

## 췌전분의 이화학적 성질

김 관 · 윤한교\* · 김성곤\*\*

전남대학교 식품가공학과, \*충남대학교 식품가공학과, \*\*단국대학교 식품영양학과  
(1984년 9월 28일 수리)

### Physicochemical Properties of Arrowroot Starch

Kwan Kim, Han-Kyo Yoon\* and Sung-Kon Kim\*\*

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju

\*Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon

\*\*Department of Food and Nutrition, Dankook University, Seoul

#### Abstract

Physicochemical properties of arrowroot starch were investigated. The starch had blue value of 0.397, alkali number of 10.1 and amylose content of 22.0%. The starch was practically insoluble in water up to 55°C. X-ray diffraction was C pattern, but was close to A pattern. The alkali number, X-ray pattern and viscogram of the starch and retrogradation rate of the starch gels indicated that the properties of the arrow root starch were close to those of cereal starches.

#### 머 리 말

췌(*Pueraria hirsuta* Matsum)은 두과(豆科)에 속하는 다년생 덩굴 식물로서, 뿌리는 13~16%의 전분을 함유하고 있다.<sup>1)</sup> 일본에서는 연간 300 톤 정도의 췌 전분이 생산되며, 전통적인 과자제품, 면류의 제조등에 사용되고 있으나, 우리나라에서는 아직 별로 유용하게 이용되지 못하고 있다.

췌 전분에 대하여는 부분적인 연구가 일부 이루어져 있다.<sup>2-8)</sup> 최근 Suzuki 등<sup>1)</sup>은 췌 전분의 구조, 호화특성들을 보고하였으나 아직 췌 전분의 특성 규명에는 미흡한 점이 많은 실정이다.

본 연구에서는 췌전분의 특성에 관한 종합연구의 일환으로 우선 이화학적 성질에 대하여 보고하고자 한다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 실험재료

췌는 전라남도 광주시 무등산 일대에 야생한 4~5년된 뿌리를 채취하여 사용하였다.

##### 2. 실험방법

###### 1) 전분의 제조

췌 뿌리를 물로 씻어, 모래, 흙 등을 제거하고 약 1cm 정도의 길이로 절단하였다. 이에 증류수 6

배량을 가하고 Waring blender를 이용하여 마쇄하고 100 및 200 mesh 체로 쳐서 분쇄되지 않은 찌꺼기를 제거하였다. 이 액을 저온에서 하룻밤 방치하여 침전된 전분은 다시 증류수로 씻는 과정을 4회 반복하여 정제전분을 얻었다. 회수된 전분은 실온에서 3일간 건조시킨 다음 80mesh 체로 쳐서 시료로 하였다.

2) 전분입자의 형태 및 X-ray 회절도

전분입자의 광학현미경 사진촬영은 50% glycerine 수용액에 1%가 되도록 전분을 분산시키고 요오드용액으로 염색시킨 다음, Photomicroscope (Kyowa Optical Co., Japan)을 사용하여 600배로 확대하여 실시하였다.<sup>9)</sup>

시료전분의 X-ray 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 사용하여 2θ 30~10°까지 회절시켰다.<sup>10)</sup>

3) 전분의 이화학적 성질

전분의 일반성분은 AOAC 법<sup>11)</sup>으로, blue value는 Gibbert와 Spragg<sup>12)</sup>의 방법으로, 알카리수는 Schoch<sup>13)</sup>의 방법으로 구하였다. 아밀로스 함량은 Williams 등<sup>4)</sup>의 방법을 이용하였으며, 표준곡선은 시료 전분으로부터 분리한 아밀로스와 아밀로펙틴을 이용하여 작성하였다.

시료전분의 광투과도는 Wilson 등<sup>14)</sup>의 방법으로, swelling power와 용해도는 Schoch<sup>15)</sup>의 방법으로, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles<sup>16)</sup>의 방법으로 구하였다.

4) Amylograph 에 의한 호화양상

시료 전분의 호화양상은 Brabender/visco/Amylograph를 이용하여 Medcalf 및 Gilles<sup>17)</sup>의 방법에 따르되 전분농도는 4, 6 및 8%를 사용하였다. 전분시료를 Waring blender를 사용하여 잘 섞은 후 25°C에서 95°C까지 1.5°C/min로 가열하고 95°C에서 20분간 유지시킨 후 다시 1.5°C/min의 속도로 50°C까지 냉각시킨 다음 50°C에서 20분간 유지시켰다.

인산염의 첨가에 따른 시료 전분의 호화양상도 위와 같이 하되 4% 전분을 사용하였고 인산염의 농도는 전분의 무게비로 0.3, 0.5 및 0.7%를 사용하였다. 본 실험에 사용한 인산염의 조성은 sodium polyphosphate 85%, sodium hexametaphosphate 7%, potassium polyphosphate 8%이다.

Amylogram 으로부터 초기호화온도, 최고점도, 95°C에서의 점도, 95°C에서 20분후의 점도, 50°C

C에서의 점도 및 50°C에서 20분 후의 점도를 구하였다. 초기 호화온도는 점도가 10BU에 도달하는 온도로 나타내었다.

5) 전분 gel 의 노화

시료 전분(5g)을 Petri dish에 취하고 증류수를 가하여 전분의 농도가 건물중으로 45%가 되도록 조절한 다음 25°C에서 98°C까지 온도를 올리면서 전분을 호화시켰다. 전분 gel을 실온에서 20분간 냉각시킨 다음 21°C에 보관하였다.

전분 gel을 저장하는 동안의 경도변화는 Texturometer(Zenken Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 경도 측정은 시료당 15~20회 반복하고 평균값으로 나타내었다.

저장일수 0, 1, 2, 3 및 5일째의 gel의 경도는 다음 식<sup>18)</sup>에 따라 분석하였다.

E\_L - E\_t / E\_L - E\_0 = exp(-kt^n) .....(1)

이를 풀면

log \* E\_L - E\_t / E\_L - E\_0 = -kt^n .....(2)

따라서

log [-log \* E\_L - E\_t / E\_L - E\_0] = log k + n log t .....(3)

Avrami 지수 n은 식 3의 기울기로부터 구하였다. 속도상수 k는 log \* (E\_L - E\_t)와 t와의 graph로부터 구하였다. 전분 gel의 E\_L 값은 2°C에서 6일간 보관한 시료로부터 구하였다.

결과 및 고찰

1. 전분 입자의 형태 및 X-ray 회절도

광학현미경 및 Scanning electron 현미경으로 관찰한 결과 칩전분 입자는 구형, 반구형 및 다각형의 여러 형태로 존재하며 그 크기도 다양하였다.

전분 1,200입자를 현미경으로 크기를 관찰한 결과는 그림 1과 같다. 전분입자의 크기는 3.3~23 μm이었으며 약 65% 이상의 입자가 6~10 μm의 범위이었다. Suzuki 등<sup>11)</sup>은 칩전분 입자의 크기는 평균 15 μm로서 큰입자는 직경이 30 μm에 이룬다고 보고하였고, Ciacco와 D'Appolonia<sup>2)</sup>는 칩전분의 크기는 3.9~15.6 μm라고 보고하였다.

칩전분의 X-ray 회절도는 Fig. 2와 같고 16.35, 5.98, 5.21, 4.95 및 3.91 Å에서 peak를 보이므로 C형에 속하는 것으로 판단된다.<sup>19)</sup> 칩전분은 5b ring이 없으며 B형의 특징인 peak가 매우 약하게 나타나고 있으므로(Fig. 2), 칩전분은 오히

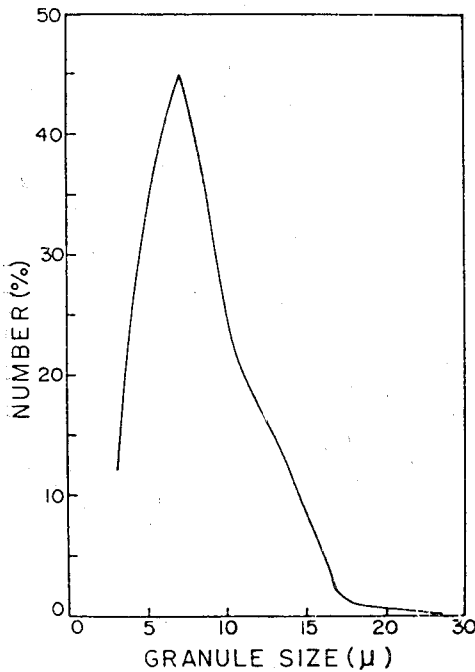


Fig. 1. Granule size distribution of arrowroot starch.

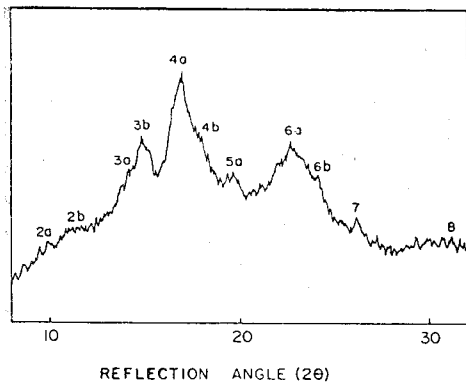


Fig. 2. X-ray diffractogram of arrowroot starch.

려 A형에 가까운 회절양상을 보였다. 이는 Suzuki 들<sup>2)</sup>의 결과와 일치하는 것이었다. 그러나 Hizukuri와 Nikuni<sup>5)</sup> 및 Hizukuri<sup>6)</sup>는 췌전분은 전형적인 C형(A형과 B형이 50 : 50)이라고 보고하였다. C형 전분은 생육온도에 민감하게 반응하는 것으로 알려져 있으며, 고온에서 생육시 A형쪽의 특성이 강하게 나타나는 것으로 보고되어 있다.<sup>20~</sup>

22)

## 2. 전분의 이화학적 성질

췌전분의 일반성분은 표 1과 같다. 본 실험에 사용한 췌뿌리의 일반성분은 수분 65.8%, 조단백질 5.7%, 조섬유 9.9%, 조지방 0.45%, 회분 2.0%이었다, 따라서 물로 전분을 추출하는 경우 단백질, 지방 및 회분이 대부분 제거됨을 알 수 있다.

Table 1. Proximate composition and physico-chemical properties of arrowroot starch

Moisture(%)	12.3
Crude protein(N×6.25)(%)	0.72
Ash(%)	0.11
Crude fat(%)	0.11
Blue value	0.397
Alkali number	10.1
Amylose content(%)	22.0
Water-binding capacity(%)	87.5

전분의 직쇄상 분자의 양을 상대적으로 비교할 수 있는 지표인 blue value<sup>12)</sup>는 0.397으로서 이는 Suzuki 들<sup>1)</sup>이 보고한 0.406과 비슷한 결과이었다. 췌전분의 alkali number는 10.1으로서 고사리 뿌리 전분의 11.03<sup>23)</sup>보다 다소 낮은 값이었으나 tapioca(5.9~6.9)와 감자(5.7~6.9)에 비하여는 높은 값을 보였으며, 오히려 곡류 전분의 alkali number(9.7~12.2)<sup>23)</sup>에 가까운 결과를 보였다. 시료전분의 amylose 함량은 22.0%로서 이는 Aoki와 Tani<sup>3)</sup>의 20.2%, Suzuki 들<sup>1)</sup>의 21.0%, Williams 들<sup>4)</sup>의 22.1%와 비슷한 결과이었다.

췌전분의 물결합력은 87.5%로서, 이 값은 Ciacco와 D'Appolonia<sup>2)</sup>가 보고한 91.6%보다 다소 낮은 경향이었고, Lorenz와 Kulp<sup>8)</sup>가 보고한 81.9%보다는 높은 경향이였다.

전분현탁액(0.1%)을 가열하면서 광투과도를 측정 한 결과는 그림 3과 같다. 광투과도는 58°C까지는 큰 변화가 없었으나 이후부터는 60°C까지 서서히 증가하였다가 급격히 증가하였다. 따라서 췌전분은 60°C 이후부터 입자의 수화가 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한 췌전분은 single-stage의 호화 양상을 보이는데, 이는 Ciacco와 D'Appolonia<sup>2)</sup>의 결과와 일치하는 것이였다. Suzuki 들<sup>1)</sup>은 췌전분의 호화 초기에는 amylopectin이, 호화가 진행됨에 따라 amylose와 amylopectin이 동시에 호화되는 특징적인 현상을 보인다고 보고하였다.

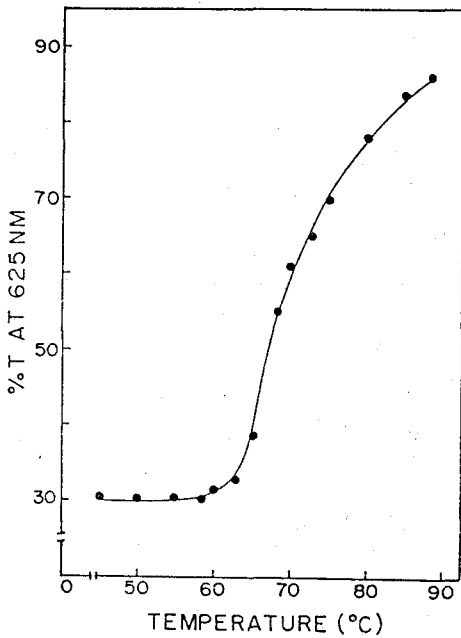


Fig. 3. Changes in transmittance of 0.1% arrowroot starch suspension.

Table 2. Percentage solubility and swelling power of arrowroot starch

Temperature(°C)	Solubility (%)	Swelling power
50	0.08	2.10
55	0.38	2.50
60	2.80	6.50
65	5.85	15.10
70	7.40	17.85
75	8.77	19.80
80	9.35	20.80

전분 입자 내부의 결합력의 정도를 알아보기 위하여 췌전분의 용해도와 swelling power를 측정

Table 3. Amylograph data on arrowroot starch

Starch concn. (dry basis)	Initial pasting temp. <sup>a)</sup> (°C)	Peak height (B.U)	Peak height at 95°C (B.U)	20-min height <sup>b)</sup> (B.U)	Height at 50°C (B.U)	Height at 50°C after 20 min (B.U)
4%	75.0	no peak	180	160	230	290
6%	68.5	690	650	480	800	810
8%	67.0	2,060	1,580	1,160	1,660	1,660

a) Temperature at which the initial increase in viscosity by 10 B.U

b) Peak height after 20 minute holding at 95°C

한 결과는 표 2와 같다. 췌전분은 그림 3에서와 같이 single-stage의 swelling 현상을 보이며 비교적 낮은 용해도를 보였다. 췌전분은 55°C까지는 용해도가 0.38%로서 거의 불용성이며, 60°C 이후부터 용해도가 증가되었다. Swelling power도 용해도와 마찬가지로 60°C부터 증가하였다. 이 결과는 그림 3의 광투과도와 결과와도 일치하였다. 그러나 65°C 이후의 용해도 및 swelling power는 증가가 완만하였다. 따라서 췌전분은 온도 상승에 따라 용해도와 swelling power가 증가하나 고온(65~80°C)에서는 증가가 상당히 억제됨을 알 수 있다. Lorenz와 Kulp<sup>8)</sup>는 췌전분의 swelling power는 60°C에서 2.28, 80°C에서 7.62로 보고하였는데, 이는 본 실험결과에 비하여 낮은 결과이었다.

3. 호화 양상

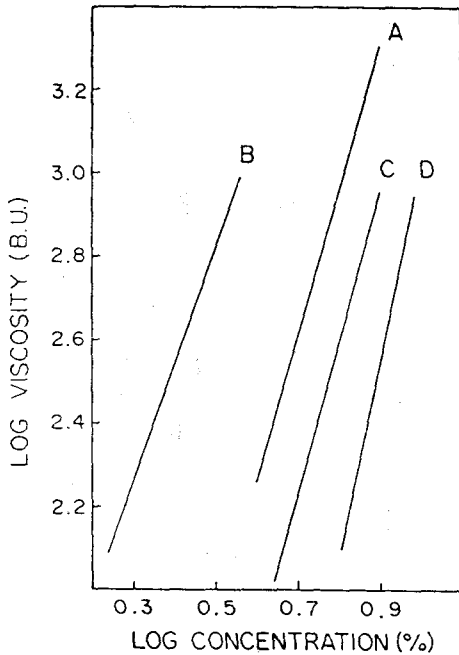
췌전분의 amylogram 결과는 표 3과 같다. 초기 호화온도는 전분농도가 증가할 수록 감소하였는데 이 현상은 기타 전분에서도 잘 알려져 있다.<sup>24)</sup> Suzuki 등<sup>1)</sup>은 6% 췌전분의 최고 점도는 245BU 라고 보고하였는데, 본 실험 결과(표 3)보다 아주 낮은 값이었다.

최고 점도는 전분의 cooking의 용이도를 측정하는 지표로서<sup>24)</sup> 표 3의 결과에 의하면 농도가 증가할수록 쉽게 호화됨을 알 수 있다. 췌전분 paste를 95°C에서 20분간 유지하는 동안 점도는 다소 감소하는 경향을 보였다(표 3). 이를 50°C로 냉각시켰을 때는 다시 점도가 상승하였으며, 같은 온도에서 20분간 유지하였을 때 점도는 큰변화가 없었다. 이 결과는 췌전분은 냉각시 노화가 쉽게 일어남을 가르킨다.

전분농도와 최고점도는 직선적인 상관관계를 보인다고 알려져 있다.<sup>24)</sup> 췌전분 및 기타 전분의 농도와 최고 점도와의 관계는 그림 4와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 전분농도와 최고점도는 직선

**Table 4.** Effect of phosphate on arrowroot starch(4%) amylogram

Phosphate concn. (%)	Initial pasting temp. (°C)	Peak height (B.U)	Peak height at 95°C (B.U)	20-min height (B.U)	Height at 50°C (B.U)	Height at 50°C after 20 min (B.U)
0	75.0	no peak	180	160	230	290
0.3	71.5	no peak	130	100	150	170
0.5	71.5	no peak	110	90	120	140
0.7	71.5	no peak	100	80	110	130



**Fig. 4.** Relationship between log peak viscosity and log concentration of the starch slurry.

- A = arrowroot starch
- B = potato starch
- C = rise starch
- D = wheat starch

적인 관계를 보이며, 칩전분은 곡류전분(쌀및 밀)과 비슷한 경향을 보였다. 이는 앞에서 설명한 바와 같이 칩전분은 alkali number, X-ray 회절도, 호화온도 등의 특성이 곡류전분에 가까운 성질을 갖고 있음에 기인하는 것으로 생각된다.

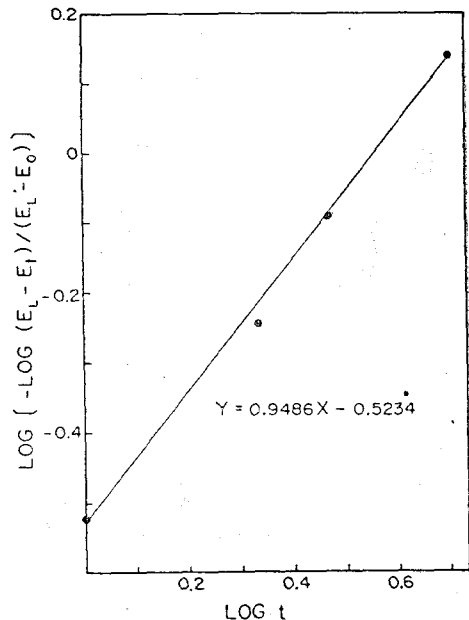
칩전분(4% 농도)에 인산염을 첨가한 경우의 호화양상은 표 4와 같다. 인산염은 초기호화에 영향을 주었는데, 이는 인산염의 존재시 호화가 촉진됨을 가르킨다. 또한 인산염의 존재시 amylogram 특성치는 모두 낮은 값을 보였다. 특히 50°C에서의 점도는 대조구에 비하여 아주 낮았는데,

이는 인산염이 전분 paste의 냉각중 노화현상을 억제하기 때문으로 생각된다,

**4. 전분 gel의 노화**

21°C에서 저장한 칩 전분의 gel 시간경과에 따른 단단함의 변화를 Avrami 방식으로 분석한 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 Avrami 지수(n)는 0.9486이었고 실험 오차내에서 n의 값은 unity(즉 n=1)로 볼 수 있다. 이 값으로 속도상수를 구하기 위하여 시간에 대한  $\log_e(E_L - E_t)$ 의 graph를 그리는데 사용하였으며, 이로부터 구한 속도상수(k)는 0.2579일(그림 6), 시간상수(1/k)는 3.62일이었다.

Avrami 지수(즉 n=1)는 칩 전분 결정화의 mechanism이 순간적인 핵형성에 잇따른 막대기 모



**Fig. 5.** Plot of  $\log [-\log_e(E_L - E_t)/(E_L - E_0)]$  vs.  $\log t$  for 45% arrowroot starch gel stored at 21°C.

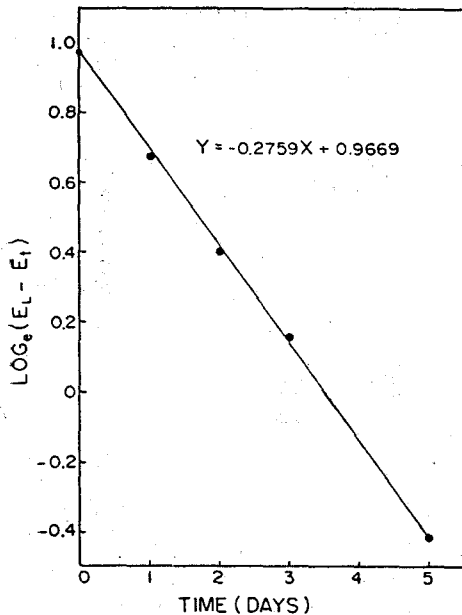


Fig. 6. Plot  $\log_e(E_L - E_t)$  vs. time for 45% arrowroot starch gel stored at 21°C.

양의 결정성장이라는 사실을 가르킨다.<sup>25)</sup> 이는 밀 전분<sup>26-28)</sup> 쌀 전분<sup>29)</sup>, 밤 전분<sup>30)</sup> 등에서도 볼 수 있는 현상으로서 전분 결정화의 특성이자.

전분 gel의 노화속도는 amylose 함량과 정비례의 관계가 있다고 알려져 있다.<sup>31)</sup> 칩 전분과 비슷한 amylose 함량을 가진 밤 전분(amylose 함량 22.7%)의 시간상수는 1.68 일<sup>30)</sup>, 녹두 전분(amylose 함량 22.7%)은 1.99일<sup>32)</sup>, 밀 전분(amylose 함량 24.5%)의 시간상수는 3.80일<sup>29)</sup>이며 쌀 전분(amylose 함량 18.5%)의 경우 시간상수는 6.72일<sup>29)</sup>로 보고되어 있다. 칩 전분의 시간상수일 3.62은 밀 전분의 시간상수(즉 3.80)일과 비슷한 결과이었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 칩 전분의 alkali number(표 1), X-ray 회절도(그림 2), 호화양상(그림 4) 및 gel의 노화속도(그림 6)는 곡류 전분과 비슷한 결과를 보였다. 칩 전분의 일부 성질은 외국의 연구 결과와 상이한 결과를 보였다. 지하 전분의 경우 생육조건에 따라 X-ray 회절양상이 달라진다는 사실<sup>20-22)</sup>을 감안할 때, 칩 전분의 일부 성질은 재배지에 따라 영향을 받으리라 생각된다. 따라서 칩 전분의 특성 규명에도 품종, 재배지 등에 따른 폭넓은 연구가 이루어져야 하리라 생각된다.

초 록

칩 전분 입자의 형태는 구형, 반구형 및 다각형으로서 입자 크기는 3.3~23 $\mu$ m이었다. 전분의 blue value는 0.397, 알카리수는 10.1, 아밀로스 함량은 22.0%, 물결함능력은 87.5%이었다. 칩 전분은 55°C까지 물에 불용성이었다. 전분의 알카리수, X-ray 회절도, 아밀로그래프에 의한 점도양상, 전분겔의 노화속도는 곡류전분과 비슷한 결과를 보였다.

참고문헌

1. Suzuki, A., Hizukuri, S. and Takeda, Y.: Cereal Chem., 58 : 286(1981).
2. Ciacco, F. and D'Appolonia, B.L.: Cereal Chem., 54 : 1096(1977).
3. Aoki, M. and Tani, X.: J. Home Econ. (Japan), 26 : 249(1977).
4. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: Cereal Chem., 47 : 411(1970).
5. Hizukuri, S. and Nikuni, Z.: Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 31 : 525(1957).
6. Hizukuri, S.: J. Jap. Soc. Starch Sci., 17 : 73(1979).
7. Tabata, S. and Hizukuri, S.: Starch Sci. (Japan), 22(2) : 27(1975).
8. Lorenz, K. and Kulp, K.: Staerke, 34 : 50 (1982).
9. MacMaster, M.M.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler (ed.), Vol. 4, p.233. Academic Press, N.Y. (1964).
10. Culinity, B.D.: Elements of X-ray diffraction. Addison-Wesley Pub. Co., Inc., U.S.A. (1976).
11. Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis, 13th ed., Washington, D.C. (1980).
12. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler (ed.), Vol. 4, p.168. Academic Press, N.Y. (1964).

13. Schoch, T.J.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p. 61. Academic Press, N.Y.(1964).
14. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D. P. and Snyder, H.E.: Cereal Chem., 55 : 661(1978).
15. Schoch, T.J.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler (ed.), Vol. 4, p.106. Academic Press, N.Y.(1964).
16. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Cereal Chem., 42 : 558(1965).
17. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Stareke, 4 : 101(1966).
18. Cornford, S.J., Axford, D.W.E. and Elton, G.A.H.: Cereal Chem., 41 : 216(1964).
19. Zobel, H.F.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry", R.L. Whistler(ed.), Vol. 4, p.109. Academic Press, N.Y.(1964).
20. Hizukuri, S., Fuju, M. and Nikuni, Z.: Nature, 192 : 239(1961).
21. Hizukuri, S., Fuju, M. and Nikuni, Z.: Stareke, 17 : 40(1965).
22. Nikuni, Z., Hizukuri, S., Fuju, M., Doi, K., Hasegawa, H., Moriwaki, T., Nara, S. and Maeda, I.: Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 37 : 673(1963).
23. Jo, J.S.: Korean J. Food Sci. Technol., 10 : 57(1978).
24. Shuey, W. C. and Tipples, K.H.: The Amylograph Handbook. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN(1982).
25. Sharples, A.: Introduction to Polymer Crystallization, Edward Arnold Ltd., London (1966).
26. McIver, R.G., Axford, D.W.E., Colwell, K. H. and Elton, G.A. H.: J. Sci. Fd Agric., 19 : 560(1968).
27. Colwell, K.H., Axford, D.W.E., Chamberlain, N. and Elton, G.A.H.: J. Sci. Fd Agric., 20 : 550(1969).
28. Kim, S.K. and D'Appolonia, B.L.: Cereal Chem., 54 : 150(1977).
29. Chung, H.M., Ahn, S.Y. and Kim, S.K.: J. Korean Agr. Chem. Soc., 25 : 67(1982).
30. Park, I.S., Kim, S.K. and Kim, C.S.: J. Korean Agr. Chem. Soc.: 25 : 218(1982).
31. Kim, S.K.: Korean J. Food Sci. Technol., 8 : 185(1976).
32. Kim, W.S., Lee, H.S. and Kim, S.K.: J. Korean Agr. Chem. Soc., 23 : 166(1980).