

## 두류, 곡류 및 감자전분의 호화 특성

김향숙 · 안승요\*

충북대학교 식품영양학과, \*서울대학교 식품영양학과

### Gelatinization Properties of Legume, Cereal and Potato Starches

Hyang Sook Kim and Seung Yo Ahn\*

Department of Food and Nutrition, Chungbuk National University

\*Department of Food and Nutrition, Seoul National University

#### Abstract

Studies were carried out to investigate physicochemical and gelatinization properties of legume, cereal and potato starches. Cowpea, mung bean, acorn, and buckwheat starches showed similar moisture content and amylose content, however, there is neither similarity nor certain trend in WBC, swelling power, and solubility among them. DSC thermograms of cowpea, mung bean, acorn, and buckwheat starches showed similar patterns with two endothermic peaks and relatively broad gelatinization ranges. SEM photomicrography of gelatinized cowpea, mung bean, acorn and buckwheat starches showed highly swollen and extremely disintegrated, folded structure.

#### I. 서 론

전분은 종류에 따라 호화 온도와 호화 전분의 유동학적 특성이 다를 뿐 아니라, 냉각 후 형성되는 겔의 텍스처 특성에도 차이가 크다.

묵은 독특한 텍스처 특성을 가지고 있는 전분겔로서, 우리나라의 전통적인 음식이다. 묵의 재료로는 많은 전분 중에서도 도토리, 녹두 및 메밀 전분만이 이용되고 있으며, 그 중에도 녹두 전분으로 만든 백색의 묵을 청포묵이라고 하는 데, 최근에는 동부가 녹두 대신 청포묵의 원료로 많이 이용되고 있다.

전분겔의 리올로지에 영향을 주는 요인이 아직 잘 이해되지 못하고 있기 때문에 겔화 과정에서 일어나는 분자 및 입자의 변화를 물리적 성질과 관련짓기 어렵고, 또 몇 가지 전분만이 묵과 같은 독특한 특성의 겔을 형성하는 이유에 대하여도 이해되지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 묵의 형성과 그 물리적 특성을 구명하기 위한 연구의 일환으로 묵을 만드는 데 쓰이는 동부, 녹두, 도토리, 메밀 전분과 그 밖에 묵 제조에 사용되지 않는 강낭콩, 쌀, 밀, 옥수수 및 감자 전분들의 이화학적 특성과 호화 특성을 조사하여 그 차이점을 알아보려고 하였다.

#### II. 재료 및 방법

##### 1. 실험재료

동부, 녹두, 메밀, 도토리, 강낭콩, 쌀(아끼바레) 및 밀 전분은 알칼리 침지법에 의하여 실험실에서 분리하였다<sup>1)</sup>. 옥수수와 감자 전분은 Wako Chemical의 제품을 구입

하였다.

##### 2. 전분의 이화학적 성질

시료 전분의 일반성분은 AACC법에 의하여 분석하였다.

전분 입자의 형태 및 크기는 광학현미경으로 관찰하였고, 전분입자의 표면형태는 주사전자 현미경(Hitachi S-450, 일본)을 이용하여 관찰하였다.

X-선 회절도는 X-선 회절기(Rigaku 회사, 일본)을 이용하여 다음과 같은 조건에서 회절각도 40~5°까지 회절시켜 측정하였다 : target; Cu-K $\alpha$ , filter; Ni, 35 Kv, 15 mA, full scale range; 800 cps.

전분의 아밀로오스 함량은 Williams 등<sup>2)</sup>의 비색법과 Schoch<sup>3)</sup>의 Potentiometric titration법에 의하여 측정하였다. 비색법을 위한 표준곡선은 Montgomery와 Senti<sup>4)</sup>의 방법으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정 비율로 혼합한 다음 위의 Williams 등의 방법으로 측정하여 작성하였다.

전분의 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles<sup>5)</sup> 방법으로 다음과 같이 실시하였다. 팽화력은 김과 안<sup>1)</sup>에 의하여 개량된 Schoch의 방법으로 측정하였다.

##### 3. 전분의 호화

시료 전분들에 대한 Differential Scanning Calorimetry (DSC)는 Donovan<sup>7)</sup>방법에 따라 실시하였다. 즉, 시료에 증류수를 1:1의 비율로 가하여 현탁액을 만들고 그 중 20  $\mu$ 를 aluminum sample pan에 넣고 밀봉한 다음 Differential Scanning Calorimetry(STA 785, Stanton Redc-

raft, 영국)를 이용하여 10 °C/min의 속도로 가열하여 endothermic peak를 얻었다.

전분의 호화 온도는 아밀로그래프, DSC, 광투과도에 의하여 조사하였다. 아밀로그래프는 Brabender Visco/Amylograph를 이용하여 전분의 농도를 10 w/v%로 하고 Medcalf와 Gilles<sup>9)</sup>의 방법에 따라 온도를 1.5 °C/min의 속도로 상승되게 조절하였다.

전분 현탁액(0.2%)의 광투과도는 50~120°C의 온도범위에서 625 nm에서의 %transmittance로 측정하였다<sup>8)</sup>.

호화에 따른 전분 입자의 형태변화를 조사하기 위하여 전분 현탁액(3%)을 60~95°C의 온도 범위에서, 소정 온도에서 30분간 저어주면서 가열한 다음 알콜로 탈수하고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>하에서 진공건조하였다. 이를 100 mesh로 분쇄하여 광학현미경, 편광현미경 및 주사전자현미경으로 관찰하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 시료 전분의 일반성분

분리정제 및 구입된 시료 전분의 일반성분을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 두류 전분의 수분함량은 14~15%, 곡류 전분은 12~13%였고, 감자 전분은 17%로 높았다. 단백질함량은 종류에 따른 경향을 볼 수 없고 약 1%에서부터 3%까지의 범위로 나타났다. 회분함량은 대부분이 0.1% 내외였으나 감자 전분만 0.23%로 높게 나타났다는데 이는 감자 전분에 인산기가 결합되어 있기 때문으로 사료된다. 지방함량은 쌀, 옥수수, 밀 전분에서 다른 전분보다 높게 나타났다.

#### 2. 전분의 이화학적 성질

시료 전분들의 형태와 크기는 Table 2에서와 같고 Fig. 1에서 몇 가지 대표적인 전분의 SEM 사진을 제시하였다. 전반적으로 두류 전분은 표면이 둥글고 매끄러웠고 곡류 전분은 다각형이며 거친 모양이었다. 두류 전분 중 동부와 녹두 전분은 형태와 크기가 거의 같았으나 강낭콩 전분은 형태는 같지만 크기가 매우 큰 것이 특징이었다.

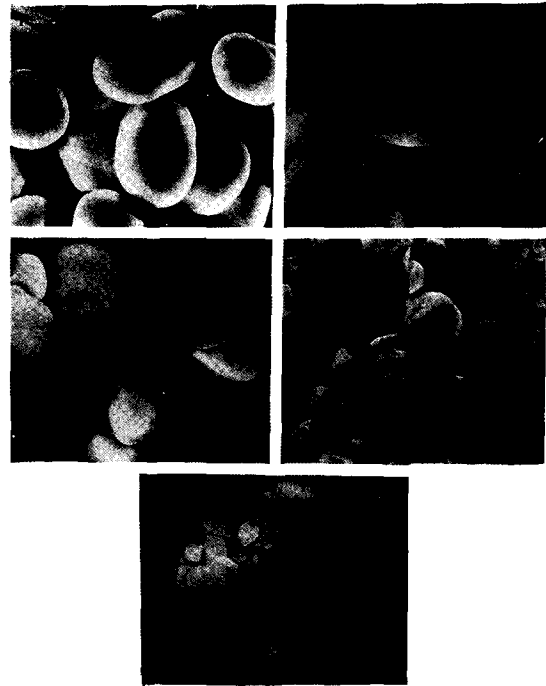


Fig. 1. SEM photomicrographs of cowpea(1), kidney bean(2), acorn(3), buckwheat(4) and rice(5) starches.

도토리 전분은 타원형에 가까우나 부분적으로 각이 져 있으며 표면은 매끄러웠다. 메밀 전분은 쌀 전분과 비슷하지만 표면이 덜 거칠었다.

시료 전분들의 X-선 회절도를 Zobel<sup>10)</sup>의 방법에 따라 분석한 결과는 Table 2와 같다. 쌀, 밀, 옥수수 전분은 곡류 전분의 전형적인 type인 A형이었고, 감자 전분은 B형이었다. 다른 전분들은 C형이었는데 동부, 녹두, 강낭콩 전분은 A형에 가까운 Ca형이고 도토리와 메밀 전분은 B형에 가까운 Cb형이었다.

시료 전분의 아밀로오스 함량은 Table 2에서와 같다. 동부, 녹두, 도토리 및 메밀 전분은 28~35%로 비슷한

Table 1. Proximate composition of the starches tested

Source	Moisture	Protein	Ash	Lipid	
				Crude	Total
Cowpea	15.3	1.2	0.10	0.05	0.21
Mungbean	14.5	0.73	0.10	0.05	0.10
Acorn	14.5	0.73	0.10	0.05	0.10
Bunkwheat	13.1	2.1	0.13	0.20	0.57
Kindney bean	14.0	1.78	0.16	0.04	0.11
Potato	17.0	1.10	0.23	0.04	0.11
Rice	12.1	1.29	0.09	0.23	1.43
Corn	13.3	2.84	0.13	0.48	1.70
Wheat	15.3	0.95	0.10	0.29	1.59

Table 2. Physicochemical characteristics of various starches tested

	Granule size(um)	Granul shaped	X-Ray type	Amylose content(%)	WBC(%db)
Mungbena	8~30	oval	Ca	35	122
Acorn	6~19	polygonal	Cb	30	112
Buckwheat	4~11	polygonal	Cb	27	105
Kindney bean	11~45	oval	Ca	40	101
Potato	5~100	oval	B	20	118
Rice	3~6	polygonal	A	16	123
Corn		polygonal	A	25	109
Wheat	1~45	round	A	24	97

**Table 3. Swelling power and solubility of various starches tested**

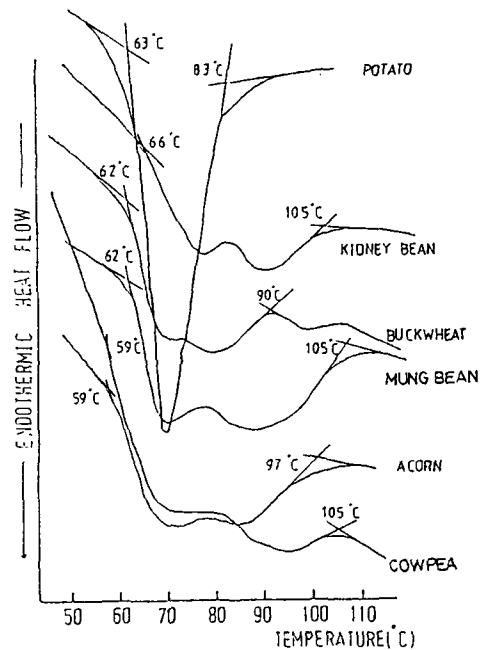
	Solubility(%)		Swelling power	
	80°C	90°C	80°C	90°C
Cowpea	14.9	20.4	28.6	34.2
Mungbean	24.7	29.1	24.9	29.3
Acorn	29.9	36.2	36.2	39.8
Buckwheat	20.1	20.0	28.9	34.2
Kidney bean	16.7	24.8	13.1	19.1
Potato	24.2	29.9	47.0	57.3
Rice	30.0	39.5	23.2	26.2
Corn	10.3	22.0	15.4	24.6
Wheat	22.4	44.3	20.7	30.7

아밀로오스 함량을 보였다. 강남콩 전분의 아밀로오스 함량은 40%로서 같은 두류 전분이지만 동부나 녹두 전분보다 높았다. 쌀 전분은 아밀로오스 함량이 16%로 가장 낮았고, 감자 전분은 20%였으며, 옥수수과 밀 전분은 24~25%로 곡류 전분 중에서는 높은 편이나 두류와 도토리, 메밀 전분보다는 낮았다.

시료 전분의 물결합 능력은 Table 2에서와 같다. 밀 전분의 물결합 능력은 97로서 시료 전분 중 가장 작은 값을 보였고, 강남콩은 101, 메밀은 105, 옥수수는 109로서 작은 편이었다. 쌀과 녹두 전분은 123과 122로서 가장 큰 값을 보였고, 동부는 113, 도토리는 112, 감자는 119이었다. 전분에 결합된 물은 입자에 침투된 것과 입자 표면에 흡착된 것으로서, 같은 종류의 전분은 비슷한 물결합 능력을 나타낸다고 한다<sup>9)</sup>.

시료 전분의 80°C와 90°C에서의 팽화력과 용해도는 Table 3에서와 같다. 동부, 녹두, 도토리 및 메밀 전분은 팽화력과 용해도의 차이가 별로 없는 편이었다. 강남콩 전분은 팽화력이 매우 작았으나 용해도는 동부, 녹두, 메밀과 비슷하였다. Black bean과 Navy bean 전분도 강남콩 전분과 같이 팽화력이 낮은 것으로 보고된 바 있다<sup>10)</sup>. 옥수수 전분은 동부, 녹두, 메밀, 도토리 전분보다 다소 낮은 값을 보였다. 감자 전분은 용해도는 다른 전분과 비슷하지만 팽화력이 현저하게 컸다. 쌀 전분과 밀 전분은 팽화력은 중간 정도이지만, 팽화력에 비하여 용해도가 컸고, 다른 전분들에 비해서도 용해도가 매우 컸다. 특히 쌀 전분의 용해도는 80°C에서 이미 아밀로오스 함량치보다 높았고 밀 전분은 90°C에서 아밀로오스 함량치보다 높은 값을 나타냈다. 이것은 아밀로오스와 함께 아밀로펙틴도 용출된 것을 나타내는 것이며, 전분 입자내의 결합력이 약하기 때문이라고 생각된다.

대부분의 전분은 Table 3에서와 같이 용해도는 온도에 따라 증가해도 아밀로오스 함량치와 비슷하거나 그 이하였다. 즉 전분입자를 이루는 고형물 중 선상분자들만이 입자로부터 빠져 나오고 아밀로펙틴으로 이루어진 입자의 기본적인 integrity는 유지되는 것이라고 생각된다. Heckman<sup>11)</sup>은 팽화력이 큰 것은 입자내의 결합력이 약

**Fig. 2. DSC thermograms of the starches tested.**

하기 때문이라고 하였으나, 위와 같은 사실로 보아서 팽화력만 가지고 결합력을 비교할 수는 없다고 생각되었다.

### 3. 전분의 호화

#### (1) Differential Scanning Calorimetry

시료 전분들의 DSC에 의한 호화양상은 Fig. 2와 같다. 두류 전분과 도토리, 메밀 전분은 두 개의 흡열 peak를 나타냈고, 호화 온도 범위가 60~100°C로 넓었다. 이에 반하여 감자 전분은 하나의 흡열 peak를 보였고 호화 온도 범위가 63~83°C로 좁았다. Biliaderis 등도 두류 전분이 DSC endotherm에서 두 개의 흡열 peak를 나타낸다고 보고하였다. 그러나, 같은 조건에서의 감자, 옥수수, 밀, 쌀 전분의 DSC endotherm은 첫번째 peak 다음에 두번째 peak가 뒤따른다고 하였다<sup>12,13)</sup>.

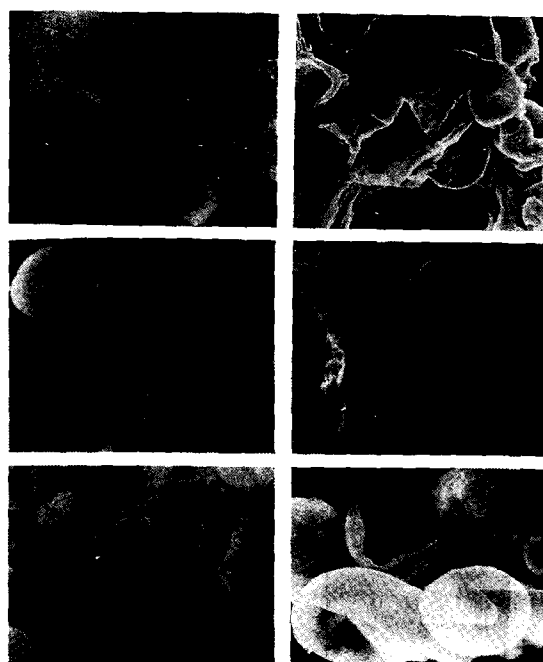
전분 입자내에 수분이 흡수되는 것은 비결정성 영역에 의한 것이고<sup>14)</sup>, 여기에 흡수된 수분은 가열시 결정부분을 불안정화시켜 호화가 일어나는 것을 촉진시키므로 전분의 호화는 수분에 의하여 촉진되는 helix-coil 전환이라고 알려져 있다. 중간 수분 상태에서 DSC endotherm에 peak가 두 개인 것은 첫번째 peak 온도에서 이러한 호화가 완전히 일어나지 못했기 때문에 나머지 결정부분에 수분의 재배열이 일어나고 호화가 더욱 진행되다가 마지막에는 결정의 용융이 일어나는 것이라고 하였다<sup>12)</sup>. 또한 분지도가 클수록 호화 온도 범위가 커진다고 하였다. Fig. 2에서와 같이 동부, 녹두, 도토리 전분의 호화 온도 범위가 다른 것 보다 큰 것으로 보아 상대적으로

**Table 4. Brabender viscomylograph data of various starches tested(concentration: 10w/v%)**

	Viscosity(BU) at			
	Peak	95°C	95°C -15 min	50°C
Cowpea	1610	1460	1260	2240
Mungbean	1190	1150	1150	2250
Acorn	1100	925	830	1575
Buckwheat	1055	860	810	1550
Kindney bean	-	110	195	330
Potato	2850	965	675	1110
Rice	940	435	390	990

**Table 5. Gelatinization temperature of various starches tested(unit; °C)**

	%Transmittance	DSC			Brabender amylograph
		To	Tp	Tc	
Cowpea	70	67	83	110	70.5
Mungbean	70	62	73	105	71.5
Acorn	60	59	72	97	65.8
Buckwheat	60	62	70.5	90	65.0
Kindney bean	75	66	80	105	77.7
Potato	60	63	69	83	62.5
Rice	60				63.5
Core	70				
Wheat	65				77.0



**Fig. 3. SEM photomicrographs of cowpea(top), mung bean(middle) and acorn(bottom) starches gelatinized at 65°C(left) and 95°C(right): x1600.**

분지도가 크다는 것을 알 수 있었다.

(2) 아밀로그래프 및 호화 온도

시료 전분들의 아밀로그래프에 의한 호화 양상을 분석한 자료를 Table 4에 제시하였다. 호화 과정에서는 동부 전분의 점도가 가장 크고 녹두 전분이 그 다음이며, 도토리과 메밀 전분은 다소 비슷하게 큰 증가를 보였고, 도토리과 메밀 전분은 그들보다는 다소 낮은 점도를 나타냈다.

쌀 전분은 전반적으로 낮은 점도를 보였고, 특히 냉각점도가 낮았다. 감자 전분은 peak 점도가 특이하게 높았으나, 냉각 점도는 낮은 편이었다.

여러 가지 방법에 의하여 측정된 시료 전분들의 호화 온도는 Table 5와 같다. 전반적으로 곡류 전분보다 두류 전분의 호화 온도가 더 높았고 강남콩 전분이 가장 높았다.

(3) 호화 전분 입자의 형태 변화

시료 전분들을 65°C와 95°C로 가열하였을 때 입자의 형태 변화를 SEM으로 관찰한 결과는 Fig. 3~5에서와 같다. Fig. 3에서 보면 동부와 녹두 전분의 호화에 따른 형태 변화는 비슷하였다. 도토리 전분은 65°C에서의 변화는 동부와 비슷하였으나 95°C에서는 동부나 녹두 전분보다 중첩이 덜 일어났다. 메밀 전분(Fig. 4)은 65°C에서 팽윤이 일어나서 본래 다각형이었던 것이 둥근 형태로 변하였으나, 동공은 보이지 않았다. 95°C에서도 도토리



**Fig. 4. SEM photomicrographs of buckwheat(top), kidney bean(middle) and corn(bottom) starches gelatinized at 65°C(left) and 95°C(right): x1600.**

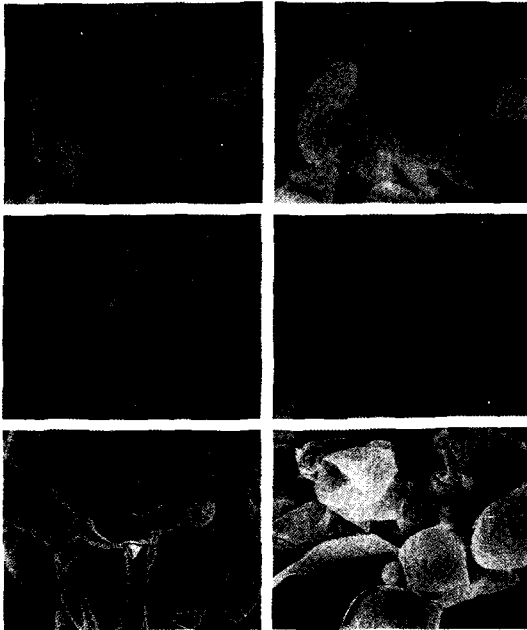


Fig. 5. SEM photomicrographs of wheat(top), rice(middle) and potato(bottom) starches gelatinized at 65°(left) and 95°(right): x1600 for rice and 400 for potato starches.

전분보다 중첩이 덜 일어난 것으로 보였다.

Fig. 4의 95°C에서 호화된 강남콩 전분은 본래 입자가 커서 다른 전분들과 같은 배율(1600배)로는 팽윤된 입자를 관찰하기 어려웠기 때문에 1000배로 확대하여 찍은 사진을 제시하였다. 강남콩 전분은 호화에 의하여 팽윤이 일어나고 입자가 부분적으로 중첩되었을 뿐 입자의 형태는 거의 유지되고 있었다. 이것은 강남콩 전분이 호화 온도가 다른 전분들 보다 높고, 아밀로그래프 측정 결과에서도 호화에 대한 저항성이 큰 것으로 나타난 것과 일치하는 결과였다. 옥수수 전분은 95°C에서 어느 정도의 팽윤이 일어났으나 입자의 형태에는 뚜렷한 변화가 없었다.

Fig 5에서는 밀, 쌀 및 감자 전분의 가열 호화에 따른 형태 변화를 제시하였다. 밀과 쌀 전분은 1600배이고 감자 전분은 400배이다. 밀 전분은 65°C에서 원반과 같은 형태로 변화하였는데 이는 다른 연구자들에 의해서도 보고된 바 있다<sup>15,16)</sup>. 95°C에서는 이와 같은 변화가 더욱 진행되었고 약간의 중첩이 일어난 것을 볼 수 있었다. 쌀 전분은 65°C에서 약간의 팽윤이 일어났을 뿐이고 형태의 변화는 볼 수 없었으나 95°C에서는 입자의 형태가 완전히 붕괴되었다. 감자 전분은 본래의 입자 크기도 크지만 팽화력이 매우 크기 때문에 400배의 배율로도 다른 전분들과 비슷한 크기와 형태를 관찰할 수 있었다. 65°C에서는 상당히 중첩되었으면서도 입자의

형태를 유지하고 있었으나 95°C에서는 부분적으로 입자가 붕괴된 것을 볼 수 있었다.

#### IV. 요약

묵의 형성과 그의 물리적 특성을 구명하기 위하여 동부 전분을 포함한 두류, 곡류 및 감자 전분의 이화학적 특성과 호화 특성을 조사하였다.

동부, 녹두, 도토리, 메밀 전분은 비슷한 수분함량과 아밀로오스 함량을 나타냈고, 팽화력, 용해도에서는 공통점이나 어떤 경향을 볼 수 없었다.

DSC에 의한 호화 양상에서 동부, 도토리, 메밀 전분은 비슷한 패턴으로 두 개의 흡열 peak를 나타냈으며, 호화 온도 범위가 다른 전분들에 비하여 넓었다. 호화된 전분 입자를 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 결과 묵을 형성하는 동부, 녹두, 도토리 및 메밀 전분은 온도가 증가함에 따라 입자의 형태가 없어지고 심하게 중첩이 일어났다.

#### 참고문헌

1. 김향숙, 권미라, 안승요, 동부 전분의 이화학적 특성, 한국식품학회지 19, 18 (1987).
2. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I., A Rapid Colorimetric Procedure for Estimating the amylose Content of Starches and Flours, *Cereal Chem.*, 47, 411 (1970).
3. Schoch, T.J., Iodimetric determination of amylose (potentiometric titration: standard method), In "methods in carbohydrate chemistry" ed. by whistler, R. L. Vol. 4, p. 157, Academic Press (1964).
4. Montgomery, E.M. and Senti, F.R., Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure, *J. Polymer Sci.*, 28, 1 (1964).
5. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A., Wheat starches, I, comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, 42, 558 (1965).
6. Donovan, J.W., Phase transitions of the starchwater system, *Biopolymers*, 18, 263 (1979).
7. 신말식, 분질과 점질 고구마의 텍스처 및 전분특성, 서울대학교 박사학위논문 (1987).
8. Zobel, H.F., X-ray analysis of starch granules, In "Methods in carbohydrate chemistry", Vol. 4, p. 109, Academic Press, New York (1964).
9. Lai, C.C. and Varriano-Marston, E., Studies on the characteristics of black bean starch, *J. Food Sci.*, 44, 528 (1979).
10. Heckman, E., Starch and its modification for the food industry in "Food colloids" ed. by Graham, H.D. AVI Publishing Co., p. 464 (1977).
11. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R., Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry, *J. Food Sci.*, 45, 1669 (1980).
12. Ghiasi, K., Hosennay, R.C. and Varriano-Marston, E., Gelatinization of wheat starch. III, Comparison by dif-

- ferential scanning calorimetry and light microscopy, *Cereal Chem.*, **59**, 258 (1982).
13. Kainuma, K. and French, D., Negeli amyloextrin and its relationship to starch granule structure. 1. Preparation and properties of amyloextrins from various starch types, *Biopolymers* **10**, 1673 (1971).
  14. Ghiasi, K., Hosney, R.C. and Varriano-Marston, E., Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems, *Cereal Chem.*, **59**, 86 (1981).
  15. Miller, B.S. and Trimbo, H.B., A pictorial explanation for the increase in viscosity of a heated wheat starch-water suspension, *Cereal Chem.*, **50**, 271 (1973).