

## 각종 전분으로 만든 교질상 식품의 특성에 관한 연구

### —녹두 전분의 이화학적 특성—

김완수 · 이혜수 · 김성곤\*

서울대학교 가정대학 식품영양학과, \*한국과학기술연구소 곡류공학연구소  
(1980년 7월 23일 수리)

## Characterization of Mungbean (*Phaseolus aureus* L.) Starch

Wan-Soo Kim, Hei-Soo Rhee and Sung-Kon Kim\*

Dept. of Food & Nutrition, College of Home Economics, Seoul National University, Seoul.

\*Food Grain Technology Lab., Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea

### Abstract

Starch granules of mungbean observed by microscope and scanning microscope were oval or round, 8~13 $\mu$  wide, and 18~30 $\mu$ m long. X-ray diffraction of the starch granules resulted weak crystallinity at  $2\theta$  16.9°. The blue value of the starch was 0.36, amylose content 22.7%, alkali number 8.52, ferricyanide number 1.06, and water binding capacity of 81.6%. Swelling of the starch was negligible until 50°C, thereafter it increased rapidly. Optical transmittance of 0.3% starch suspension was increased rapidly from 65°C and the gelatinization at 65~90°C was of single stage. Amylogram patterns of the 6.7 and 8% starch solution were similar with no peak viscosity. The time constant for retrogradation of 40% starch gel stored at 21°C was 1.99 days.

### 서 론

녹두(*Phaseolus aureus* L.)는 저단백 고탄수화물류에 속하는 두류<sup>1)</sup>로서 우리 식생활에 있어서 콩, 팥 다음으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 특히 전분을 이용하여 만드는 녹두묵 및 청포는 오랜 우리나라의 식품이지만 이들 묵에 대한 연구논문들<sup>2,3)</sup>이 행한 녹두를 포함한 여러 전분 원료의 북제조의 특성에 관한 연구가 있을 뿐이다. 그러나 묵의 기본 원료인 녹두 전분에 관하여는 일부 외국의 보고<sup>4~11)</sup>가 있을 뿐 국내에서는 이 방면의 연구가 없는 실정이다.

Kawamura<sup>4)</sup>는 여러 두류 전분의 입자의 크기, 아밀로스 함량 및 아밀로그래프의 상호 관계를 고

찰하였다. 그는 녹두 전분의 X-ray 회절도 및 아밀로그래프 특성이 독특하다고 보고하였다. Schoch 및 Maywald<sup>9)</sup>는 두류 전분의 팽윤양상, 호화온도 및 호화 양상을 비교하였으며, 녹두 전분의 호화양상은 농도에 의존적이라고 보고하였다. Mukhtarova 및 Lovacheva<sup>10)</sup>는 품종이 다른 녹두 전분의 몇 가지 성질을 연구하였으며, 최근 Naivikul 및 D'Appolonia<sup>11)</sup>는 녹두 전분은 다른 두류 전분에 비하여 물 결합 능력 및 입자 크기가 작지만, 아밀로그래프의 점도가 높다고 보고하였다.

본 연구는 각종 전분으로 만든 교질상 식품의 특성 연구의 일환으로서, 우리나라 녹두 전분에 관한 이화학적 성질 및 gel의 retrogradation 특성

을 규명하고자 하였다.

### 실험 방법

#### 재료

1978년도 산 녹두를 60mesh로 빻아 병장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

#### 전분 제조 및 일반 분석

녹두 가루(150g)에 0.02N NaOH 용액(800ml)을 가하고 Waring blender에서 4분간 혼합한 후 100, 270 및 400 mesh체로 계속적으로 걸러 잔사를 제거하고 용액을 4°C에서 하루 밤 방치하였다. 상등액을 제거한 후 전분을 pH가 중성이 될 때까지 증류수로 세척한 다음 실온에서 2일간 풍건하고 60 mesh체로 쳐서 전분 시료로 하였다.

녹두 전분의 수분, 회분, 조지방 및 질소는 AO AC 방법<sup>12)</sup>에 따라 분석하였다.

#### 전분 입자의 성상

전분 입자의 성상은 Olympus Photomicroscope (Olympus Co., Japan)<sup>13)</sup> 및 JOEL JSM-35 Scanning Electron Microscope<sup>14)</sup>를 사용하여 각각 600배 및 2000배로 확대하여 조사하였다.

#### X-Ray 회절도

전분의 X-ray회절도는 X-Ray Diffractometer (Rigaku Co., Japan)를 이용하여 Cu K $\alpha$ ; Scanning speed; 4°/min, chart speed; 40mm/min, time constant; 1sec, range; 1000c/s, 30kV, 15 mA, 1kW의 조건으로 2 $\theta$  90~10°까지 회절시켜 분석하였다<sup>15)</sup>.

#### 전분의 이화학적 특성

전분의 알카리 수는 Schoch의 방법<sup>16)</sup>에 따라, blue value는 Gilbert 및 Spragg의 방법<sup>17)</sup>에 따라 reducing value(ferricyanide 수)는 Schoch의 방법<sup>18)</sup>에 따라 측정하였다. 아밀로스 함량은 McCready 및 Hassid의 방법<sup>19)</sup>에 따라 측정하였으며, 아밀로스의 표준 곡선은 밀 아밀로스 및 아밀로펙틴을 일정 비율로 혼합하여 작성하였다.

물 결합 능력은 Medcalf 및 Gilles의 방법<sup>20)</sup>에 따라 행하였다. 여러 온도 범위 내에서 전분의 팽윤압은 Schoch의 방법<sup>21)</sup>에 따라 조사하였다. 전분의 팽윤압은 % solubles를 보정하여 표시하였다. 전분 현탁액(3%)의 광투과도는 Spectrophotometer(Pye Unicam Ltd., U.S.A.)를 사용하여 625nm에서 측정하였다<sup>22)</sup>. 호화양상은 Brabender/Visco/Amylograph를 이용하여 Medcalf 및 Gilles의 방법<sup>23)</sup>에 따라 행하였으며,

전분 농도는 건물중으로 6, 7 및 8%를 사용하였다. 아밀로그람으로부터 초기 호화 온도 95°C에서의 점도, 95°C에서 15분 후의 점도 및 50°C로 냉각 후의 점도를 구하였다. 본 실험에서는 최고 점도가 나타나지 않았다.

#### 전분 gel의 retrogradation

전분 5g를 Petri dish에 취한 다음 증류수(5.07 ml)를 가해 40%의 전분 농도(건물중)로 한 후 오븐에서 24~96°C까지 2.4°C/min로 온도를 상승시키면서 전분을 호화시켰다. 호화된 전분을 상온에서 20분간 냉각시키고 21°C에 6일간 저장하면서 gel의 경도를 Textrometer (General Foods Co., U.S.A.)를 사용하여 측정하였다. Textrometer의 조작은 clearance; 1.2mm, chart speed; 750mm/min, bite speed; 24 cycles/min, voltage; 1.0이었다.

전분 gel의 경도의 변화는 Avrami 방정식<sup>24-26)</sup>에 따라 분석하였다. Avrami방정식은 식(1)과 같이 표시된다.

$$\theta = \exp(-kt^n) \quad (1)$$

여기서  $\theta$ 는 어느  $t$ 시간 후 결정화 되지 않은 물질의 부분,  $k$ 는 결정화 속도,  $n$ 은 Avrami지수로써 결정화 형태에 따라 1~4의 값을 가지게 된다<sup>27)</sup>.

녹두 전분 gel의 경도( $E$ 로 표시)의 증가가 결정화 정도와 직선 관계라 본다면  $\theta$ 는 식(2)와 같이 표시된다.

$$\theta = (E_L - E_t) / (E_L - E_o) \quad (2)$$

여기에  $E_o$ 와  $E_t$ 는 각각 시간 0과  $t$ 에 있어서의 modulus이고,  $E_L$ 은 이론적으로 무한 시간 후의 limiting modulus이다.

따라서 식(1)은 식(3) 및 식(4)로 표시된다.

$$\begin{aligned} \log [-\log_e (E_L - E_t) / (E_L - E_o)] \\ = \log k + n \log t \end{aligned} \quad (3)$$

또는

$$\log_e (E_L - E_t) = \log_e (E_L - E_o) - kt^n \quad (4)$$

본 실험에서는 전분 gel의  $E_L$ 은 4°C에서 6일간 저장한 gel부터 구하였으며,  $n$ 은 식(3)에 의하여,  $k$ 는 식(4)에 의하여 구하였다. 속도 상수의 역수 ( $1/k$ )는 시간 상수라 정의된다.

### 결과 및 고찰

#### 전분 입자의 성상

광학 현미경하에서의 녹두 전분 입자의 모양은 그림 1과 같다. 녹두 전분 입자의 형태는 대체로

타원형 또는 구형의 고른 모양을 이루고 있으며 크기의 차가 심하지 않았다. 이러한 녹두 전분의 입자 형태는 *Phaseolus genus*에 속하는 두류들의 특징으로 알려져 있다<sup>5)</sup>. Kawamura등<sup>5)</sup>은 녹두 전분 입자의 모양이 타원형이고 약간 불규칙적이며 hilum의 위치가 중앙이며 가로 무늬는 없으나 틈이 있다고 보고하였다.

녹두 전분 입자의 크기는 너비 8~13 $\mu\text{m}$ , 길이 18~30 $\mu\text{m}$ 로서 Naivikul 및 D'Appolonia<sup>11)</sup>가 보고한 너비 8~16 $\mu\text{m}$ , 길이 12~32 $\mu\text{m}$ 와 유사하며 Kawamura등<sup>5)</sup>이 발표한 너비 7~20 $\mu\text{m}$ , 길이 10~30 $\mu\text{m}$ 와도 잘 일치한다. 녹두 전분 입자의 크기는 여러 두류 전분중에서 가장 작다고 알려져 있다<sup>11)</sup>. 광학 현미경하에서 녹두 전분 입자의 표면은 흠처럼 보이는 어두운 선을 가지는데(그림 1) 이는 전분의 건조 고정중에 생기는 내부의 흠에 기인하는 것으로 추측된다<sup>28)</sup>.

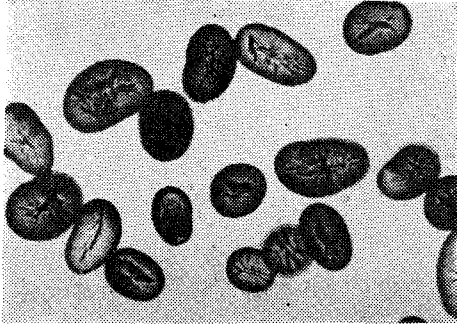


Fig. 1. Photograph of mungbean starch granules under normal light ( $\times 600$ ).

Scanning Electron Microscopy (SEM)에 의한 녹두 전분의 형태는 그림 2와 같다. 전분 입자의

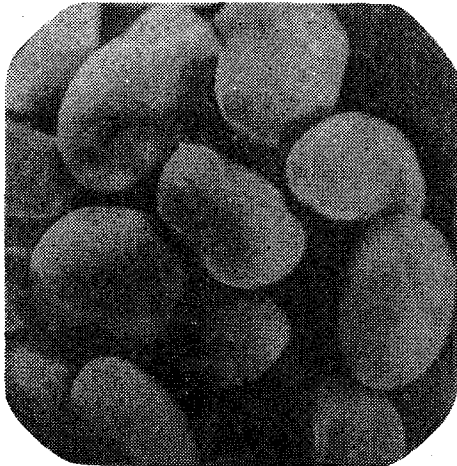


Fig. 2. Scanning electron microscopic view of mungbean starch granules ( $\times 2000$ ).

표면은 부드러우며 광학 현미경에서 볼 수 있었던 흠은 SEM에서는 볼 수 없었다. Tada등<sup>29)</sup>은 여러 두류 전분을 SEM으로서 관찰한 결과, 광학 현미경하에서 보이는 갈라진 틈은 실제로는 입자 표면까지 도달되지 않는다고 발표하였다. 그림 2로부터 구한 입자의 크기는 길이가 평균 16.5 $\mu\text{m}$ , 너비가 11 $\mu\text{m}$ 로서 광학 현미경으로 구한 값과 유사하였다.

#### X-Ray 회절도

일반적으로 전분은 결정성이 낮기 때문에 X-ray 회절선의 강도가 세 것은 비교적 적고, 전분의 결정 구조는 품종 간의 차이 또는 생육 조건에 따라 다르다<sup>30)</sup>.

녹두 전분의 X-ray회절 양상은 그림 3과 같다. 녹두 전분은  $2\theta$ 가 16.9°에서 약한 결정성을 보였으며(그림 3, A) 이 peak는 4a ring에 해당된다(그림 3, B). 녹두 전분의 X-ray회절 양상은  $2\theta$ 가 25°~90°인 부분에서는 강도가 계속 감소하는데 이는 전분의 비정질에 기인한다<sup>15)</sup>.

두류 전분의 X-ray회절 양상은 C형(A와 B형의 혼합체)에 속하나, 녹두 전분만은 A형에 속하는 것으로 알려져 있다<sup>6)</sup>.

#### 전분의 물리적 특성

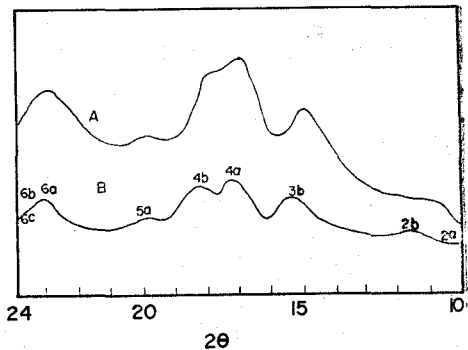


Fig. 3. X-Ray diffraction pattern of mungbean starch. A, present study; B, Kawamura and Hizukuri<sup>6)</sup>

전분의 일반 성분은 표 1과 같다. Naivikul 및 D'Appolonia<sup>11)</sup>는 두류 전분의 질소 함량은 밀 전분보다 낮고 조지방은 거의 비슷하며 회분은 여러 두류 전분중에서 녹두 전분이 가장 높다고 보고하였다. Schoch 및 Maywald<sup>9)</sup>는 품종이 다른 녹두를 가지고 분리 방법을 달리하여 전분의 일반 성분을 분석하였는데 일반적으로 곡류 전분에 비해 회분은 매우낮고 질소는 약간 낮다고 보고하였다.

**Table 1.** Chemical and physicochemical data on mungbean starch

Moisture (%)	14.8
Ash (%)	0.1
Fat (%)	0.2
Nitrogen (%)	0.02
Ferricyanide number	1.06
Alkali number	8.52
Water-binding capacity (%)	81.6
Amylose content (%)	22.7
Blue value	0.36

녹두 전분의 알카리 수는 8.52이고 ferricyanide 수는 1.06이었다. Kawamura 및 Tada<sup>7)</sup>가 행한 두류의 alkali lability number는 broad bean 5.3; asparagus bean 9.9; sword bean 14.0; mungbean 17.6; kidney bean 21.1; hyacinth bean 25.8으로서 녹두 전분은 여러 두류 중에서 대체로 중간 값을 지닌다.

녹두 전분의 물 결합 능력은 81.6%로서 이 값은 Naivikul 및 D'Appolonia<sup>11)</sup>가 보고한 78.2%보다 다소 높았다. 다른 두류 전분의 물 결합 능력은 navy bean 83.8%; pinto bean 83.0%; faba bean 87.0%; lentil 92.4%로서<sup>11)</sup>, 녹두 전분은 다른 두류 전분에 비하여 가장 작은 물 결합 능력을 보임을 알 수 있다. Medcalf 및 Gilles<sup>20)</sup>는 밀 전분의 결합수는 입자의 표면에 흡착된다고 가정하였으나 이 기작이 녹두와 같은 두류 전분에도 적용되는지는 아직 알려져 있지 않다.

녹두 전분의 아밀로스 함량(22.7%)은 Kawamura 및 Tada<sup>7)</sup>가 보고한 22.4%와 유사하였다. 녹두 전분의 아밀로스 함량은 측정, 방법, 품종 성장 지역 등의 요인에 따라 다소 차이를 보인다고 알려져 있다<sup>11)</sup>. Kawamura<sup>4)</sup>는 두류 전분의 아밀로스 함량을 기준으로 할 때, 그 함량이 25.5% 이상인 경우를  $\alpha$ 형, 그 이하인 경우를  $\beta$ 형으로 분류하였다. 녹두 전분의 아밀로스 함량은 대체로 25%이하로서  $\beta$ 형에 속한다.

#### 팽윤압

녹두 전분의 팽윤압은 표 2와 같다. 녹두 전분은 50°C까지는 팽윤이 거의 일어나지 않으나 그 후에는 급격히 증가하였다. 녹두 전분은 다른 두류 전분에 비해 상당히 큰 팽윤양상을 보이는데<sup>9)</sup>, 일단 팽윤압이 증가한 다음, 즉 50°C이후에는 온도 상승에 따른 증가율이 크지 않는데 이는 전분

**Table 2.** Swelling power of mungbean starch

Temperature (°C)	Swelling power
40	1.4
50	1.5
60	9.2
70	19.5
80	24.5
80	30.0
95	32.5

입자내에 강한 결합력에 의하여 팽윤이 제한되기 때문이다<sup>9)</sup>. 이러한 녹두 전분의 현상은 다른 두류 전분에서도 볼 수 있으나<sup>31)</sup>, 옥수수 전분에서는 볼 수 없다<sup>32)</sup>.

#### 호화 온도

녹두 전분(0.3% 현탁액)의 호화는 그림 4와 같다. 팽투과도는 65°C까지는 큰 변화가 없었으나 그 후 입자가 수화되면서 급격히 증가하였다. 녹두 전분의 팽투과도 곡선은 65°C에서 90°C까지 single stage의 호화 양상을 보였다.

전분의 호화 온도는 보통 복굴절(birefringence)의 소실로 측정하는데, 이 방법으로 측정된 녹두 전분의 호화 온도는 일본 품종이 60°C, 기타 품종이 64~65°C로 알려져 있다<sup>9)</sup>. 녹두 전분의 호화 온도는 chick pea(63.5°C) 및 horse bean(61°C)보다 다소 높았다<sup>31)</sup>.

#### 호화 양상

녹두 전분의 아밀로그람의 분석 결과는 표 3과 같다. 녹두 전분은 다른 두류에 비해 95°C 높이와 15분 높이 및 50°C 높이가 가장 높다고 보고되어 있으며<sup>11)</sup>, Brabender hot-paste viscosity의 양상은 전분 입자의 팽윤정도 및 열 또는 전단응력에 의한 분해에 대한 swollen granule의 저항에 의하여 결정된다.

Schoch 및 Maywald<sup>9)</sup>는 "thick-boiling" 전분의 점도 양상을 4가지 형으로 분류하였으며, 녹두 전분의 점도는 농도에 의존적으로, 혼합된 호화 양상을 갖는다고 보고하였다. 즉 저농도(6 및 7%)에서는 다른 두류 전분과 같은 C형(전분을 가열시 점도가 유지되거나 계속 상승하여 최고 점도를 보이지 않음)이나 고농도(8%)에서는 일반 곡류 전분과 같은 B형(낮은 호화 peak를 보이며 계속 가열시 파피가 크지 않음)을 갖는다<sup>31)</sup>. 그러나 본 실험에서는 6, 7 및 8% 농도에서 모두 호

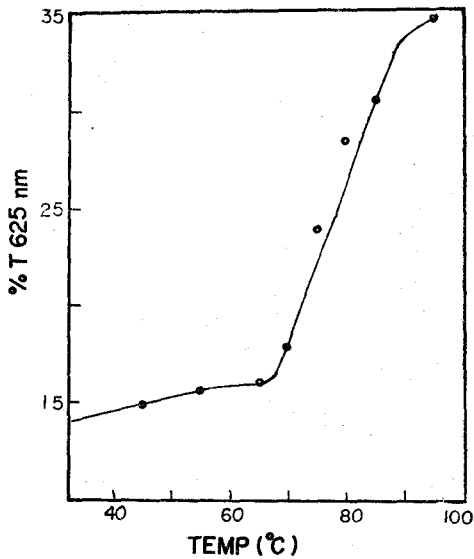


Fig. 4. Change in transmittance of 0.3% isolated mungbean starch suspension during heating in water.

화 peak를 볼 수 없었으며, 95°C에서 15분간 유지후의 점도는 95°C에서의 점도보다 다소 높았다(표 3). 따라서 녹두 전분의 호화양상은 녹두

Table 3. Amylograph data on mungbean starch

Concentration (dry basis)	Initial pasting temperature (°C)	Height at 95°C (B.U.)	15-min Height (B.U.)	Height at 50°C (B.U.)
6%	70.0	350	360	650
7%	68.5	680	720	1,200
8%	67.0	1,020	1,040	1,550

의 재배지, 수확시기 및 전분 분리 방법에 의해 영향을 받는다고 보고되어 있다<sup>33)</sup>.

Kawamura<sup>4)</sup>는 녹두 전분의 입자 및 아밀로스

Table 4. Comparison of physicochemical properties of mungbean with wheat, cassava and buckwheat starch

Starch	Amylose content (%)	Amylopectin		Time constant of starch gel at 21°C (days)
		Branching (%)	Glucose units per segment	
Mungbean	22.7	—	—	1.99
Buckwheat <sup>33)*</sup>	25.0	4.0	25	2.33
Wheat <sup>35)*</sup>	24.5	4.4	23	3.80
Cassava <sup>36)*</sup>	18.6	—	21	11.60

\* reported data

함량과 전분의 호화 양상과의 관계를 제안하였다. 그는 입자 크기를 기준으로 할 때 31~44 $\mu$ m일 때 a형, 28~32 $\mu$ m일 때 b형이라고 두류 전분을 분리하였다. 녹두 전분의 입자 크기는 앞에서 언급한 바와 같이 18~30 $\mu$ m로서 b형에 속함을 알 수 있다. a형은 아밀로그람에서 A형(nonviscous paste)을 b형은 아밀로그람에서 B형(viscous paste)을 형성한다. 또 앞에서 언급하였듯이 아밀로스 함량이 25.5% 이상인  $\alpha$ 형은 아밀로그람에서 A형을 형성하고, 아밀로스 함량이 25.5% 이하인  $\beta$ 형은 B형을 나타낸다. 따라서 아밀로그람에서 nonviscous paste를 형성하는 전분은 입자가 크고(a), 아밀로스 함량이 높은( $\alpha$ ) 반면, viscous paste를 형성하는 전분은 입자가 크고(b), 아밀로스 함량이 낮으며( $\beta$ ), 아밀로그람도 다른 양상을 보인다.

Kawamura<sup>4)</sup>는 아밀로스 함량이 예외적으로 높은 녹두 전분(29% 아밀로스)의 경우에도 B형을 보인다고 보고하였는데, 이는 녹두 전분의 특이성이라고 할 수 있다.

#### 전분 gel의 retrogradation

전분 gel의 retrogradation은 온도가 0°C에 접근할수록 빠르며 이는 분자들의 규칙적인 배열에 의한 단순한 물리적 현상임을 가리킨다<sup>34)</sup>.

21°C에서 저장한 전분 gel의 시간 경과에 따른 정도의 변화에 대한 Avrami 방정식의 분석치는 그림 5와 같다. 그림 5에서 Avrami 지수( $n$ )는 0.9530으로서 이는 실험 오차 내에서 unity( $n=1$ )로 볼 수 있다. 이 값(즉  $n=1$ )을 속도 상수를 얻기 위하여 시간( $t$ )에 대한  $\log_e(E_L - E_t)$ 의 그래프를 그리는데 사용하였으며(그림 6), 속도 상수는 0.5020, 시간 상수( $1/k$ )는 1.99일이었다.

Avrami 지수( $n=1$ )는 전분 결정화의 기작이 막대기 모양의 결정 성장에 잇따른 순간적인 핵 형성이라는 사실을 가리키며<sup>21)</sup> 이는 메밀<sup>33)</sup>, 밀<sup>35)</sup>

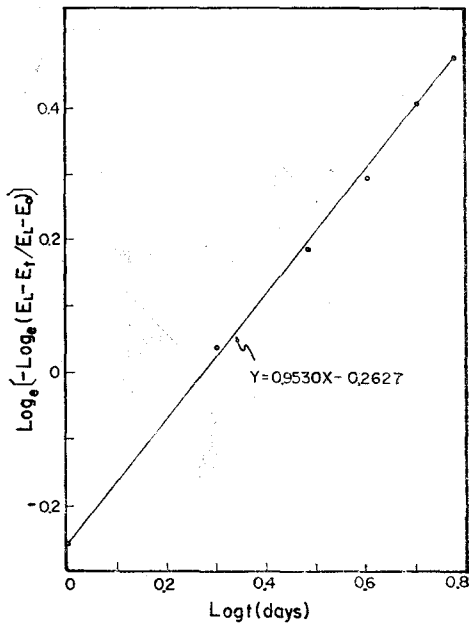


Fig. 4. Plot of  $\log [-\log_e(E_L - E_t)/(E_L - E_0)]$  against  $\log t$  for 40% mungbean starch gels stored at 21°C.

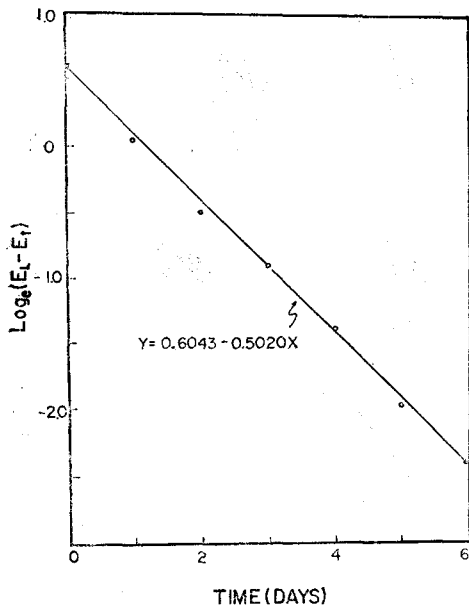


Fig. 5. Plot of  $\log_e(E_L - E_t)$  against time for 40% mungbean starch gels stored at 21°C.

및 카사바<sup>36)</sup> 전분에서도 볼 수 있다(표 4).

전분 gel의 시간 상수는 아밀로스 함량에 의해 크게 영향을 받는다고 알려져 있다<sup>36)</sup>. 그러나 녹두 전분은 아밀로스 함량이 밀 전분보다 낮으나

전분 gel의 retrogradation 속도는 다소 빨랐는데(표 4) 그 이유는 알려져 있지 않다.

표 4에서 보는 바와 같이 메밀 전분의 아밀로스 함량은 밀 전분과 비슷하였으나 시간 상수는 오히려 다소 작았다. 그러나 메밀 전분의 아밀로펙틴의 가지당 단당류 단위가 밀 전분보다 다소 높았다. 김등<sup>33)</sup>은 아밀로스 함량이 비슷한 전분의 경우에는 아밀로펙틴의 가지당 단당류 단위가 전분 gel의 retrogradation 속도에 영향을 미친다고 가정하였다. 이는 앞으로 더 연구되어야 할 과제라고 하겠다.

## 요 약

광학 현미경 및 Scanning electron microscopy로 관찰한 녹두 전분 입자는 타원형 및 구형으로서 너비는 8~13 $\mu$ m, 길이는 18~30 $\mu$ m이었다. X-ray 회절도는 2 $\theta$ 가 16.9°에서 약간의 결정성을 보였다. 전분의 blue value는 0.36, 아밀로스 함량은 22.7%, 알카리 수는 8.52, ferricyanide 수는 1.06몰 결합 능력은 81.6%이었다. 전분의 팽윤은 50°C까지는 큰 변화가 없었고, 이후 급격히 증가하였다. 전분 현탁액(0.3%)의 광 투과도는 65°C 이후 급격히 증가하였으며, 65~90°C에서는 Single stage의 호화 양상을 보였다. 아밀로그래프에 의한 전분의 호화는 농도(건물중으로 6, 7 및 8%)에 관계없이 최고 점도는 나타나지 않았다. 전분 gel(건물중으로 40% 농도)의 retrogradation 시 시간상수는 21°C에서 1.99일이었다.

## 사 사

본 연구는 1979년도 문교부 학술연구 조성비로 이루어진 것임.

## 참고 문헌

1. 이해수, 모수비, 현기순 : 조리학, p.127, 교문사 (1975)
2. 문수재, 손경희, 박혜원 : 대한가정학회지, 15 : 31 (1977)
3. 문수재, 손경희 : 연세논총, p.191 (1978)
4. Kawamura, S: *J. Japanese Soc. Starch Sci.*, 17(1) : 19 (1969)
5. Kawamura, S., Tuboi, Y. and Huzii, T.: *Tech. Bull. Kagawa Agric. Coll.*, 7 : 87(1955)
6. Kawamura, S. and Hizukuri, S: *Kagawa*

- Daigaku Nogakubu Gakuzyutu Hokoku.*, 1  
1 : 234 (1959)
7. Kewamura, S. and Tada, M.: *Nippon Nogei Kogaku Kaishi.*, 33 : 296 (1959)
  8. Kawamura, S.: *Kogawa Daigaku Nogakubu Kiyō.*, 14 : 49 (1963)
  9. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: *Cereal Chem.*, 45 : 564 (1968)
  10. Mukhtarova, M.R. and Lovacheva, G.N.: *Prikl. Biokhim. Mikrobiol.*, 8 : 978 (1972)
  11. Naivikul, O. and D'Appolonia, B.L.: *Cereal Chem.*, 56 : 24 (1979)
  12. A.O.A.C.: *Methods of Analysis of A.O.A.C.* 11th. ed., p.123, The Association: Washington, D.C. (1970)
  13. MacMaster, M.M.: *Methods in Carbohydrate chemistry*, ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p.233, Academic Press: New York, N. Y. (1964)
  14. Gallant, D.J. and Sterling, C.: *Examination and Analysis of starch and starch products*, ed. by J.A. Radley, p.33, Applied Science Publishers Ltd., London (1976)
  15. Cullity, B.D.: *Elements of X-Ray Diffraction*, p.96, Addison-Wesley Publishing Co., U.S.A. Academic Press: New York N.Y. (1964)
  17. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: *Methods in Carbohydrate Chemistry*, ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p.168, Academic Press: New York, N.Y. (1964)
  18. Schoch, T.J.: *Methods in Carbohydrate Chemistry*, ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p.64, Academic Press: New York, N.Y. (1964)
  19. McCready, R.M. and Hassid, W.Z.: *J. Am. Chem. Soc.*, 65 : 1154 (1963)
  20. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: *Cereal Chem.*, 42 : 558 (1965)
  21. Schoch, T.J.: *Methods in Carbohydrate Chemistry*, ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p. 106, Academic Press: New York, N.Y. (1964)
  22. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: *Cereal Chem.*, 55 : 661 (1978)
  23. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: *Die Stärke*, 4 : 101(1966)
  24. Avrami, M.: *J. Phys. Chem.*, 7:1103(1939)
  25. Avrami, M.: *J. Phys. Chem.*, 8 : 212(1940)
  26. Avrami, M.: *J. Phys. Chem.*, 9 : 177(1941)
  27. Sharples, A.: *Introduction to polymer Crystallization*, p.50, Edward Arnold Ltd., London (1966)
  28. Hall, D.M. and Sayre, J.G.: *Textile Res. J.*, 41 : 880(1971)
  29. Tada, M., Koreeda, S. and Nikuni, A.: *Denpun Kogyo Gakkashi*, 16 : 47(1968)
  30. 김정옥, 이만정 : *한국식품과학회지*, 8 : 230 (1976)
  31. Lineback, D.R. and Ke, C.H.: *Cereal Chem.*, 52 : 334 (1974)
  32. Correda, A.M.N., Rosenthal, F.R.T. and Tolmasquim, E.A.: *Anais. Acad. Brasil. Genc.*, 37 : 241(1965)
  33. Kim, S.K., Kwon, T.W. and D'Appolonia, B.L.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 9 : 138 (1977)
  34. Cornford, S.J., Axford, D.W.E. and Elton, G.A.H.: *Cereal Chem.*, 41 : 216 (1964)
  35. Kim, S.K. and D'Appolonia, B.L.: *Cereal Chem.*, 5.4 : 150 (1977)
  36. Kim, S.K., Ciacco C.F. and D'Appolonia, B.L.: *J. Food Sci.*, 41 : 1249 (1976)