

분질과 점질 고구마의 텍스처 특성

신 말 식·안 승 요*

전남대학교 자연과학대학 식품영양학과, *서울대학교 가정대학 식품영양학과
(1987년 8월 20일 수리)

Textural Properties of Dry and Moist Type Sweet Potatoes

Mal-Shick Shin and Seung-Yo Ahn*

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju,

*Seoul National University, Seoul, Korea

Abstract

Attempts were made to unravel the differences in the textural properties between a dry type, Wonki and a moist type, Chunmi sweet potato. The changes in the ingredients, cellular shapes, degree of gelatinization and hardness of sweet potatoes during baking were studied. Alcohol insoluble solid, starch and protopectin contents and activities of amylase and polygalacturonase of Wonki sweet potato were higher than those of Chunmi sweet potato. The cell sizes were smaller and the number of starch granules within the cells were higher in Wonki than in Chunmi. Gelatinization occurred in Wonki more lately than in Chunmi during baking. The difference in hardness after baking between Wonki and Chunmi was found distinctively. But both samples were gelatinized completely, the difference in hardness was not found.

서 론

고구마는 가열 후 텍스처의 차이에 따라 분질(dry-type)과 점질(moist-type)로 구분되는데¹⁾ 이 현상은 수분함량과는 관계가 없으며 복잡한 관능적 특성에 의하여 좌우된다.^{2,3)}

가열에 따라 텍스처가 영향을 받는 것은 고구마 이외에도 곡류, 두류 및 감자^{4,5)}와 같은 전분질 식품이 알려져 있다. 그러나 고구마의 텍스처를 결정하는 인자에 대해서는 아직 해명되지 못하고 있다. 지금까지 이루어진 연구에 의하면 고구마의 텍스처를 결정하는 인자는 알코올 불용성 고형분^{6,7)} 전분^{7,8)}, 아밀로오스⁹⁾ 및 펙틴질^{10,11)} 등의 함량과 전분 가수분해 효소에 의한 당의 생성^{8,12,13)}, 펙틴 가수분해 효소에 의한 불용성 펙틴의 가용성 펙틴으로의 전환^{6,11)} 등이라고 보고 되고 있다. 이와같은 엇갈린 해석이 있으나 고구마의 품종에 따른 분

질과 점질의 차이를 주는 원인에 대하여는 정확한 해답이 제시되지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 분질과 점질 고구마의 텍스처 특성 차이를 구명하기 위하여 분질 고구마인 원기와 점질 고구마인 천미를 시료로 하여 고구마의 가열 중 성분의 변화, 가열에 따른 고구마세포의 형태학적 변화, 가열 중 텍스처 및 소화도의 변화에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

고구마는 1983~1986년도에 경기도 수원과 전라남도 무안 농촌진흥청 작물시험장에서 수확된 점질인 천미와 경기도 양주군과 전라남도 무안에서 수확된 분질인 원기를 사용하였다. 시료로 사용한 고구마의 색과 일반성분은 표 1과 같다.

Table 1. Characteristics and proximate compositions of sweet potatoes

	Wonki*	Chunmi**
Color		
Skin	Purplish red	Brownish yellow
Flesh	Yellow	Bright yellow
Composition(%)		
Moisture	63.4	71.9
Protein	0.7	0.7
Ash	1.8	1.6
Fiber	0.6	0.6
Lipid	0.2	0.1

*Wonki: dry type, **Chunmi: moist type

2. 고구마의 가열방법

고구마를 물로 씻어 흙, 먼지를 제거하고 물기를 말린 다음 껍질을 벗기고 중심부에서 1×1×1 cm 되게 잘라 은박지에 싸서 180°C 오븐에서 0~12분간 가열하였다. 또한 일부 시료는 120°C에서 1시간 가압증자하여 완전히 호화시켰다.

3. 가열에 의한 성분변화 측정

알코올 불용성 고형분 : 알코올 불용성 고형분(AIS)은 Manabe의 방법¹⁴⁾에 따라 분리하였다. AIS 중의 전분함량은 Kattan등¹⁵⁾과 Sistrunk등⁷⁾의 방법에 따라 디아스타아제를 이용하여 측정하였다.

당 : 시료의 70% 에탄올 추출액으로부터 총당량은 phenol-sulfuric acid 법¹⁶⁾, 환원당량은 Somogyi-Nelson 법^{16,17)}으로 측정하였으며 표준당은 글루코오스로 위와 같은 방법으로 실시하였다.

펙틴질 : 시료의 펙틴질은 Nitta 방법¹⁸⁾에 따라 수용성 펙틴(water soluble pectin, WSP), calgon 가용성 펙틴(sodium hexametaphosphate soluble pectin, NaSP) 및 염산 가용성 펙틴(HCl soluble pectin, HCISP)으로 분리하여 정량하였다. 표준곡선은 galacturonic acid 0.005~0.02% 범위에서 carbazole 시약을 처리하여 구하였다.

전분 가수분해 효소 : 고구마로부터 전분 가수분해 효소의 추출은 이등¹⁹⁾의 방법으로 하여 조효소액으로 하였다. 조효소의 활성도는 Walter등²⁰⁾의 방법을 수정하여 1% 가용성 전분과 반응시킨 후 5% TCA로 반응을 중지시킨 다음 환원당량을 측정하였다.

폴리갈락투로나아제 : 폴리갈락투로나아제의 추

출은 Pressey등²¹⁾의 방법에 따라 실시하였고, 효소 활성도 측정은 1% sodium polygalacturonate (pH 4.5) 1ml, 0.63M NaCl 용액 0.5ml, 효소추출액 0.5ml를 넣어 37°C에서 반응시키고 환원기를 측정하였다.

4. 가열에 의한 호화도 측정

시료 고구마를 180°C 오븐에서 0,6 및 12분 가열한 다음 으깨어 얇은 층으로 만든 후 냉각하고 55°C에서 건조하여 100mesh로 분쇄하였다. 호화도는 X-선 회절기(일본, Rigaku Co.)로 회절각도(2θ) 22.8°에서의 peak 높이의 감소비로부터 구하였다.²²⁾ 기기의 조건은 target Cu-Kα, filter Ni, 35kV, 15mA, full scale range 8×10²cps에서 2θ 40°~5°까지 회절시켜 사용하였다.^{23,24)} 표준곡선은 Owusu-Ansah등²⁵⁾의 방법에 따라 준비하였다. 가압증자하여 완전히 호화시킨 100% 호화도 시료에 생고구마 가루(호화도 0%)를 일정비율로 섞고²⁶⁾ X-선 회절기로 분석하여 표준곡선을 얻었다.

5. 가열에 의한 텍스처 측정

세포형태의 관찰 : 가열 중 시료의 광학 및 주사전자현미경 관찰을 위하여 다음과 같이 실시하였다. 고구마를 일정시간 가열 후 냉각되기 전에 일

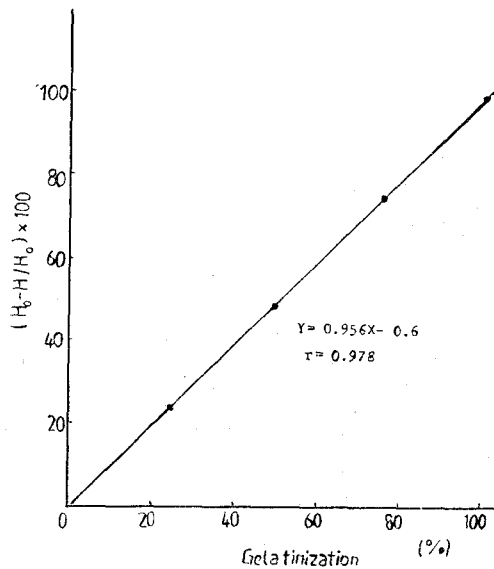


Fig. 1. A standard curve on the degree of gelatinization of sweet potato flour. H_o : Peak height of raw sweet potato flour used a internal standard, H : Peak height of baked sweet potato flour

정한 크기로 절편을 만들어 시료의 20~30배되는 3% glutaraldehyde 인산완충용액(pH 7.0~7.2)에 넣어 4°C에서 1차 고정시켰다.^{27,28)} 이것을 인산완충용액으로 씻은 후에 1% OsO₄ 인산완충용액에 넣어 2차 고정한 후 알코올로 탈수하여 전처리 시료로 하였다. 광학현미경 관찰을 위한 시료는 전처리 시료를 액체 수지인 epon으로 embedding시켜 단단한 블럭을 만들었다. 이것을 ultramicrotome(유리칼)으로 두께 2μm로 자르고 oxone으로 OsO₄를 제거한 후 증류수로 씻어 1% toluidine blue로 염색하였다. 이것을 다시 증류수로 씻고 물기를 제거한 다음 mounting medium으로 고정한 후 광학현미경으로 관찰하였다.²⁹⁻³¹⁾ 주사 전자현미경(scanning electron microscope, SEM) 시료는 전처리 시료를 freon-13 중간 액체(intermediate fluid)로 다시 탈수하고 freon-13을 전이액체(transition fluid)로 사용하여 임계점 이상으로 건조하고 도금한 다음 주사 전자현미경(일본, Hitachi s-450)으로 관찰하였다.^{27,30)}

경도의 측정 : 가열에 따른 고구마의 경도는 Instron universal testing machine(Model 1140, 영국)을 사용하여 다음과 같은 조건으로 측정하였다.^{32,33)} 시료크기 1×1×1cm, load cell 20kg, clearance 0.7cm, cross head speed 100mm/min, chart speed 100mm/min의 조건으로 압축시험

(compression test)으로 측정하였다. 각 시료 12~15개씩 측정하고 평균값을 구하였다.

결과 및 고찰

1. 성분 변화

수분함량 변화 : 생고구마의 수분함량은 표 2와 같이 원기는 63.4%, 찹미는 71.9%이었으며 6분간 가열한 고구마의 수분함량은 58.9%, 65.3%, 12분간 가열했을 때는 원기가 56.4%, 찹미가 62.6%이었다.

동일한 수분함량에서도 원기는 독특한 분질의 텍스처를 유지하여 수분함량과 텍스처는 서로 관계가 없음을 알 수 있었다. Walter등²⁾과 Rao등³⁾도 수분함량은 고구마의 텍스처에 직접 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

알코올 불용성 고형분의 변화 : 생고구마의 알코올 불용성 고형분은 표 2와 같이 원기가 35.6%, 찹미는 26.0%로 원기가 더 많았으며 이는 분질고구마의 알코올 불용성 고형분 함량이 높다는 보고⁶⁾와 일치하였다. 가열함에 따라 AIS 함량은 감소하였으나 감소율은 시료간에 큰 차이를 보이지 않았다. AIS 중의 전분함량은 90%로서 가열에 의하여 현저한 감소를 보였다. 가열 후 고구마의 전

Table 2. Changes of the moisture, alcohol insoluble solid (AIS), and starch content in the sweet potato cultivars after baking

Content(%)	Baking time (min.)					
	Wonki			Chunmi		
	0	6	12	0	6	12
Moisture	63.4	58.9	56.4	71.9	65.3	62.6
AIS	35.6	28.5	25.3	26.0	18.9	16.4
Starch*	32.8	22.1	19.6	23.7	16.6	14.5

* Starch is one of the AIS components

Table 3. Changes of the suger content in the sweet potato cultivars after baking

Baking time(min.)	Wonki		Chunmi	
	Total sugar(%)	Reducing sugar(%)	Total sugar(%)	Reducing sugar(%)
0	2.64	1.54	2.58	2.34
6	7.72	6.96	6.77	5.92
12	8.99	7.39	8.17	7.86

분함량은 원기가 13.2%, 천미는 9.2% 감소하였다. 전분 가수분해 효소의 활성도는 생성된 글루코오스의 %농도로 표시하여 원기가 0.225 glucose/g, 천미가 0.112 glucose/g으로 원기효소의 활성도가 2배 정도 높았다. 따라서 가열 중 원기의 전분함량이 천미보다 크게 감소한 이유는 전분 가수분해효소의 작용에 의한 것으로 생각된다.

당의 변화: 고구마의 가열 중 당의 변화는 표 3과 같다. 총당량은 가열 후 원기가 천미보다 더 높았으며 환원당의 함량도 원기가 5.9%, 천미는 4.6% 증가하였다. 가열에 의해 고구마의 단맛이 증가하는 것은 β-아밀라아제 작용에 의해서 전분으로부터 말토오스가 생성되기 때문이라고 알려져 있다.³⁴⁾ 따라서 원기의 환원당 함량이 높은 것은 전분 가수분해 효소의 활성도가 천미의 효소 활성도보다 높기 때문으로 보인다. 원기는 천미보다 가열 중 전분의 감소가 크고 전분 가수분해 효소의 활성도 및 환원당의 생성량도 많았으나 원기의 텍스처가 분질을 보이는 것은 전분 가수분해 효소의 활성도와 환원당이 텍스처에 큰 영향을 주지 않는다고 생각된다. Walter 등²²⁾도 환원당, 말토오스 및 렉스트린이 고구마의 연함(softness)과는 상관없이 없다고 보고하였다.

펙틴질의 변화: 고구마의 가열 중에 총펙틴질 함량 및 프로토펙틴(염산 가용성 펙틴)은 감소했으나 수용성 펙틴과 calgon 가용성 펙틴은 증가하였다(표 4). 이 결과는 Ahmed 등¹⁰⁾의 보고와 일치하였다. 총펙틴질은 원기가 9.5%에서 5.5%로 천미가 8.2%에서 4.7%로 감소하여 함량은 원기가

더 많았으며 감소도 더 컸다. 이는 폴리갈락투로나아제 활성도가 원기는 g당 1.13unit, 천미는 g당 0.15 unit로 원기가 7.5배 크기 때문이라고 생각된다, Barungardner 등¹¹⁾은 프로토펙틴이 고구마의 텍스처에 큰 영향을 준다고 보고하였다. 그러나 본 실험 결과 가열 후에 남아 있는 프로토펙틴 함량은 원기가 3.0%, 천미가 2.6%로 큰 차이가 없었다. 그러므로 프로토펙틴 함량이 고구마의 텍스처에 큰 영향을 주지 않을 것으로 보인다. Ahmed 등¹⁰⁾은 가열에 의해 고구마의 펙틴 물질의 용해도가 증가되나 펙틴 성분의 변화와 본질성 사이에는 서로 연관이 없음을 보고 하였다.

2. 호화도 변화

가열 중의 고구마의 X-선 회절도는 그림 2와 같이 가열함에 따라 peak 높이가 감소하였다. 고구마의 가열에 따른 X-선 회절도의 회절각도 22.8°에서 peak의 감소비율로부터 표준곡선(그림 1)에서 구한 호화도는 가열 6분 후에 원기는 37.6%, 천미는 44.7%이었으며, 12분 후에는 원기가 89.0%, 천미가 96.7%로서 천미의 호화도가 높았다. 전분의 호화도는 수분 함량이 높아짐에 따라 증가하게 되므로³⁵⁾ 이러한 결과는 시료의 수분함량(표 2)의 차이에 의한 것으로 생각된다.

3. 텍스처의 변화

광학현미경으로 관찰한 생고구마의 세포크기는 천미가 원기보다 컸고 세포내의 전분입자의 수는 원기가 더 많았으며 그 크기는 작았다(그림 3-A). 세포내에 전분입자 중 일부는 접혀진 것과 복합전분립을 볼 수 있었는데 이는 ultramicrotome으로 자르는 과정에서 전분입자가 일부 접혀질 수 있으며²⁸⁾ 고구마의 저장 조직에서 전분이 생합성되는 과정에서 복합전분립이 생긴 것으로 보인다.³⁶⁾ Reeve²⁷⁾는 감자의 텍스처 성질에 세포크기, 전분 입자크기, 전분함량이 영향을 주고, 세포벽의 두께는 상관없이 없다고 하였다. 그런데 본 실험의 결과 원기와 천미의 세포벽의 두께는 차이가 없었고 세포크기와 세포내의 전분입자수와 크기가 다르므로 이것들이 텍스처에 기여할 것으로 추측된다. 가열에 의한 고구마의 세포 형태 변화를 관찰한 결과는 그림 3-B, C, D와 같다. 가열에 따라 고구마의 세포는 팽대해지고 어느 단계가 지나면 전분입자가 호화되고 세포벽이 주름지는 현상이 나타나며 세포의 분리현상이 보였다. 이 변화는 두 고구마에서

Table 4. Pectic constituents of sweet potato cultivars after baking(%)

Pectin fraction	Baking time (min.)			
	Wonki		Chunmi	
	0	12	0	12
WSP	0.29 (3.1)	1.69 (30.9)	0.31 (3.8)	1.64 (34.6)
Na-SP	0.37 (3.9)	0.75 (13.7)	0.34 (4.1)	0.55 (11.6)
HCl-SP	8.83 (93.1)	3.03 (55.4)	7.59 (92.1)	2.55 (53.8)
Total	9.49 (100)	5.47 (100)	8.24 (100)	4.74 (100)

(): Pectic constituent ratio

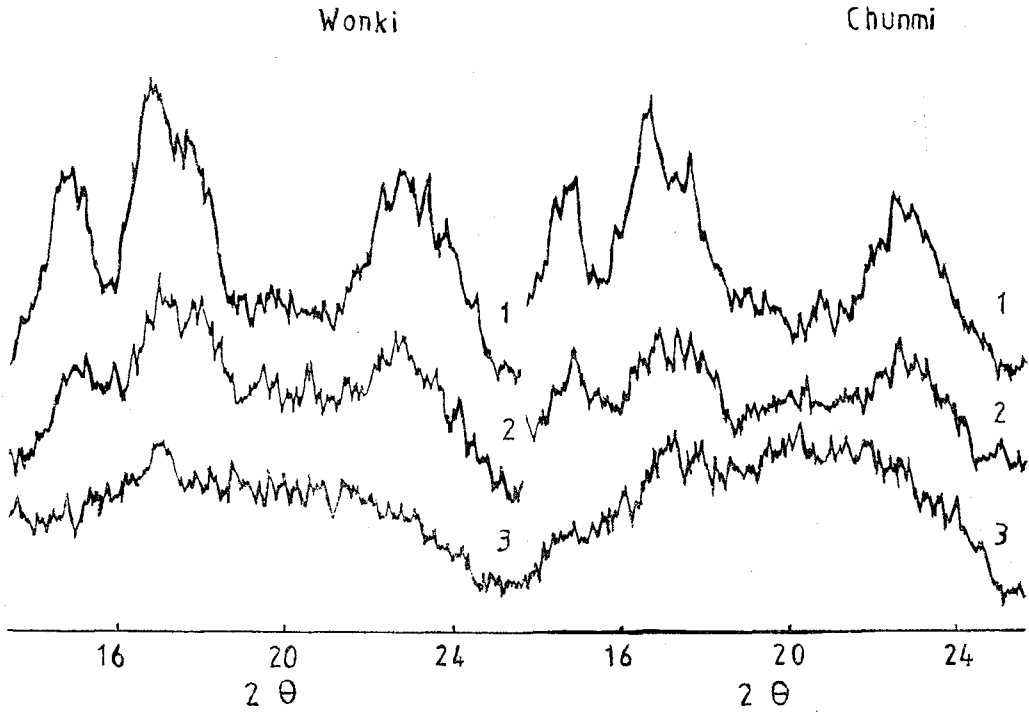


Fig. 2. X-ray diffractograms of raw(1) and baked(2 for 6 min., 3 for 12 min.) Wonki and Chunmi sweet potato flours

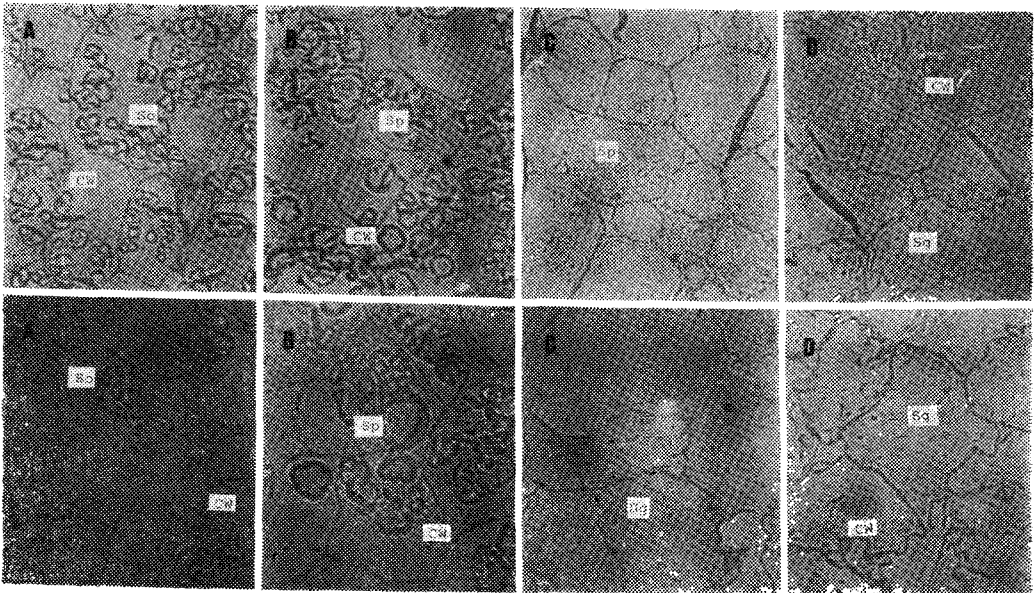


Fig. 3. Photomicrographs of cross section of storage tissue from Wonki(up) and Chunmi(down) sweet potatoes during baking. Samples were baked at 180°C for 0(A), 4(B), 8(C) and 12(D) min.
 CW: Cell wall, Sg: Gelatinized starch, Sp: Partially gelatinized starch, So: Native starch granule.

모두 나타났다. 가열 초기에는 그림 3-B와 같이 전분입자에 수분이 흡수되면서 팽윤이 되며 팽윤된 전분의 크기는 천미전분이 원기 전분보다 더 컸다. 따라서 전분입자가 흡수하는 물의 양이 천미 전분이 더 많고 이는 전분입자의 구조가 다르기 때문이라고 생각된다. 전분의 팽화력은 전분을 구성하는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율과 미세구조에 영향을 받게 된다.³⁸⁾ 세포벽이 전분입자의 팽윤으로 신장되었다가 전분이 호화되기 시작하면 주름지는 현상이 나타났는데 이 현상은 원기 세포에서

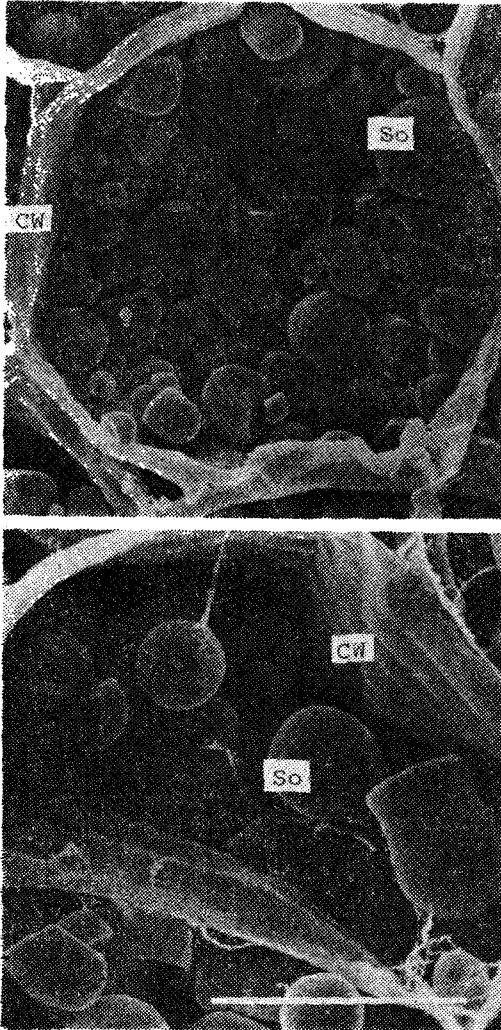


Fig. 4. SEM photomicrographs of cross section of storage tissue from raw Wonki(up) and Chunmi(down) sweet potatoes. Bar=50 μ m, CW: Cell wall, So: Native starch granule

Table 5. Hardness of sweet potato cultivars after baking

Baking time (min.)	Hardness (I.U.)		Hardness ratio Wonki/Chunmi (%)
	Wonki	Chunmi	
0 ^a	8.41	7.44	113.0
6 ^a	0.56	0.21	263.8
12 ^a	0.17	0.04	425.0
60(at 120°C) ^b	1.72	1.60	107.5

I.U.: Instron Unit

a : Sweet potatoes were baked at 180°C in oven and hardness was measured by 20 kg load cell with 70% clearance

b : Sweet potatoes were autoclaved at 120°C for 1hr. and hardness was measured by 1kg load cell with 40% clearance

더욱 뚜렷하였다. 이는 원기 세포내에 전분입자의 수가 많아 팽윤된 전분 입자가 세포벽으로 미는 힘이 강해 세포가 천미 세포보다 더 크게 늘어났기 때문으로 보인다. 가열이 계속되면 세포내의 전분의 호화가 시작되며 8분 가열했을 때 그림 3-C에서 보듯이 원기는 호화가 덜되어 세포내에 투명하지 않은 전분이 보이나 천미는 투명하였다. 12분 가열했을 때는 (그림 3-D) 두 고구마 세포내의 전분입자의 형태는 없이 모두 투명하여 호화가 거의 완료된 것으로 판단된다. 그림 3에서 고구마 세포내의 전분 호화 과정이 서로 다른 것은 전분입자의 수나 구조의 차이에서 오는 것이라 생각된다.

생고구마의 세포와 전분입자의 표면을 주사 전자 현미경으로 관찰한 결과는 그림 4와 같이 두 고구마의 세포내에 크기가 다른 전분입자가 보이며, 입자의 표면에 흡이 있는 복합전분립도 볼 수 있었는데 이는 광학현미경을 통한 결과와 비슷하였다 (그림 5). 가열에 의한 원기와 천미 고구마의 압축시험 곡선으로 부터 구한 경도를 Instron Unit(I.U.)로 표시한 결과는 표 5와 같다. 생고구마일때 원기와 천미의 경도는 8.4와 7.4이었으나 6분 가열했을 때 0.56과 0.21, 12분 가열하면 0.17과 0.04로 가열에 따라 경도가 감소하였다. 천미와 원기의 경도비는 생 것일 때 113%이었으나 180°C에서 6분 가열하면 263%, 12분 가열하면 425%로 증가하였다. 따라서 가열에 의한 두시료의 텍스처는 뚜렷한 차이를 보였다. 그러나 120°C 고압솥에서 1시간 가열한 천미와 원기의 경도비가 108%로 두 고구마간에 차이는 거의 없었다 (표 5). 일반

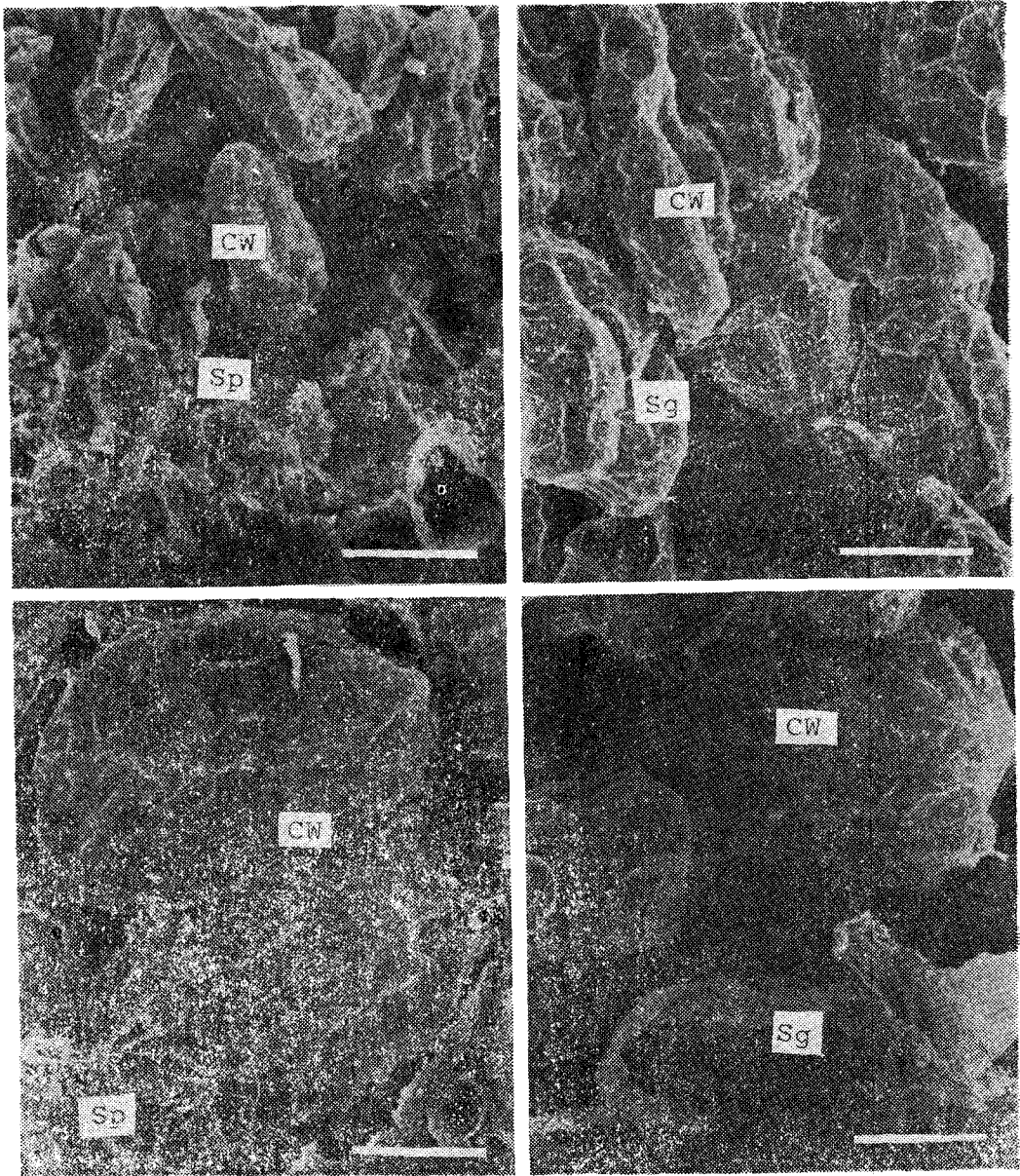


Fig. 5. SEM photomicrographs of cells in storage tissue from baked Wonki(up) and Chunmi(down) sweet potatoes. Sample were baked at 180°C for 6(A) and 12(B) min. Bar=50 μ m, CW: Cell wall, Sg: Gelatinized starch, Sp: Partially gelatinized starch

적으로 전분을 120°C에서 1시간 가압증자하면 호화가 100% 일어나는 것으로 알려져 있다.²⁵⁾ 따라서 표 5의 결과는 고구마의 점질 및 분질 특성은 기본적으로 전분에 의함을 알 수 있다. Nara등⁹⁾도 고구마의 전분함량 또는 전분의 성질에 의하여 분질과 점질의 차이를 보인다고 하였다.

초 록

분질 및 점질 고구마의 텍스처의 특성 차이를 구명하기 위하여 분질 고구마인 원기와 점질 고구마인 천미를 시료로 가열 중 성분, 세포의 형태,

호화도, 텍스처 등의 변화에 대하여 연구하였다. 원기는 찹미보다 알코올 불용성고형분, 전분, 프 로토펙틴 함량 및 전분 가수분해 효소와 펙틴가수 분해 효소의 활성도가 모두 높았다. 세포의 크기는 원기가 찹미보다 작았고 세포내 전분입자의 수는 원기가 많았다. 가열에 의한 고구마의 호화는 찹미가 더 빨리 진행되었다. 가열에 의하여 두 고 구마는 특징적인 텍스처를 보였으나 고구마를 완 전히 호화시켰을 경우에는 경도의 차이를 보이지 않았다.

참 고 문 헌

1. Considine, D.M.: Food and Food Production, Encyclopedia, p.1963, Van Nostrand Reinhold (1982)
2. Walter, W.M., Purcell, A.E. and Nelson, A.M.: J. Food Sci., 40 : 793 (1975)
3. Rao, V.N.M.; Hamann, D.D. and Humphries, E.G.: Transactions of the ASAE, 1187 (1974)
4. Reeve, R.M.: Food Research, 19 : 323 (1954)
5. Reeve, R.M.: Food Research, 19 : 333 (1954)
6. 이경애, 신말식, 안승요 : 한국식품과학회지, 17 : 421 (1985)
7. Sistrunk, W.A.: J. Food Sci., 36 : 39 (1971)
8. Nara, S.: Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 33 : 1072 (1960)
9. Hammett, H.L.: J. Amer. Soci. Hort. Sci., 78 : 421 (1961)
10. Ahmed, E.M. and Scott, L.E.: J. Amer. Soci. Hort. Sci., 71 : 375 (1958)
11. Baungardner, R.A. and Scott, L.E.: J. Amer. Soci. Hort. Sci., 83 : 629 (1969)
12. Walter Jr, W.M. and Purcell, A.E.: J. Food Sci., 41 : 1374 (1976)
13. McArdle, R.N. and Bouwkamp, J.C.: J. Food Sci., 51 : 364 (1986)
14. Manabe, T.: Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 27 : 23 (1980)
15. Kattan, A.A. and Littrell, D.L.: J. Amer. Soci. Hort. Sci., 83 : 641 (1969)
16. Southgate, D.A.T.: Determination of Food Carbohydrates, Applied Science Publishers Ltd. London (1976)
17. Nelson, N.: J. Biol. Chem., 153 : 375 (1944)
18. Nitta, Y.: J. Home Econ. Japan, 26 : 173 (1975)
19. 이은희, 안승요 : 한국농화학회지, 24 : 245 (1981)
20. Walter, J. W.M. and Purcell, A.E.: J. Food Sci., 38 : 548 (1973)
21. Pressey, R., Hinton, D.M. and Avants, J.K.: J. Food Sci., 36 : 1070 (1971)
22. 김성곤, 정혜민, 김상순 : 한국농화학회지, 27 : 135 (1984)
23. Whistler, R.L.: Methods in Carbohydrate Chemistry, Vol. IV Starch, Academic Press (1964)
24. 신말식, 안승요, 임서영 : 전남대학교 논문집, 29 : 155 (1984)
25. Owusu-Ansah, J., Van de Voort, F.R. and Stanley, D.W.: Cereal Chem., 59 : 167(1982)
26. Alexander, L. and Klug, H.P.: Anal. Chem., 20 : 886 (1948)
27. Walter, W.M. Jr. and Schadel, W.E.: J. Food Sci., 47 : 813 (1982)
28. Berlyn, G.P. and Miksche, J.P.: Botanical Microtechnique and Cytochemistry, The Iowa State University Press (1976)
29. Bennett, H.S., Wyrick, A.D., Lee, S.W. and McNeil, J.H.: Stain Technol., 51 : 71(1976)
30. Bechtel, D.B.: New Frontiers in Food Microstructure, The American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul. Minnesota (1982)
31. Feder, N. and O'Brien, T.P.: Amer. J. Bot., 55 : 123 (1968)
32. Bourne, M.C., Moyer, T.C and Hand, D.B.: Food Technol., 20 : 522 (1966)
33. Bourne, M.C.: Food Technol., 32 : 62 (1978)
34. Gore, H.C.: Ind. and Eng. Chem., 15 : 938 (1923)
35. Collison, R. and Chilton, W.G.: J. Food Technol., 9 : 309 (1974)
36. Esau, K.: Anatomy of Seed Plants 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., USA (1977)
37. Reeve, R.M.: Amer. Potato J., 44 : 41(1967)
38. Hahn, D.M., Jones, F.T., Akhavan, I., and Rockland, L.B.: J. Food Sci., 42 : 1208(1977)