

분질 및 점질 고구마 전분의 특성

신말식·안승요*

전남대학교 식품영양학과
*서울대학교 식품영양학과

Characteristics of Dry and Moist Type Sweet Potato Starches

Mal-Shick Shin and Seung-Yo Ahn*

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju

**Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul*

Abstract

Granular shapes and sizes, physicochemical properties and gelatinization patterns of sweet potato starches from Wonki(the dry type) and Chunmi(the moist type) were investigated. Starch granules of sweet potatoes were round. Granule sizes of Wonki starch were mainly 11 μm and those of Chunmi starch were 12 μm and 17 μm . Wonki starch had lower water binding capacity and swelling power than Chunmi starch. But Wonki starch had higher amylose content, gelatinization temperature, moisture content for gelatinization and temperature for gelatinization than Chunmi starch.

Key words : dry type sweet potato starch, moist type sweet potato starch, amylose content, crystallinity

서 론

고구마는 가열후의 텍스처 차이에 따라 분질 및 점질로 구분되며 이 현상은 수분함량과는 관계없으며 복잡한 관능적 특성에 의해 좌우된다^(1,2).

지금까지의 연구에 의하면 고구마의 텍스처를 결정하는 인자는 알콜불용성 고형분⁽³⁾, 전분^(4,5), 아밀로오스⁽⁶⁾ 및 펙틴질^(7,8)의 함량과 전분가수분해 효소에 의한 당의 생성^(1,9,10), 펙틴가수분해 효소에 의한 가용성 펙틴으로의 전환⁽⁷⁾등이라고 보고되고 있다. 그러나 텍스처를 결정하는 주요인이 펙틴질이나 펙틴과 전분가수분해 효소에 의한 것은 아니라고 알려진 바 있다^(3,5).

Lee 등⁽³⁾과 Sistrunk⁽⁴⁾는 분질 고구마가 알콜불용성 고형분과 전분함량이 높았다고 보고하였으며 전분함량은 텍스처와 매우 상관이 있다고 하였다.

고구마 전분입자는 뚜렷한 hilum 을 갖으며 그 모양은 둥글고 다각형이며^(11,12) 크기는 4~43 μm 로 곡류전분보

다 크고 감자 전분보다 작다⁽¹³⁾. 전분입자의 크기와 성질은 품종, 토양, 재배조건에 따라 다르다고 알려져 있다⁽¹⁴⁾. Fujimoto 등⁽¹⁵⁾은 고구마 전분의 아밀로오스 함량이 품종에 따라 다르다고 하였으며 Madamba 등⁽¹⁴⁾은 아밀로오스 함량과 호화온도와의 상관이 있음을 보고하였고 신승⁽¹¹⁾은 점질 고구마와 전분의 물결합 능력이 더 높다고 하였다. 그러나 분질과 점질고구마 전분의 특성에 대하여는 일부만이 보고되어 있을 뿐이다.

그러므로 본 연구에서는 분질고구마인 원기와 점질고구마인 천미의 전분을 분리하여 전분의 물결합능력, 아밀로오스 함량, 형태 및 호화양상등의 전분특성을 조사하였다.

실험재료 및 방법

재료

고구마는 1983~1986년에 경기도 수원과 전라남도 무안 농촌진흥청 작분시험장에서 수확된 점질인 천미와 경기도 양주군과 전라남도 무안에서 수확된 분질인 원기를 사용하였다.

전분의 조제

고구마로부터 전분의 조제는 알칼리 침지법^(11,16)을 이용하였으며 얻어진 원기와 천미전분의 수분함량은 13.2%와 12.7%, 조지방은 0.13%와 0.11%, 조단백질은 0.08%와 0.06%, 조회분은 0.07%와 0.08%이었다.

입자형태 및 크기분포

전분입자의 형태 및 크기는 광학현미경과 편광현미경(Olympus 회사, 일본)으로 관찰하였고 분포비율은 300개의 입자에 대해 장경을 측정하여 백분율로 나타내었다. 입자의 표면 형태는 주사전자현미경을 이용하였다.

전분의 이화학적 특성

전분의 물결합 능력은 Medcalf 및 Gilles 방법⁽¹⁷⁾으로 실시하였고 아밀로오스 함량은 Willams⁽¹⁸⁾등의 방법으로 정량하였다. 표준곡선은 Schoch의 부탄올 법⁽¹⁹⁾으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정 비율로 혼합한 다음 위의 방법으로 작성하여 구하였다. 팽화력은 Schoch의 방법⁽²⁰⁾에 따라 실시하였다.

호화온도의 측정

시료전분의 호화온도는 아밀로그래프, Differential Scanning Calorimetry(DSC) 및 광투과도에 의해 조사하였다. 아밀로그래프는 Brabender visco amylograph를 이용하여 전분농도를 건물당 5%로 Medcalf 및 Gilles 방법⁽¹⁷⁾에 따라 하였다. DSC(Stanton Redcroft STA785 thermal analyzer, 영국)는 Donovan 방법⁽²¹⁻²²⁾에 따라 행하였다. 전분시료 8.4~8.6mg에 증류수를 1:1의 비율로 하여 20 μ l를 aluminum pan에 넣고 밀봉한 다음 10 $^{\circ}$ C/min의 속도로 가열하였다. 전분현탁액(0.2%)의 광투과도는 50~90 $^{\circ}$ C 온도 범위에서 625nm에서 측정하였다⁽²³⁾.

수분량에 따른 호화도 측정

호화에 필요한 수분량은 시료 전분의 수분함량이 13~60% 되도록 한 후 Owusu-Ansah의 방법⁽²⁴⁾으로 실시하여 X-선 회절도로부터 전분의 호화도를 계산하였다. X-선 회절도는 X-선 회절기(Rigaku 회사, 일본)를 이용하여 target, Cu-k α ; filter, Ni; 35Kv; 15mA; full scale range 8 \times 10² cps에서 2 θ 40 $^{\circ}$ ~5 $^{\circ}$ 까지 회절시켜 사용하였다. 표준곡선은 전분을 100%로 호화시키고 생전분(0% 호화도)을 일정비율로 섞어 작성하였다.

가열중의 호화도 변화

전분현탁액(5%)의 가열중의 호화도 변화는 60 $^{\circ}$ ~85 $^{\circ}$ 의 온도 범위에서 Taketa 등의 방법⁽²⁵⁾에 따라 조사하였다.

결과 및 고찰

전분입자의 형태 및 크기분포

원기와 천미의 전분입자의 크기는 균일하지 않으나 형태는 대부분 둥근형이고 hilum이 한쪽으로 치우쳐 있다(그림 1). 편광현미경으로 본 전분입자는 복굴절이 모두 뚜렷이 십자형으로 나타났으며 두 전분의 표면은 그림 2와 같이 매우 둥글고 매끄러웠으며 천미전분 입자의 크기가 컸고 더 둥글어 보였다. 입자 표면에 홈이 난 것이 보이는데 이는 복합전분립이 분리되었기 때문이다⁽¹²⁾.

원기와 천미전분의 크기와 분포는 그림 3과 같이 원기 입자의 분포는 11 μ m를 중심으로 좁은 분포를 보이며 크기는 8-18 μ m에 많은 입자가 포함된다. 반면 천미전분 입자는 원기전분과 다른 양상을 보여 7-17 μ m에 넓게 퍼진 분포를 보이고 입자의 크기는 대개 11-20 μ m에 분포하였다. Rasper⁽²⁶⁾와 Madamba 등⁽¹⁴⁾은 전분입자의 크기와 분포율이 전분의 행동이나 성질을 변화시킬 것이라고 보고하였다.

전분의 이화학적 특성

물결합 능력은 원기전분이 69%, 천미전분이 75%으

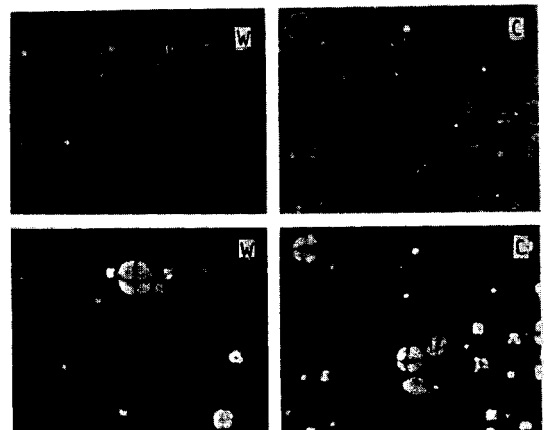


Fig. 1. Light(up) and polarized(down) micrographs of Wonkil(W)and Chunmil(C)sweet potato starches (x 240).

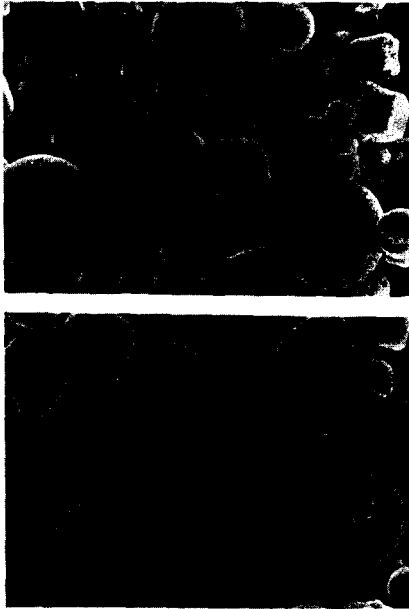


Fig. 2. Scanning electron micrographs of Wonkil(W) and Chunmil(C) sweet potato starches (x 1300)

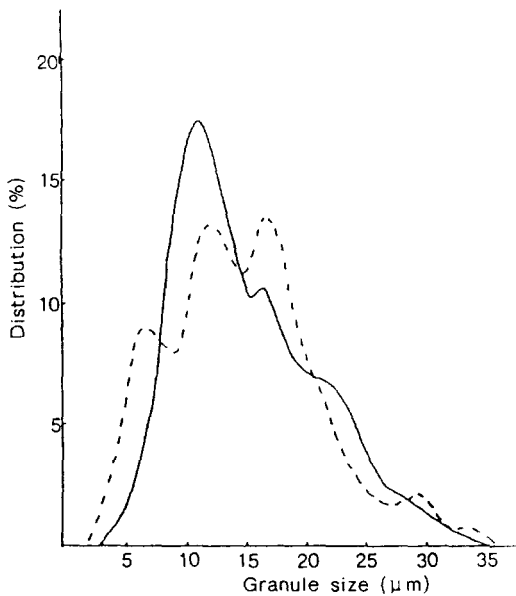


Fig. 3. Granule size distribution of Wonkil(—) and Chunmil(---) starch granules.

로 천미 전분이 더 높았다. 물결합 능력은 전분에 따라 다르며 두류전분이 83.9%⁽¹⁶⁾, 밥 전분이 85%⁽²⁷⁾, 쌀 전분이 100-134%⁽²⁸⁾로서 고구마 전분보다 높은 경향을 보인다. 아밀로오스 함량은 원기 전분이 18.0%, 천미 전분이 16.8%이었다. 팽화력은 그림 4와 같이 원기와 천미 전분 모두 60°C 이후 급격한 증가를 보였다. 같은 온도에서 원기 전분은 천미 전분보다 팽화력이 낮았다. 팽화력이 높은 것은 전분입자 내에 결합이 약하고 불규칙한 배열을 이룰 것이라 생각된다. 전분의 팽화력 변화에 대해 Hahn 등⁽²⁹⁾은 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율과 미세 구조에 따라 팽화력이 다르다고 하였으며, Wong 및 Lelievre⁽³⁰⁾은 전분입자의 결정도와 상관성이 있다고 하였다.

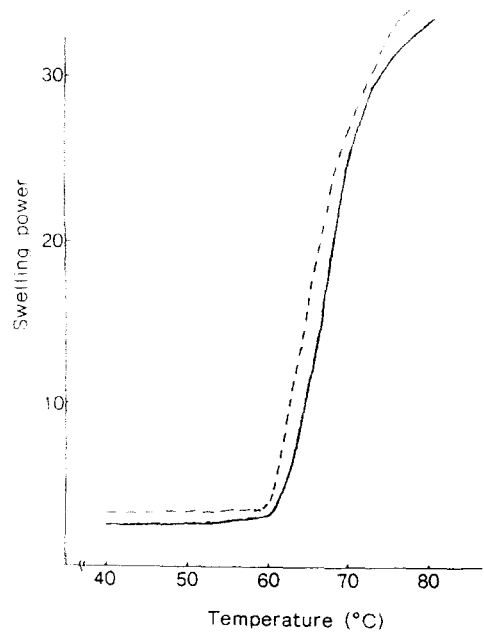


Fig. 4. Swelling patterns of Wonkil(—) and Chunmil(---) sweet potato starches.

호화온도

원기와 천미전분(5%)의 Brabender Amylogram에 의한 호화양상은 표 1과 같다.

전분의 paste 점도는 전분입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량 및 구조차이, 결정도에 의하여 결정된다⁽³¹⁾. 원기전분은 천미전분에 비해 초기

Table 1. Characteristic values for sweet potato starches by amylograph

Starch	initial pasting temp (°C)	peak viscosity (P) =height at 95°C (20min) (H)	height at 50°C (C)	breakdown (P-H)	total setback (C-H)	setback (C-P)	total setback ratio C/H
Wonki	76	880	1390	0	510	510	1.58
Chunmi	74	770	930	0	160	160	1.20

호화온도, 95°C가열점도, 냉각점도, total setback 및 setback 값이 모두 높았다. Bhattacharya 등⁽³²⁾은 쌀 전분에서 relative breakdown이 아밀로오스 함량과 음의 상관성이 있다고 하였으며 Juliano⁽³³⁾는 breakdown이 아밀로오스 함량과 음의 상관, 95°C가열점도, 냉각점도, consistency 및 setback은 양의 상관성이 있다고 하였다. 표 1의 결과는 원기와 천미전분의 아밀로오스 함량이 차이가 있음을 보여주며 각각의 아밀로오스 함량은 Williams 방법으로 18.0%, 16.8%이었다.

또한 원기와 천미전분 입자크기의 분포, 팽화력 및 결정도의 차이에 의한 것으로 생각된다.

원기와 천미전분의 DSC 호화양상은 그림 5와 같았다. 두 전분 모두 65°C에서 호화가 시작되었으나 peak 온도와 호화종료 온도는 원기전분이 더 높아 90.5°C와 104°C이었으며 천미전분은 86°C와 98°C이었다. 원기와 천미전분의 호화시작은 같았으나 종료온도와 걸린시간은 원기전분이 더 높고 길었다. DSC transition 온도(T_o , T_p , T_c)는 호화온도(BEPT)와 매우 높은 상관성을 보이므로⁽³⁴⁾ 원기전분이 더 호화되는데 힘들다는 것을 보여준다. 또한 호화엔탈피와 높은 상관성이 있다. 호화엔탈피(ΔH)가 높으면 전분입자가 호화되는데 저항을 가지며 구조를 무정형으로 하는데 많은 에너지를 필요로 한다. Donovan⁽²²⁾은 호화엔탈피는 적은 수분함량에서는 전분 crystallite melting, 많은 수분함량에서는 입자팽윤, crystallite melting, 전분분자의 수화를 고려한 값을 나타낸다고 하였다. 따라서 원기전분의 peak 면적이 더 크고 호화엔탈피가 천미전분보다 더 큰것으로 나타났는데 이것은 원기전분 입자의 결정성이 더 높기 때문인 것으로 생각된다. Wada 등⁽³⁵⁾도 전분입자의 결정성이 낮으면 호화개시 온도도 낮고 호화열도 작다고 보고하였다.

한편 Wada 등⁽³⁵⁾은 DTA(differential thermal analysis)로 구한 고구마 전분의 호화개시 온도가 69.4°C, peak 온도가 76.9°C, 호화종료 온도가 88.9°C라고 보고한 바 있다. 이것은 원기나 천미전분의 DSC에 의한

호화온도에 비해 호화개시온도는 높았으나 더 낮은 온도에서 호화가 종료된 것이다. 이것은 품종의 차이, 전분에 가한 물의양, 입자의 크기, DSC에서의 가열속도등에 따라 전분의 호화온도가 다르므로 본 실험 결과와 직접 비교하기는 어려운 것으로 판단된다. 원기와 천미전분의 팽투과도, 아밀로그래프 및 DSC로 구한 호화온도는 표 2와 같다.

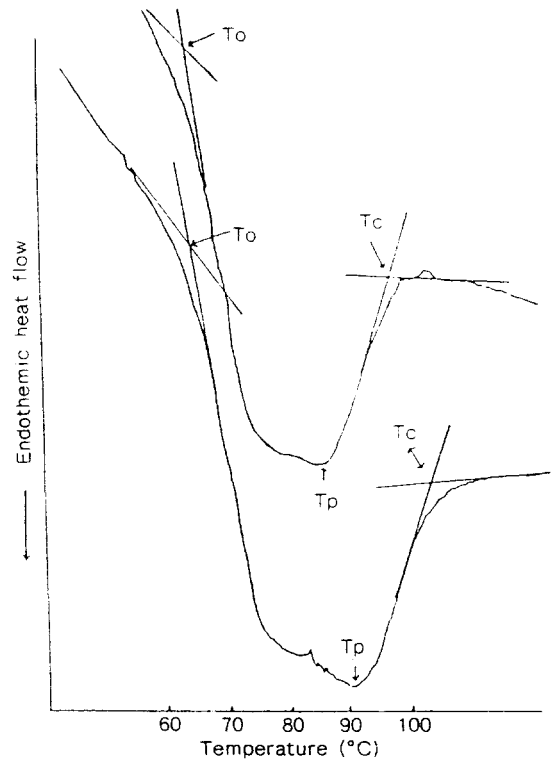


Fig. 5. Differential scanning calorimetry thermograms of the Chunmi(up) and Wonki(down)sweet potato starches. T_o = onset temperature, T_p = peak temperature, T_c = conclusion temperature

Table 2. Gelatinization temperatures of sweet potato starches by different methods

Method \ Starch	Wonkil	Chunmil
Transmittance (°C)	69	67
DSC, To	65	65
Tp	90.5	86
Tc	104	98
Amylograph	76	74

호화에 필요한 수분량

원기와 천미전분의 수분함량을 조절하여 구한 호화도는 그림 6과 같다. 두 전분 모두 수분함량이 증가하면 호화도가 증가하여 Collison 등⁽³⁶⁾의 수분함량과 호화도와와의 관계와 같은 결과를 보였다. 천미전분은 수분함량이 42% 이상에서 원기전분은 46% 이상에서 호화도의 증가가 완만하였다. 이 때를 호화의 완료점으로 가정하면 호화에 필요한 최저수분량은 천미가 42%, 원기가 46%이었다. 호화에 필요한 수분함량은 쌀전분이 43%, 옥수수전분이 47%, 완두콩전분이 55%⁽²⁵⁾이고 칠팔전분은 45%⁽³⁷⁾로 알려져 있다. Owusu-Ansah 등⁽²⁴⁾은 호화에 필요한 수분량의 차이는 아밀로오스나 아밀로펙틴에 의해 달라진다고 했으며, 수분함량이 높은 것은 아밀로오스 함

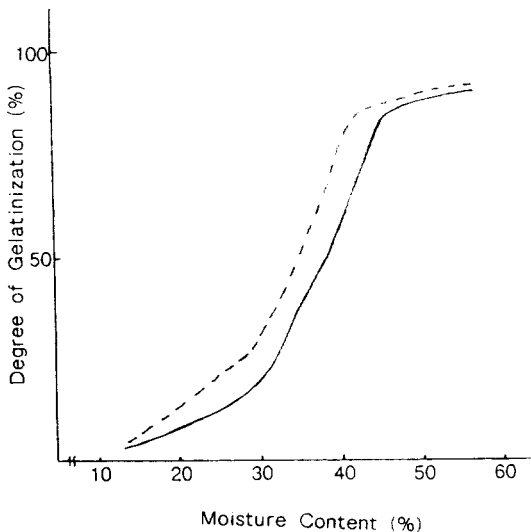


Fig. 6. Gelatinization degree of Wonkil—land Chunmil----sweet potato starches with various moisture contents.

량이 높기 때문이라고 하였다. 즉 아밀로오스는 더 많은 물과 결합하게 되어 더 높은 수분 하에서 전분의 호화가 일어나기 때문에 수분함량이 높게 된다⁽²⁵⁾.

가열 중의 호화도

가열 온도에 따른 원기와 천미전분의 X-선 회절도로부터 구한 호화도는 그림 7과 같다. 천미전분은 같은 온도에서 원기전분보다 호화도가 더 높았다. 천미전분은 77°C, 원기전분은 80°C 이상의 온도에서 호화도의 증가가 완만했으며, 85°C에서는 두 전분의 호화도는 비슷해졌다. 호화에 필요한 최소의 온도도 전분에 따라 다르며 밀, 참쌀, 감자 전분이 70°C, 옥수수전분이 75°C, 쌀전분이 65°C, 고구마전분이 78°C⁽²⁵⁾, 칠팔전분이 75°C⁽³⁷⁾로 알려져 있다. 전분의 아밀로오스는 열 저항성을 가지므로 아밀로오스 함량에 따라 호화에 필요한 최저 온도가 달라지게 된다⁽²⁵⁾. 또한 전분의 결정성이 높으면 호화열이 커지게 된다^(34,35). 따라서 원기전분이 천미전분보다 호화온도 및 호화에 필요한 수분량이 높고, 같은 온도에서 호화도가 낮은 현상은 기본적으로 두 전분의 아밀로오스 함량과 결정성의 차이에 기인되는 것으로 생각된다.

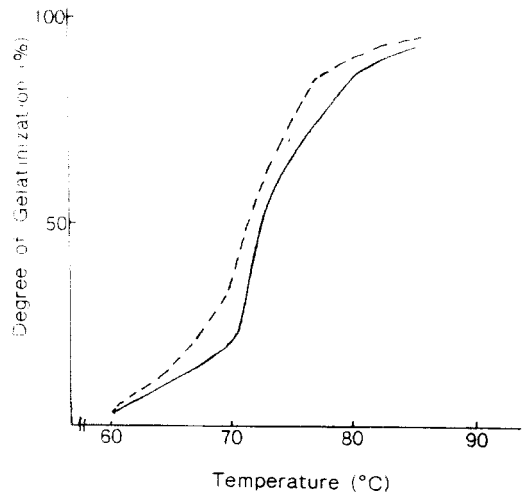


Fig. 7. Temperature-gelatinization relation of Wonkil—land Chunmil----sweet potato starches.

요 약

본질 고구마인 원기와 점질 고구마인 천미로부터 전분을

분리하여 입자의 형태, 이화학적 성질, 호화양상을 조사하였다.

전분입자는 모두 둥근형이고 입자의 크기는 원기 전분은 $11\mu\text{m}$, 천미 전분은 $12\mu\text{m}$ 및 $17\mu\text{m}$ 의 입자가 주를 이루었다. 원기 전분은 천미 전분에 비하여 물결합 능력과 팽화력이 낮았으나 아밀로오스함량, 호화온도, 호화에 필요한 수분량 및 호화에 필요한 최저 온도등이 더 높았다.

문 헌

- Water, W.M., Purcell, A.E. and Nelson, A.M. : Effects of amylolytic enzymes on moistness and carbohydrate changes of backed sweet potato cultivars. *J. Food Sci.*, **40**, 793(1975)
- Rao, V.N.M., Hamann, D.D. and Humphries, E.G. : Mechanical testing as a measure of kinesthetic quality of raw and baked sweet potatoes. *Transactions of the ASAE*, 1187(1974)
- 이경애, 신말식, 안승요 : 가열에 의한 고구마 펙틴질의 변화, *한국식품과학회지*, **17**, 421(1985)
- Sistrunk, W.A. : Carbohydrate transformations, color and firmness of canned sweet potatoes as influenced by variety storage pH and treatment. *J. Food Sci.*, **36**, 39(1971)
- Nara, S. : On the steamed sweet potato product. part VII. Determination of sugars during the manufacturing process of steamed sweet potato product by the ion exchange column chromatography. *Nippon Nogei Kagaku Kaishi*, **33**, 1072(1960)
- Hammett, H.L. : Some effects of variety, curing and baking upon the carbohydrate content of sweet potato. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.*, **78**, 421(1961)
- Baungardner, R.A. and Scott, L.E. : The relation of pectic substances to firmness of processed sweet potatoes. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.*, **83**, 629(1969)
- Ahmed, E.M. and Scott, L.E. : Pectic constituents of the fleshy roots of the sweet potato. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.*, **71**, 375(1958)
- Walter, Jr. W.M. and Purcell, A.E. : Changes in amyloid carbohydrates during preparation of sweet potato flakes. *J. Food Sci.*, **41**, 1374(1976)
- Jenkins, W.F. and Gieger, M. : Curing, baking time and temperatures effecting carbohydrates in sweet potatoes. *Proc. Amer. Soci. Hort. Sci.*, **70**, 419(1957)
- 신말식, 안승요 : 한국산 고구마 전분의 이화학적 특성에 관한 연구, *한국농화학회지*, **26**, 137(1983)
- Hall, D.M. and Sayre, J.G. : A scanning electron microscope study of starches. Part I. Root and tuber starches. *Textile Res. J.*, **39**, 1044(1969)
- Radley, J.A. : Examination and analysis of starch and starch products. Applied Science Pub. Ltd. London. (1976)
- Madamba, C.S.P., Bustrillos, A.R. and Sanpedro, E. L. : Sweet potato starch, physicochemical properties of the whole starch. *The Philippine Agriculturists.*, **58**, 338(1975)
- Fujimoto, S., Nagahama, T. and Kanie, M. : Studies on the fat by hydrolysis of the sweet potato starch, Part II. The difference among tissues. *J. Agric. Chem. Soc. Japan.*, **45**, 68(1971)
- 김완수, 이해수, 김성곤 : 녹두 (*Phaseolus aureus* L.) 전분의 특성, *한국농화학회지*, **23**, 166(1980)
- Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. : Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558(1965)
- Williams, P.C., Kuziaa, F.D. and Hlynka, I. : A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411(1970)
- 정동효, 이현유 : 통일벼의 도정과 품질 및 저장개선 방안에 관한 연구, 제2보, 통일쌀 녹말의 특성, *한국식품과학회지*, **8**, 179(1976)
- Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T. J. : Structure of the starch granule, I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534(1959)
- Donovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K. : Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381(1983)
- Donovan, J.W. : Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers.*, **18**, 263(1979)
- Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E. : Isolation and characterization of starch from mature soybean. *Cereal Chem.*, **55**, 661(1978)
- Owusu-Ansah, J., Van de Voort, F.R. and Stanley, D. W. : Determination of starch gelatinization by X

- ray diffractometry. *Cereal Chem.*, **59**, 167(1982)
25. Takeda, C. and Hizukuri, S. : Characterization of the heat dependent pasting behavior of starches(Studies on the gelatinization of starches). *Nippon Nogei Kagaku Kaishi.*, **48**, 663(1974)
 26. Rasper, V. : Investigations on starch from major starch crops grown in ghana. III. Particle size and particle size distribution. *J. Sci. Food Agric.*, **22**, 572(1971)
 27. 박인순, 김성근, 김춘수 : 밥 전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, **25**, 218(1982)
 28. 정혜민, 안승요, 김성근 : 이까바레 및 밀양 23 호 쌀전분의 이화학적 성질비교. 한국농화학회지, **25**, 67(1982)
 29. Hahn, D.M., Jones, F.T., Akhavan, I. and Rockland, L.B. : Light and scanning electron microscope studies on dry beans ; intracellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans(*Phaseolus lunatus*). *J. Food Sci.*, **42**, 1208(1977)
 30. Wong, R.B.K. and Lelievre, J. : Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Stearke*, **34**, 159(1982)
 31. Schoch, T.J. and Maywald, E.C. : Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, **45**, 564(1968)
 32. Bhattacharya, K.R. and Sowbhagya, C.M. : Pasting behavior of rice; A new method of viscography. *J. Food Sci.*, **44**, 797(1980)
 33. Juliano, B.O. : Criteria and test for quality in "Rice chemistry and technology" p.486, AACC(1985)
 34. Biliaderis, C.G., Page, C.M., Maurice, T.J. and Juliano, B.O. : Thermal characterization of rice starch ; A polymeric approach to phase transitions of granular starch. *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 6(1986)
 35. Wada, K., Takahashi, K., Shirai, K. and Kawamura, A. : DTA applied to examing gelatinization of starches in foods. *J. Food Sci.*, **44**, 1366(1979)
 36. Collison, R. and Chilton, W.G. : Starch gelation as a function of water content. *J. Food Technol.*, **9**, 309(1974)
 37. Kim, K. : Physicochemical and rheological properties of arrow root starch. Chungnam National University *Ph. D. Thesis*(1984)

(1988년 3월 3일 접수)