygalacturonase (PG) 활성의 측정

생고구마중의 PG는 Pressy 등의 방법⁽¹¹⁾에 따라 분리하였다. 분리한 PG의 활성은 Pressy 등의 방법⁽¹¹⁾을 수정하여 다음과 같이 측정하였다.

1% 폴리갈락투로네이트 나트륨염(pH 4.5) 1ml와 0.63M 염화나트륨 0.5ml 효소추출액 0.5ml를 시험관에 넣어 혼합한 후 37℃ 항온수조에서 30분간 반응시키고 이 용액을 2분간 가열하여 반응을 중지시켰다. 이 용액을 17,500g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 분리하였고 상등액으로부터 PG에 의해 생성된 환원기를 Somogyi-Nelson법⁽¹²⁾에 따라 정량하여 효소의 역가를 측정하였다. blank로는 고구마로부터 추출한 효소액을 2분간 끓여 사용하였다. 효소의 역가는 Pressy 등의 방법⁽¹¹⁾에 따라 pH 4.5에서 15분간 생성되는 환원기 1 μmole을 1PG unit (PGU)로 하였다.

경도의 측정

생고구마와 가열한 고구마의 경도는 Instron 1140 (Instron corp. U. S. A)을 이용하여 Table 1과 같은 조건에서 측정하였다.⁽¹³⁾ 경도는 시료 15개를 측정하

Table 1. Conditions for texture analysis by Instron 1140

	Raw	Baked
Sample size	1cm cube	2cm cube
Fixture	compression anvils	compression anvils
Force range	50Kg full scale	50Kg 1/10 scale
Clearance	4mm	8mm
Crosshead speed	100mm/min	100mm/min
Chart speed	200mm/min	200mm/min

Table 2. Moisture content of the raw and baked sweet potato cultivars

Cultivars	Raw (%)	Baked (%)
Chunmi	70.9	61.6
Shimi	69.2	61.7
Wonki	62.3	54.5

여 평균값을 구하여 표시하였다.

결과 및 고찰

수분 함량

생고구마와 가열한 고구마의 수분함량은 Table 2와 같다. 천미와 신미의 수분함량은 비슷하였으나 원기의 것은 현저하게 낮았다. 가열한 고구마의 수분함량이 생고구마의 것보다 낮은 것은 가열중에 7~9%의 수분이 손실되었기 때문이다. 분질 고구마 원기의 수분함량이 점질 고구마 천미와 중간질 고구마 신미보다 현저하게 낮은 것은 조직 특성과 관련이 있는 것으로 생각된다.

알콜 불용성 고형분(AIS)

생고구마와 가열한 고구마의 AIS함량은 Table 3과 같다. 생고구마와 가열한 고구마 각각의 AIS함량은 원기, 신미, 천미의 순으로 높았고, 특히 가열한 원기의 AIS함량은 천미와 신미의 것보다 현저하게 높았다. 고구마를 175~180℃에서 30분간 가열하면 30~40%의 AIS가 감소하였는데 감소량은 품종간에 큰 차이가 없었으나 감소율은 Table 4와 같이 천미, 신미가 원기에 비해 10%정도 높았다.

이와 비슷한 연구 결과는 Jenkins 등⁽¹⁴⁾에 의하여 보고되

Table 3. Alcohol insoluble solid content of the raw and baked sweet potato cultivars

Cultivars	Raw (%)		Baked (%)	
	Fresh basis	Dry basis	Fresh basis	Dry basis
Chunmi	25.97	89.24	15.40	40.10
Shinmi	28.87	93.43	17.03	44.46
Wonki	35.65	94.58	24.30	53.17

Table 4. Decrease in alcohol insoluble solid content of sweet potato cultivars by baking

Cultivars	Fresh basis(%)	Dry basis(%)
Chunmi	40.70	55.06
Shinmi	41.01	52.06
Wonki	31.84	43.78

었는데 그들은 가열중에 AIS의 30~50%가 감소하였고, 감소율은 점질이 중간질보다 10~20% 높았다고 하였다.

분리된 AIS의 수분함량, 전분함량 및 펙틴질 조성은 Table 5와 같다. 생고구마의 전분함량은 79~83%로 원기가 가장 많았고 가열한 고구마는 59.3~66.9%로 원기가 가장 적었다. 가열중에 전분은 12.6~23.7%가 감소하였는데 감소량은 원기가 천미나 신미에 비해 11% 정도 많았다. 가열한 고구마의 AIS 조성은 수분, 펙틴질, 전분의 총합이 생고구마에 비해 10%정도 낮았다. 이원인은 가열한 고구마시료를 175~180℃에서 30분간

열처리한 다음 얼마동안 냉동저장하였다가 해동하여 사용하였으므로 전분의 노화가 일어나 이것으로부터 제조한 AIS의 전분이 디아스타제에 의해 완전분해가 불가능하기 때문인 것으로 생각된다. AIS에는 펙틴질, 전분외에 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스등이 함유되어 있으나 소량이므로 이의 영향은 아닌 것으로 생각된다.

펙틴질 조성

AIS의 펙틴질 함량으로부터 생고구마와 가열한 고구마 각각의 펙틴질 함량으로 환산하면 Table 6과 같다. 가열한 고구마는 생고구마에 비해 WSP와 NaSP의 함량은 높았고, HCISP의 함량은 낮았다. 그 원인은 가열에 의해 HCISP가 WSP와 NaSP로 전환되기 때문이라고 생각된다. 가열에 의한 HCISP의 전환율은 원기가 천미 또는 신미보다 컸다. 가열중에 펙틴질의 약 40%가 감소하였는데 이는 프로토펙틴의 손실에 기인하였다. Ahmed등⁽¹⁵⁾의 연구에서도 가열에 의해 펙틴질의 약 40%가 감소하였는데 이는 프로토펙틴과 저메톡실기펙틴의 손실 때문이라고 하였다. 펙틴질의 구성비는 생고구마에서는 품종간에 큰 차이가 없었으나 가열하면 WSP와 NaSP의 비율이 증가하고 HCISP의 비율은 감소하였다. 천미는 WSP의 비율이 특히 높았고 HCISP의 비율이 특히 낮았으며 원기는 NaSP의 비율이 특히 높았다.

Polygalacturonase 활성

생고구마의 PG활성은 Table 7과 같다. PG활성은 원기, 신미, 천미의 순으로 높았다. PG활성은 품종간

Table 5. Chemical composition of alcohol insoluble solid of the raw and baked sweet potato cultivars

chemical Composition	Chunmi (%)		Shinmi (%)		Wonki (%)	
	Raw	Baked	Raw	Baked	Raw	Baked
Moisture	10.3	10.1	10.0	10.3	10.0	12.1
WSP	0.4 (4.3)	4.1 (34.7)	0.3 (3.1)	3.8 (31.9)	0.3 (3.0)	3.2 (25.2)
NaSP	0.4 (4.3)	1.3 (11.0)	0.4 (4.1)	1.4 (11.8)	0.4 (4.0)	1.4 (11.0)
HCISP	8.5 (91.4)	6.4 (54.2)	9.0 (92.8)	6.8 (56.3)	9.3 (93.0)	8.1 (63.8)
Total pectic substances	9.3	11.8	9.7	11.9	10.0	12.7
Starch	79.5	66.3	78.9	66.0	83.0	59.3

() : pectic constituent ratio

Table 6. Pectic constituents of the raw and baked sweet potato cultivars

Cultivars	Raw (% Dry basis)				Baked (% Dry basis)			
	WSP	NaSP	HClSP	Total	WSP	NaSP	HClSP	Total
Chunmi	0.31 (3.76)	0.34 (4.13)	7.59 (92.11)	8.24 (100.00)	1.64 (34.60)	0.55 (11.60)	2.55 (53.80)	4.74 (100.00)
Shinmi	0.29 (3.23)	0.32 (3.56)	8.38 (93.21)	8.99 (100.00)	1.67 (31.81)	0.60 (11.43)	2.98 (56.76)	5.25 (100.00)
Wonki	0.29 (3.06)	0.37 (3.90)	8.83 (93.04)	9.49 (100.00)	1.69 (30.90)	0.75 (13.71)	3.03 (55.39)	5.47 (100.00)

() : Pectic constituent ratio

에 큰 차이가 있으나 가열중에 WSP와 NaSP의 증가는 품종간에 거의 차이가 없었다.

세 품종의 고구마에서 조제한 각 효소액과 세 품종의 고구마에서 추출한 펙틴질인 WSP와 NaSP를 각각 반응시킨 결과는 Table 8 과 같다.

Table 7. Polygalacturonase activity of the raw sweet potato cultivars

Cultivars	Polygalacturonase activity ^a PGu/g
Chunmi	0.15
Shinmi	0.45
Wonki	1.13

a : Amount of the liberation of 1 μ mole of reducing groups/15 min. from the substrate pectic acid at pH4.5.

Table 8. Reducing groups liberated after reaction of pectin fraction with enzyme extracts obtained from the raw sweet potato cultivars (μ moles/gAIS)

Substrate		Enzyme extracts		
		Chunmi	Shinmi	Wonki
Chunmi	WSP	9.59	9.81	64.50
	NaSP	12.50	9.40	11.25
Shinmi	WSP	7.99	8.61	53.34
	NaSP	9.34	8.48	9.73
Wonki	WSP	6.93	8.07	22.88
	NaSP	9.03	7.69	7.17

천미에서 분리한 PG는 NaSP를, 원기에서 분리한 PG는 WSP를 더 잘 분해하였고 신미에서 분리한 PG는 WSP와 NaSP를 비슷하게 분해하였다. 가열한 고구마에서 WSP에 특이적으로 작용하는 PG를 함유하고 있는 원기의 WSP함량은 천미나 신미보다 높았고, 세 품종의 고구마에서 분리한 모든 PG는 각 고구마가 함유한 펙틴질보다 조직특성이 점질에 가까운 고구마를 더 잘 분해하였다. 따라서 가열에 의한 펙틴질의 변화는 PG 활성보다는 열에 의한 분해에 기인한다고 생각된다.

고구마의 성분과 경도

생고구마와 가열한 고구마 각각의 경도를 측정된 결과는 Table 9와 같다. 경도는 원기, 신미, 천미의 순으로 높았으며, 품종간에 뚜렷한 차이를 나타내었다. 경도가 높을수록 수분함량은 낮았고, AIS함량은 높았으며, AIS 함량의 차이도 품종간 경도 차이와 거의 일치하였다. Kattan 등⁽¹⁾도 고구마의 경도와 AIS 함량이 유의적 상관관계에 있다고 하였다. 가열한 고구마에서 펙틴질의 구성비율과 경도를 비교하여 보면 경도가 높을수록 WSP의 비율은 낮았으며, NaSP와 HClSP의 비율은 높았다. 또한 PG활성은 경도가 높을수록 증가하였는데, 가열중에 펙틴질의 변화율은 품종간에 큰 차이를 나타내지 않았으므로 PG는 가열한 고구

Table 9. Hardness of the raw and baked sweet potato cultivars

Cultivars	Raw (I.U.) ^a	Baked (I.U.) ^a
Chunmi	4.05	1.51
Shinmi	5.06	2.04
Wonki	5.51	5.45

a : Instron Unit

마의 경도에 영향을 주지 않는다고 생각된다.

요 약

제품중의 고구마 칩미, 신미, 원기의 조직 특성을 알아보기 위해 175~180℃에서 30분간 가열하여 가열 전후의 고구마의 수분함량, 알콜 불용성 고형분 함량, 전분함량, 경도 및 수용성펙틴, 메타인산 가용성 펙틴, 염산 가용성 펙틴을 측정하였고 polygalacturonase활성도 비교하였다.

가열중에 고구마의 펙틴질의 조성은 염산 가용성 펙틴이 수용성펙틴과 메타인산 가용성 펙틴으로 변하였다. 분질 고구마인 원기는 수분함량이 가장 낮았으며 알콜 불용성 고형분 함량과 경도가 높았다. 또한 원기의 polygalacturonase 활성이 가장 높았으며 가열 후에 염산 가용성 펙틴 함량의 잔존율도 높았다.

문 헌

1. Baumgardner, R.A. and Scott, L.E.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **83**, 629 (1963).
2. Walter, W.M., Purcell, A.E. and Nelson, A.M.: *J. Food Sci.*, **40**, 793 (1975).
3. Hammett, H.L.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **78**, 421 (1961).
4. 신말식, 안승요: 한국농화학회지, **26**, 137 (1983)
5. Losh, J.M., Phillips, J.A., Axelson, J.M. and Schulman, R.S.: *J. Food Sci.*, **46**, 283 (1981).
6. Horwitz, W.: A.O.A.C. "Official Method of Analysis" 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. (1980).
7. Takaaki Manabe: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **27**, 23 (1980).
8. Yuki Nitta: 가정학잡지, **126**(3), 173 (1975).
9. Kattan, A.A. and Littrell, D.L.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **83**, 641 (1963).
10. Sistrunk, W.A.: *J. Food Sci.*, **36**, 39 (1971).
11. Pressey, R. and Avants, J.K.: *J. Food Sci.*, **36**, 486 (1971).
12. Southgate, D.A.T.: *Determination of Food Carbohydrates*. Applied science publishers Ltd. London. 105 (1976).
13. Bourne, M.C.: *Food Tech.*, **32**, 62 (1978).
14. Jenkins, W.F. and Gieger, M.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **70**, 419 (1957).
15. Ahmed, E.M. and Scott, L.E.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **71**, 376 (1958).

(1985년 7월 19일 접수)