

녹두가루와 녹두전분의 일반성분 및 호화성질 비교

김애경 · 김성곤 · 이애랑*

단국대학교 식품영양학과, *숭의여자 전문대학 식품영양과

Comparison of Chemical Composition and Gelatinization Property of Mungbean Flour and Starch

Ae-Kyung Kim, Sung-Kon Kim and Ae-Rang Lee*

Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

*Department of Food and Nutrition, Soongyei Women's Junior College

Abstract

The proximate composition of the mungbean flour was protein 25.0%, fat 1.21%, ash 1.77%, vitamin B₁ 0.57 mg/100 g and vitamin B₂ 0.11 mg/100 g. The major minerals of flour were calcium (374.9 mg/100 g), phosphorus (353.0 mg/100 g), potassium (176.3 mg/100 g), magnesium (116.9 mg/100 g) and sodium (107.6 mg/100 g). The gelatinization temperature of starch determined by morphology and light transmittance was 67°C. The swelling power increased from 65°C to 80°C. The flour showed peak viscosity by amylograph but the viscosity of starch increased upon holding at 92.5°C. The difference in concentration of flour and starch to give the same peak viscosity was about 2.6%. The gelatinized solutions of flour and starch showed a pseudoplastic flow behavior with yield stress. The concentration of flour to give the same consistency index to that of starch was higher by about 1.3%.

I. 서 론

녹두는 완두, 팥 등과 함께 지방과 단백질 함량이 낮고 비교적 전분함량이 높은 두류로서 열대 및 아열대에 속하는 지역에서 생산된다¹⁾. 우리나라에서 녹두를 이용한 음식으로는 녹두묵, 녹두죽, 숙주나물, 떡고물, 빈대떡 등이 있으며 특히 조선시대의 저서인 음식디미방에서 녹두묵을 만드는 법이 기록되어 전래되고 있음을 볼 수 있는데 이 음식은 8월의 시식인 탕평채의 주재료로서 이용되어 왔다²⁾.

우리나라에 녹두에 관한 연구로는 한국산 녹두의 일반성분³⁾, 아미노산조성⁴⁾, 단백질의 이화학적 및 식품학적 특성⁵⁾이 보고되어 있다. 녹두전분에 관한 연구로 전분의 이화학적 성질^{6,7)}, 겔의 노화특성⁸⁾ 및 리올로지 성질⁹⁾ 등이 있다. 녹두전분은 입자가 작고 아밀로오스 함량이 적으나 다른 두류전분과는 달리 호화되면 점성을 가지며⁹⁾ X-Ray 회절도는 A형에 속하며⁹⁾ 알칼리수는 여러 두류중에서 중간값을 가진다¹⁰⁾. 녹두전분의 팽윤현상과 호화양상은 농도에 의존적이며¹⁰⁾ 다른 두류전분에 비해 물결합능력은 작지만 아밀로그래프의 점도는 높은 특징을 보인다¹¹⁾.

최근 인스턴트 조리용 녹두가루가 시판되고 있으나 녹두가루의 호화성질에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 녹두가루의 호화성질을 중심으로 전분과 비교하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

녹두는 충청도산을 경동시장에서 구입하였으며 4°C의 냉장고에서 보관하면서 사용하였다.

2. 가루 및 전분의 분리

녹두를 충분히 물에 불린 다음 껍질을 제거한 것 100 g에 증류수(4°C) 500 ml를 넣고 믹서를 이용하여 100볼트에서 2분간 마쇄하였다. 마쇄액을 4°C에 방치한 후 침전물을 60메쉬 체에 통과시킨 다음 실온에서 건조시킨 것을 녹두가루로 사용하였다.

녹두전분은 마쇄액을 80메쉬 체에 통과시킨 후 4°C에 방치하여 얻은 침전물을 NaOH용액(0.2%)에 분산시킨 다음 4°C에서 하룻밤 방치하였다. 알칼리 용액의 처리를 3회 반복한 다음 침전물을 상징액의 pH가

중성이 될 때까지 증류수로 처리하고 실온에서 건조시킨 후 80메쉬 체에 통과시켜 사용하였다.

3. 일반성분의 분석

녹두가루와 녹두전분의 일반성분과 비타민(B₁, B₂)은 AOAC⁹⁾ 방법에 따라 분석하였다.

4. 무기성분의 분석

식품공전¹⁰⁾의 무기성분 시험법과 유해성 금속 시험법중 전석회화법에 따라 시료를 처리하여 분석용 시험용액으로 한 뒤 Ca, Fe, Pb, Cd, Cr, Mn, Cu, Na, Mg, Zn, K는 원자흡광광도계(Hitachi Z-8100, Japan)로, P는 식품공전의 몰리브덴 청 비색법에 따라 흡광광도계(Beckman DU-68 Spectrophotometer, U.S.A)로 분석하였다.

5. 광투과도의 측정

시료현탁액(0.2%)을 50~90°C로 가열하면서 흡광광도계(Bachman DU-68 Spectrophotometer, U.S.A)로 625 nm에서의 광투과도를 측정하였다¹¹⁾.

6. 팽윤력과 용해도 측정

Schoch의 방법¹²⁾을 일부 변형하여 시료 0.6 g을 50 ml 원심분리관에 넣고 증류수 25 ml에 분산시킨 후 60~80°C의 항온수조에서 1시간 동안 가열한 뒤 3000 rpm으로 15분간 원심분리 시켰다. 상정액을 미리 무게를 측정한 증발접시에 옮겨 105°C에서 항량이 될 때까지 건조하여 증발접시에 남은 전분의 무게와 원심분리 후 침전된 전분의 무게로 팽윤력과 용해도를 계산하였다.

7. 호화양상

녹두가루와 전분의 농도와 가열온도에 따른 호화성질은 Visco/amylo/Graph를 사용하여 Medcalf와 Gilles의 방법¹³⁾에 따라 행하였다. 녹두가루의 농도는 7, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5 및 10%(건량기준)를 사용하였으며, 전분의 농도는 6, 6.5, 7, 7.5 및 8%(건량기준)를 사용하였다.

시료현탁액 500 g을 아밀로그래프 용기에 넣고 30°C부터 92.5°C까지 분당 1.5°C로 가열하고 92.5°C에서 15분간 유지시킨 다음 다시 분당 1.5°C의 속도로 50°C까지 냉각시키면서 아밀로그래프를 얻었다. 아밀로그래프로부터 초기호화온도, 92.5°C에서 15분후의 점도 및 50°C에서의 점도를 구하였다. 초기온도는 점도가 10 B.U.에 도달하는 시간으로 나타내었다.

9. 가열호화액의 리올로지성질 측정

(1) 호화액의 조제

녹두가루(4~8%, 건량기준)와 전분(3~8%, 건량기준)을 50 ml 원심분리관에 증류수(22~25°C)로 분산시키고 교반 항온수조에서 일정한 속도로 교반하면서 액의 온도를 95°C에 도달시킨 후 40분간 유지시킨 것을 호화액으로 하였다.

(2) 리올로지 성질의 측정

호화액의 흐름성질은 회전점도계(Viscotron, 브라넨더사)를 사용하여 측정하였다. 외부 실린더의 내반경 21.7 mm, 내부실린더 외반경 20.0 mm의 측정장치(E 17)에 시료액 8 ml를 넣고 측정온도(60°C)를 유지하면서 회전속도 8~128 rpm의 연속적 변화에 따른 회전우력의 변화를 자동으로 기록하였다.

리올로지 측정값은 다음의 식으로부터 구하였다¹⁴⁾.

$$\tau = Kr^n + \tau_y \tag{1}$$

여기에서 τ 는 전단응력(Pa · s), K는 점조도지수(Pa · s), r은 전단속도(s⁻¹), n은 흐름지수, τ_y 는 항복응력(Pa)이다.

전단응력과 전단속도는 실험에서 구한 회전우력과 회전속도로부터 다음의 식을 이용하여 구하였다.

$$\tau = B \cdot S \cdot Y \tag{2}$$

$$r = N \cdot X \tag{3}$$

여기에서 S는 회전우력값, N은 회전속도(rpm), B, X와 Y는 보정계수이다. 흐름지수와 점조도지수는 log(τ - τ_y)와 log r의 관계식에서 각각 기울기와 절편으로부터 구하였고, τ_y 값은 다음의 Casson식¹⁵⁾으로부터 구하였다.

$$\sqrt{\tau} = K_c \sqrt{\tau} + \sqrt{\tau_y} \tag{4}$$

여기에서 K_c는 Casson의 점조도지수이다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

녹두가루와 전분의 일반성분은 Table 1과 같다. 녹두가루의 수분은 8.8%, 단백질은 25.0%, 지방은 1.21%, 회분은 1.77%이었다. 식품성분표¹⁶⁾에 의하면 녹두가루(빈대떡가루)의 일반성분은 수분 10.4%, 단백질 23.6%, 지방 0.9%, 회분 4.4%로서 본 실험결과와 큰 차이를 보였다. 이러한 결과는 녹두의 품종, 생산지, 가루제조방법 등의 차이 때문이라 생각된다.

전분의 일반성분은 단백질 0.19%, 지방 0.21%, 회

분 0.04%로서 가루에 비하면 단백질은 0.76%, 지방은 17.4%, 회분은 2.3%에 해당되었다. 따라서 전분제조에 의하여 단백질은 99.24%, 지방은 82.6%, 회분은 97.7%가 제거되었다.

비타민 B₁과 B₂의 함량의 경우 가루에서는 각각 0.57과 0.11 mg/100 g이었고, 전분의 경우에는 각각 0.002와 0.02 mg/100 g이었다. 즉 전분의 비타민 B₁ 함량은 가루의 0.35%, 비타민 B₂ 함량은 18.18%로서 전분 제조시 비타민 B₁의 감소율이 훨씬 컸다. 식품성분표¹⁶⁾에 의한 녹두가루의 비타민 B₁과 B₂의 함량은 각각 0.16과 3.38 mg/100 g이다.

2. 무기성분

녹두가루의 무기성분은 Table 2와 같다. 무기성분의 총 함량은 1.203 g/100 g으로서 회분(1.77 g/100 g)의 68%에 해당하였다.

무기성분중 칼슘이 374.9 mg/100 g으로 가장 많았고 다음이 인, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 철의 순이었다. 칼슘은 전체 무기질 함량의 31.2%, 인은 29.3%로서 이들 두 무기성분이 전체의 60.5%를 차지하였다. 칼륨은 전체의 14.7%, 마그네슘은 9.7%, 나트륨은 8.9%, 철은 5.7%이었다.

식품성분표¹⁶⁾에 나타난 녹두가루의 무기질함량은 칼

슘이 35 mg/100 g, 인이 499 mg/100 g, 철이 4.2 mg/100 g이다. 이 결과는 본 실험결과와는 큰 차이를 보이는데 이러한 이유는 앞에서 설명한 것과 같이 품종, 생산지, 가루제조 방법 등의 차이때문으로 생각된다.

3. 광투과도

625 nm에서 녹두전분(0.2%)의 광투과도는 Fig. 1과 같다. 광투과도는 55°C에서 41%, 67°C에서 44%로 55~67°C에서의 광투과도의 증가는 미미하였다. 그러나 67°C 이상에서는 온도의 상승에 따라 광투과도는 급격히 증가하였다. 이러한 결과는 김 등⁹⁾의 보고와 유사하였다. 따라서 녹두전분의 호화온도는 67°C 근처로 생각된다. Schoch와 Maywald¹⁷⁾는 5 종류의 녹두전분의 호화온도의 범위는 64~78°C라고 보고하였다. 녹두가루는 침전현상으로 광투과도를 측정할 수 없었다.

4. 팽윤력과 용해도

팽윤력은 60°C에서 녹두가루가 3.8% 전분이 2.5%이고, 65°C에서는 녹두가루가 4.4% 전분이 4.0%, 70°C에서는 녹두가루가 6.6% 전분이 6.7%, 80°C에서는 녹두가루가 9.6% 전분이 11.4%로 65°C 이후 급격히 증가하였다. 팽윤력의 증가정도는 70°C에서는 가루와 전분의 팽윤력이 비슷하였으나 그 이상의 온도

Table 1. Chemical composition of mungbean flour and starch

	Flour	Starch
Moisture (%)	8.8	10.7
Protein (%)	25.0	0.19
Fat (%)	1.21	0.21
Ash (%)	1.77	0.04
Vit. B ₁ (mg/100 g)	0.57	0.002
Vit. B ₂ (mg/100 g)	0.11	0.02

Table 2. The mineral contents of mungbean flour

	Content (mg/100 g)
Ca	374.9
Mg	116.9
P	353.0
Fe	68.6
Na	107.6
K	176.3
Mn	0.14
Zn	4.21
Cu	1.62
Cr	0.062
Pb	0.22
Cd	not detectable

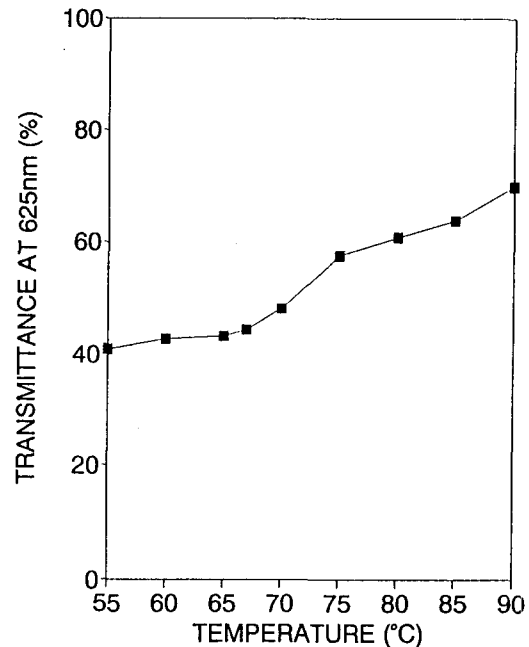


Fig. 1. Changes in percent transmittance of mungbean starch (0.2% solution) during heating.

에서는 전분이 가루보다 높은 팽윤력을 보였다. 용해도는 60°C에서 녹두가루가 8.7% 전분이 0.45%이고, 65°C에서는 녹두가루가 9.0% 전분이 0.74%, 70°C에서는 녹두가루가 10.9% 전분이 4.7%, 80°C에서는 녹두가루가 16.9% 전분이 5.8%로 65°C 이후부터 증가하였다. 녹두가루는 65~80°C에서 지속적으로 증가한 반면 전분은 65~70°C에서 크게 증가하였고, 70°C 이후부터 완만하게 증가하였다.

5. 소화양상

녹두가루와 전분의 아밀로그래프의 결과는 Table 3과 4와 같다. 초기호화 온도는 녹두가루의 경우 7~8.5%의 농도에서는 농도가 증가할수록 초기호화온도는 낮아졌으나 8.5~10%에서는 차이가 없었다. 한편 전분의 경우에는 6%와 6.5%는 초기호화온도에 차이가 없었으나 6.5~8%에서는 농도가 증가함에 따라 초기호화온도는 낮아졌다.

92.5°C 가열온도에서의 점도는 녹두가루와 전분 모두 농도가 증가함에 따라 증가하였다. 녹두가루의 경우 92.5°C에서 15분간 유지했을 때의 점도는 농도 7%와 7.5%에서는 92.5°C에서의 점도와 같아 점도붕괴가 없었으나 농도 8~10%에서는 점도붕괴를 나타내었다.

전분의 경우에는 92.5°C까지 가열하는 동안 최고점도를 보이지 않았고 92.5°C에서 15분간 유지하는 동안

점도는 증가하였다. 이러한 결과는 김 등⁶⁾, 권 등⁸⁾, Kawamura¹⁸⁾, Schoch와 Maywald¹⁷⁾, Naivikul과 D'Appolonia¹⁹⁾의 보고와 일치하였다.

아밀로그래프에서의 점도는 전분입자의 팽윤정도와 팽윤된 전분입자의 열과 전단(shear)에 대한 저항도, 가열중 입자로부터 용출된 가용성 전분의 존재, 팽윤된 입자끼리의 상호작용 또는 응집성에 의해 좌우된다. Schoch와 Maywald¹⁷⁾는 전분의 점도양상을 4가지 형태로 분류하였으며 녹두전분의 점도는 농도에 의존적인 혼합된 호화양상을 갖는다고하여 농도가 6, 7%일 때는 다른 두류전분과 같은 C형이나 8%일 때는 B형을 갖는다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 이와는 달리 6, 7, 8% 농도에서 모두 C형을 나타내었다.

녹두가루 및 전분의 농도와 최고점도는 Fig. 2와 같이 직선관계를 나타내었다. 이 결과로부터 계산한 최고점도 700 B.U.에 도달하는데 요하는 녹두가루의 농도는 9.8%, 전분의 농도는 7.2%로서 2.6%의 차이를 보였다.

6. 가열호화액의 리올로지 성질

전단속도에 따른 녹두가루와 전분호화액의 전단응력의 변화는 각각 Fig. 3과 4와 같이 모두 농도에 관계없이 비직선적인 관계를 보여 비뉴우톤 유체의 성질

Table 3. Amylograph data of mungbean flour

Conc. (%)	Initial pasting temperature (°C)	Viscosity at 92.5°C (B.U.)	15-min Height (B.U.)	Viscosity at 50°C (B.U.)
7.0	75.0	140	140	140
7.5	73.5	200	200	200
8.0	72.8	280	260	240
8.5	70.5	350	280	300
9.0	70.5	430	400	410
9.5	70.5	600	540	510
10	70.0	730	680	670

Table 4. Amylograph data of mungbean starch

Conc. (%)	Initial pasting temperature (°C)	Viscosity at 92.5°C (B.U.)	15-min Height (B.U.)	Viscosity at 50°C (B.U.)
6.0	74.4	290	350	430
6.5	74.3	410	490	660
7.0	73.5	620	760	920
7.5	72.8	870	1070	1360
8.0	72.0	1170	1470	1710

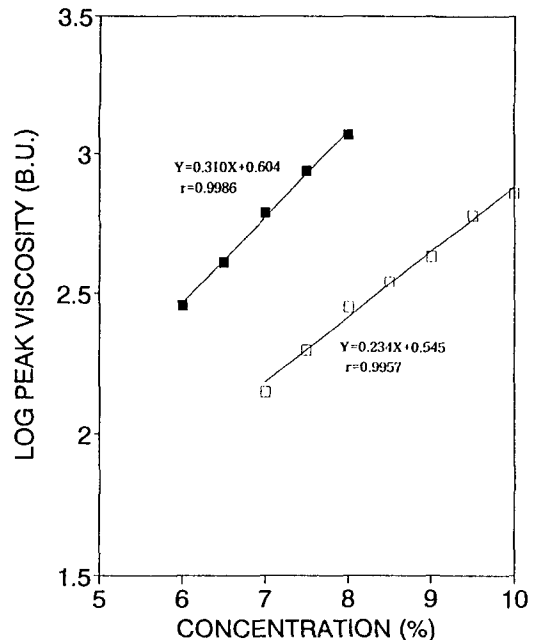


Fig. 2. Relationship between log peak viscosity and concentration of mungbean flour (□) and starch (■) dispersion.

을 보였다. 비직선적인 관계는 녹두가루와 전분 모두 농도가 커질수록 강해졌다. 이러한 결과는 권 등⁸⁾이 보고한 녹두전분의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 항복응력(τ)은 식 (4)을 이용하여 $\sqrt{\tau}$ 와 $\sqrt{\dot{\gamma}}$ 의 관계로부터 구하였고 이 값을 식 (1)에 대입하여 구한 호화액의 유동 특성값을 보면 Table 5와 같다. 항복응력과 점조도지수는 농도가 증가할수록 커졌으며 같은 농도에서 전분의 항복응력과 점조도지수 값은 가루보다 높았다. 유동지수 값은 녹두가루와 전분 모두 1.0보다 작아 녹두가루와 전분의 호화액은 항복응력을 갖는 의가스성 유체의 성질을 보였다. 유동지수 값은 녹두가루와 전분호화액 모두 6%의 농도까지는 농도의 증

가에 따라 낮아지는 경향을 보였으나 6~8%의 농도에서는 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 녹두가루와 전분호화액은 3~6%의 농도에서 농도가 증가할수록 의가스성이 증가함을 의미한다. 권 등⁸⁾도 녹두전분의 경우 항복응력과 점조도 지수는 농도가 증가함에 따라, 또한 같은 농도에서는 가열온도가 높을수록 증가하나 유동지수는 농도가 증가함에 따라 감소하였다고 하였다.

점조도지수값과 농도와의 관계는 Fig. 5와 같이 녹두가루와 전분호화액 모두 7%의 농도를 전후하여 기울기가 다른 두개의 직선적인 관계를 나타내었다.

권 등⁸⁾은 녹두전분의 경우 5~8%의 농도에서 점조

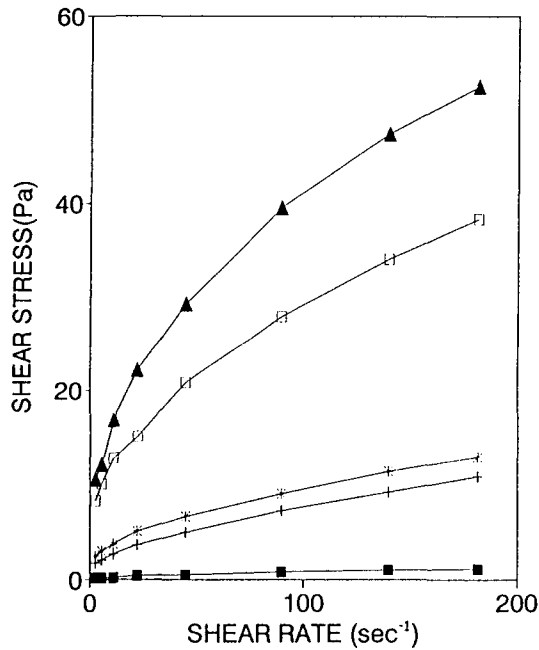


Fig. 3. Flow curves of mungbean flour solutions measured at 60°C after cooking 95°C for 40 min. ■=4%, +=5%, *=6%, □=7%, ▲=8%

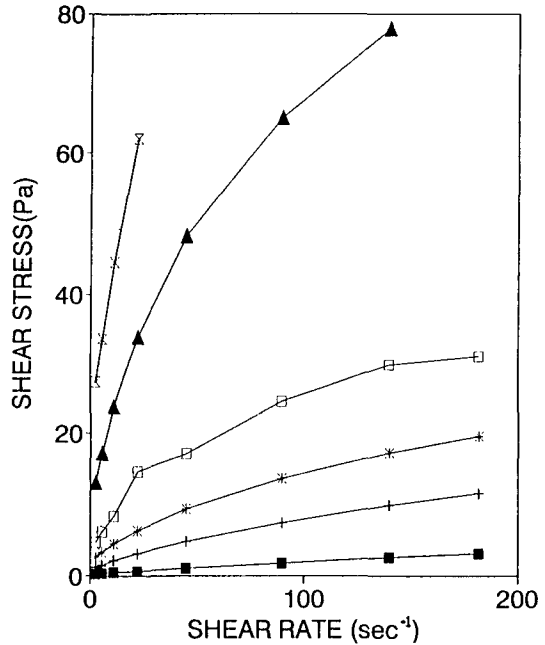


Fig. 4. Flow curves of mungbean starch solutions measured at 60°C after cooking 95°C for 40 min. ■=3%, +=4%, *=5%, □=6%, ▲=7%, ×=8%

Table 5. Rheological parameter for various concentrations of mungbean flour and starch solutions gelatinized at 95°C for 40 min and measured at 60°C

Conc. (%)	Yeild stress (pa)		Consistency index (Pa·s)		Flow behaviour index	
	flour	starch	flour	starch	flour	starch
3.0	-	0.109	-	0.060	-	0.746
4.0	0.073	0.596	0.035	0.158	0.744	0.725
5.0	1.109	1.662	0.107	0.473	0.677	0.715
6.0	1.742	2.372	0.383	1.282	0.659	0.626
7.0	6.729	5.850	1.042	4.185	0.661	0.625
8.0	7.964	14.915	1.466	6.525	0.661	0.623

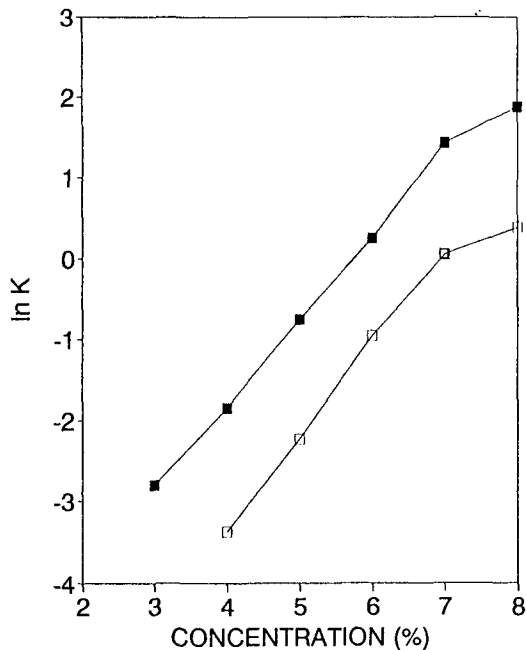


Fig. 5. Relationship between concentration and consistency index of mungbean flour (□) and starch (■) solution gelatinized at 95°C for 40 min and measured at 60°C.

도지수값과 농도는 직선적인 관계를 나타낸다고 하였다. Fig. 5의 결과로 동일한 점조도지수 값을 나타내는 농도는 전분이 가루보다 약 1.3%정도 낮았다.

IV. 요 약

녹두가루와 전분의 일반성분 및 무기성분을 조사하고 녹두가루의 농도(4~8%, 건량기준), 녹두전분의 농도(3~8%, 건량기준)에 따른 호화 특성 및 리올로지특성을 비교하였다. 녹두가루의 일반성분은 수분 6.8%, 단백질 25.0%, 지방 1.21%, 회분 1.77%, 비타민 B₁과 B₂는 각각 0.57과 0.11 mg/100 g이었다. 전분의 비타민 함량은 B₁이 0.002 mg/100 g, B₂가 0.02 mg/100 g 이었다. 가루의 무기질함량은 칼슘이 374.9 mg/100 g 으로 가장 높았고 인(353.0 mg/100 g), 칼륨(176.3 mg/100 g), 마그네슘(116.9 mg/100 g), 나트륨(107.6 mg/100 g)의 순서이었다. 전분현탁액의 광투과도로부터 예측한 전분의 호화온도는 67°C이었다. 녹두가루와 전분의 팽윤력은 60~80°C의 가열온도에서 직선적으로 증가하였으며 그 정도는 전분이 가루보다 컸다. 용해도는 65°C 이후부터 증가하여 녹두 가루는 80°C까지 지속적으로 증가하였으나 전분은 70°C 이후에는

완만하게 증가하였다. 녹두가루는 농도가 증가함에 따라 아밀로그래프의 최고 점도가 증가하였으나 전분은 6~8%의 농도에서 최고점도를 나타내지 않았으며 92.5°C에서 15분간 유지하는 동안 점도는 지속적으로 증가하였다. 최고점도의 대수값과 농도는 직선적인 관계를 나타냈으며 동일한 최고점도를 나타내는 농도는 전분이 가루보다 2.6%정도 낮았다. 녹두가루(4~8%, 건량기준)와 전분(3~8%, 건량기준)현탁액을 95°C에서 40분간 유지시켜 호화시킨 액을 60°C에서 측정된 결과, 항복응력과 점조 도지수는 농도가 증가함에 따라 커졌고 유동지수값은 1.0보다 작아 녹두가루와 전분호화액은 항복응력을 가진 의가소성 유체의 성질을 나타내었다. 동일한 점조도지수값을 나타내는 농도는 전분이 가루보다 약 1.3%정도 낮았다.

참고문헌

1. Okaka, J.C. and Potter, N.N.: Functional and storage properties of cowpea powder-wheat flour blends in breadmaking. *J. Food Sci.*, **42**: 828 (1977).
2. 방신영: 조선음식 만드는법, 대양공사 출판부 (1946).
3. 김영순, 한용범, 유영진, 조재선: 한국산 녹두의 성분 에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **13**: 146(1981).
4. 이현기: Amino acid analyzer에 의한 한국산 곡류 및 두류의 amino acid 조성에 관한 연구. *부산대논문집*, **373** (1981).
5. 박혜원: 녹두단백질의 이화학적 및 식품학적 특성에 관한 연구. 연세대학교 박사학위논문 (1987).
6. 김완수, 이혜수, 김성곤: 각종전분으로 만든 교질상 식품의 특성에 관한 연구-녹두전분의 이화학적 특성. *한국농화학회지*, **23**: 166 (1980).
7. 윤계순, 손경희, 장혜정: 동부와 녹두전분의 이화학적 특성비교. *대한가정학회지*, **27**: 39 (1989).
8. 권순혜, 김명희, 김성곤: 녹두전분의 리올로지 성질. *한국식품과학회지*, **22**: 38 (1990).
9. A.O.A.C.: *Methods of Analysis of AOAC*. 15th ed., The Association: Washington, D.C. (1990).
10. 식품공전: *한국식품공업협회* (1994).
11. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch of mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**: 661 (1978).
12. Schoch, T.J.: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler, R.L. (ed.), Academic Press, New York, **4**: 106 (1964).
13. Medicalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effect of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starch. *Stärke*, **18**: 101 (1968).
14. Charm, S.E.: *The Functionals of Food Engineering* (2nd ed.). The AVI Publishing Co., Inc., Westport,

- Conn., Chap.3 (1971).
15. Casson, N.: A flow equation for pigment oil suspensions of printing ink type. In "Rheology of Disperse Systems." Mills, C.C. (ed.). Pergamon Press, London (1985).
 16. 농촌진흥청: 식품성분표 (1991).
 17. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chem.*, **45**: 565 (1968).
 18. Kawamura, S.: Starches of edible legume seeds. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, **17**(1): 19 (1969).
 19. Naivikul, O. and D'Appolonia, B.L.: Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. *Cereal Chem.*, **56**: 24 (1979).