

동부와 녹두전분 Gel 및 Paste의 Rheological Properties

Rheological Properties of Cowpea and Mung Bean Starch Gels and Pastes

延世大學校 家政大學 食生活學科

教 授 孫 敬 喜

大學院生 尹 桂 順

Dept. of Food & Nutrition, Yonsei University

Prof.; Kyung Hee Sohn

Graduate School Student; Gae Soon Yoon

<목 차>

- I. 서 론
- II. 재료 및 방법
- III. 결과 및 고찰

- IV. 요 약
- 참고문헌

<Abstract>

Rheological properties of cowpea and mung bean starch gels and pastes were investigated and compared with Instron Universal Testing Machine and Brabender Viscometer. As the result of puncture test of gels, yield point force of mung bean starch gel was higher than that of cowpea starch gel. Compression coefficient of cowpea starch gel calculated by Bourne's equation was lower than that of mung bean starch gel. The stress relaxation test showed that viscoelastic properties of cowpea and mung bean starch gels may be represented by six element Maxwell model consisting of three Maxwell element in parallel. Cowpea and mung bean starch pastes showed bingham pseudoplastic behavior in 3,5,6,7 and 8%. The consistency index in 7~8% of cowpea starch paste were lower than those of mung bean starch paste. Concentration dependence on consistency index and yield stress in mung bean starch were higher than those of cowpea starch. The yield stress of starch pastes was significantly correlated with yield point force by puncture test ($r=0.996$).

I. 서 론

동부와 녹두전분 gel은 같은 두류전분 gel로써 유

사한 texture특성을 보이기 때문에 최근에는 녹두전분 대용으로 보다 값싼 동부전분을 이용하여 우리나라 고유의 전통음식인 묵을 제조하고 있다. 묵을 포함한 젤리, 양갱, 두부, 어묵등 많은 gel상 식품의 구

조는 전분이나 한천, pectin등의 다당류와 식육단백질등의 고분자물질로 이루어져 소량의 고형분이 다량의 용매를 보유하고 일정한 형태를 유지하면서 고체로서의 특징과 함께 액체로서의 특성을 보이므로 gel상 식품은 점탄성체로서 rheology적인 측면에서 흥미로운 대상이다.¹⁾ 특히 여러식품에 있어서 rheology적 성질은 식품의 기계적 물성을 밝혀낼 뿐만 아니라 조리식품의 품질관리, 관능평가, 구조의 이해 그리고 공학적이용의 기초자료가 되기 때문에 이러한 성질의 평가는 각종 식품연구의 중요한 수단이 되고 있다.^{2~6)}

고체식품의 texture요소중 기계적 특성은 물질의 변형성을 기본으로 하는 압착시험(compression test), 관통시험(puncture test), 완화시험(relaxation test)과 creep test 등을 통해 객관적으로 측정할 수 있다. 구⁵⁾와 구등⁷⁾은 creep test에 의한 도토리묵의 점탄성을 voigt모형으로 분석하였으며, 탄닌성분이 도토리묵의 리올로지 특성에 주는 영향을 조사하였다. 김등^{8~10)}은 도토리묵을 시료로 Instron을 사용하여 압착시험, 응력완화시험, 관통시험 등을 행하여 여러가지 물성론적 특성을 보고하였으며, 변등⁴⁾은 양갱의 점탄성 연구에서 Rheometer를 사용하여 응력완화곡선을 얻고 점탄성특성치와 기계적 모형을 제시하였다. Peleg 등¹¹⁾은 망고, 파인애플, 파파야 등의 열대과일에 대해 관통시험을 행하고 압착력과 전단력의 기여도를 분석하였으며 Bourne¹²⁾은 옥수수전분 gel의 관통시험에서 천연전분보다 modified 전분의 경우 전단계수와 압착계수의 비율이 더 높음을 보고했다. 한편 손등¹³⁾이 동부묵은 녹두묵과 유사한 질감특성을 보이며 관능검사 결과 동부묵의 수용도가 녹두묵보다 높았다고 보고한바 있는데 최근에 조동¹⁴⁾이 Creepmeter, Rheolometer를 사용하여 동부묵의 texture와 점탄성 특성을 밝힌 바 있다.

본 연구에서는 texture특성이 유사한 동부와 녹두 전분 gel에 대해 Instron Universal Testing Machine을 사용하여 관통시험, 응력완화시험등의 객관적인 측정방법을 통해 기계적물성을 비교하고자 하였으며, 아울러 이를 전분 paste의 rheology특성과 gel형성후의 texture특성관계를 살펴보기 위하여

회전점도계를 사용하여 점도특성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용한 재료는 1986년도에 수확한 전라북도산 동부와 경기도산 녹두를 손등¹³⁾의 조전분 제조방법에 준하여 제조하였으며, 제조한 전분의 수분은 동부와 녹두전분 각각 12.51% 및 12.82%이었다.

2. 전분 gel의 조제

전분 gel의 조제는 손등¹³⁾의 방법을 개량하여 다음과 같이 6, 8 및 10% gel을 조제하였다. 즉, 소청농도의 전분현탁액(400 ml)을 95°C 항온수조상에서 계속 저어주면서 10분간 가열, 호화시킨후 직경 3 cm×높이 2 cm의 용기에 유입하여 15°C 항온실에서 3시간동안 저장하여 gel의 물성측정용 시료로 하였다. 이때 6, 8 및 10%의 경우는 관통시험을 위하여 제조하였으며 응력완화시험은 8%농도의 gel을 시료로 하였다.

3. 전분 gel의 기계적물성 측정

시료 gel의 기계적물성은 Instron Universal Testing Machine (Model 1140)을 사용하여 관통시험, 응력완화시험등으로 나누어 실시하였다. 관통시험은 Fixture: puncture probes (circular probe diameter: 5.50, 0.62, 1.00, 1.25, 1.50 cm), Crosshead speed: 100 mm/min, Chart Speed: 100 mm/min의 조건으로 측정하였다. 응력완화시험은 Fixture: Compression anvil, Crosshead speed: 500 mm/min, Chart speed: 1000 mm/min, %deformation: 50%로 측정하였다.

4. 전분 paste의 rheology 측정

1) 시료액의 조제¹⁵⁾

전분현탁액(3, 5, 6, 7 및 8%) 100 ml를 잘 혼합한 다음 항온수조에서 일정한 속도로 교반하면서 액의 온도가 95°C에 달할때부터 30분간 가열시킨 호화

액을 얼음물속에서 3분이내에 30°C로 냉각시킨 다음 리울로지 특성의 측정시료액으로 하였다

2) 리울로지 특성의 출점

회전점도계인 Brabender Viscometer (VISCOTRON, Model No. 802401)를 사용하여 outside cylinder의 내반경 21.7 mm, inside cylinder의 외반경 20.0 mm의 measuring system (E 17)에 시료용액 8 ml를 넣어 기포를 제거하고 측정온도를 유지하면서 회전속도 10~130 rpm의 연속적 변화에 따른 토오크 (torque)의 자동변화를 기록하여 행하였다.

3) Rheology 특성값의 산출

Rheology 특성값은 유동거동지수 및 항복응력을 고려한 다음의 Herschel-Bulkley식¹⁶⁾을 적용하였다.

여기서 K 는 점조도지수($P_a \cdot S^{-n}$), n 은 유동거동지수(-), τ_y 는 항복응력(Pa)이다. 전단응력(shearc stress) τ 과 전단속도(shear rate) $\dot{\gamma}$ 는 실험에서 얻은 회전속도에 따른 토오크로 부터 각각 다음식에 의하여 구했다.

$$\dot{\gamma} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{X} \quad \cdots(3)$$

여기서 S는 토오크값, N은 회전속도(rpm)이며
B, X 및 Y는 제조회사의 manual에 표시된 보정계

수도 각각 토오크 측정용 spring에 의존하는 scale factor, shear rate factor 및 shear stress factor^{o)}다. 그값은 다음의 Casson식¹⁷⁾에 의해 구해진다.

N 및 K값은 $\log(\tau - \tau_y)$ 와 $\log \dot{\nu}$ 관계의 기울기 및 $\log \dot{\nu} = 0$ 일 때의 절편값으로부터 각각 구했다.

III 결과 및 고찰

1. 과통시현

시료전분 gel의 관통시험결과 얻은 힘거리곡선 (force-distance curve)은 Fig. 1과 같다. 시료전분 gel의 농도가 증가함에 따라 peak의 높이 즉, 관통력은 현저하게 증가했으며 이때 최대관통력(maximum puncture force)은 항복력(yield point force)과 같았는데 탐침의 형태에 의한 영향으로 별모양의 탐침을 사용한 경우에는 항복력과 최대관통력이 다름다고 한다.⁸⁾

직경이 각기 다른 5가지 원형탐침을 사용한 관통시험에서 얻은 시료전분 gel의 항복력은 Table 1과 같다. 두 시료 모두 농도의 증가에 따라, 탐침의 직경이 커짐에 따라 항복력이 증가하였고 모든 탐침에서 동부전분 gel의 항복력의 크기는 녹두전분 gel보다 다소 적었다. 6%의 gel농도에서 두 시료의 차이는 그

Table 1. Yield - point force of cowpea and mung bean starch gels by puncture tests with different probes

Source	Probe diameter (cm)	6 % (g)	8 % (g)	10 % (g)
		M ± S.D.	M ± S.D.	M ± S.D.
Cowpea	0.50	9.4 ± 1.21	32.3 ± 2.11	64.8 ± 3.10
	0.62	13.4 ± 3.42	45.3 ± 6.12	91.5 ± 3.21
	1.00	31.5 ± 5.21	110.0 ± 10.12	214.9 ± 15.31
	1.25	46.1 ± 6.26	161.0 ± 9.59	336.2 ± 21.24
	1.50	67.8 ± 7.98	238.7 ± 13.72	440.6 ± 14.31
Mung bean	0.50	9.6 ± 0.89	39.2 ± 1.62	83.2 ± 3.10
	0.62	13.8 ± 2.10	59.2 ± 6.52	115.9 ± 3.55
	1.00	32.5 ± 3.52	142.0 ± 12.19	351.5 ± 8.47
	1.25	48.3 ± 5.73	213.1 ± 12.51	439.4 ± 12.73
	1.50	70.4 ± 2.98	311.4 ± 20.12	601.8 ± 19.41

리크지 않았으나, 농도가 증가할수록 증가폭은 더 커졌다.

Bourne¹²⁾은 항복력은 탐침의 단면적과 둘레에 비례한다는 가정하에서 다음식을 제안하였다.

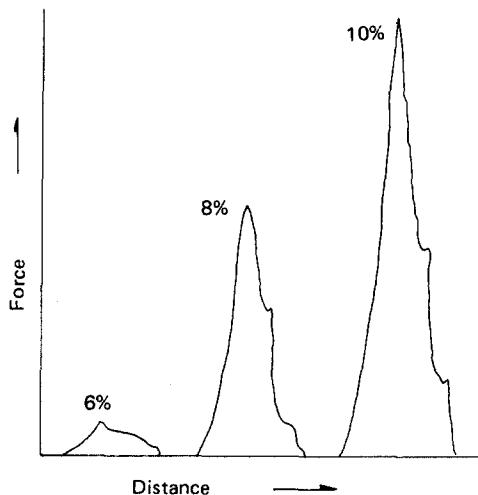


Fig. 1. Force-distance curves obtained in puncture test of cowpea and mung bean starch gels.

여기서 F 는 항복력이며 A 와 P 는 각각 탐침의 단면적 및 둘레이다. K_c 는 압착계수 (shear coefficient)이며 K_s 는 전단계수 (shear coefficient)이며 C 는 상수이다. 원형의 탐침을 이용할 때 식(5)은 탐침의 지름의 함수로 써 식(6)으로 나타낼 수 있다.

(D : 탐찰의 지름)

여러 시료의 실험결과 상수C는 그 크기가 아주 적 으므로¹²⁾ 이를 무시하면 식(6)은 식(7)로 바꿀 수 있 으며 F/D와 D사이의 관계는 직선이 된다.

탐침 5개를 사용한 시료전분 gel의 관통시험 결과를 (7)식에 적용하여 탐침의 지름(D)과 항복력을 탐침의 지름으로 나눈 값(F/D)의 관계로 표시하면 Fig. 2와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 텁침의 직경 0.5~1.5 cm에서 D와 F/D사이는 직선관계를 나타냈다. Fig. 2에서 동부와 녹두전분 gel 모두 농도별로 회귀분석을 실시하여 (7)식에 의한 압착계수(K_c)와 전단계수(K_s) 그리고 전단계수와 압착계수의 비율(K_s'/K_c)을 구한 결과는 Table 2와 같다. 두 시료전분 gel 모두 압착계수는 농도의 증가에 따라 증가하였고 그 증가

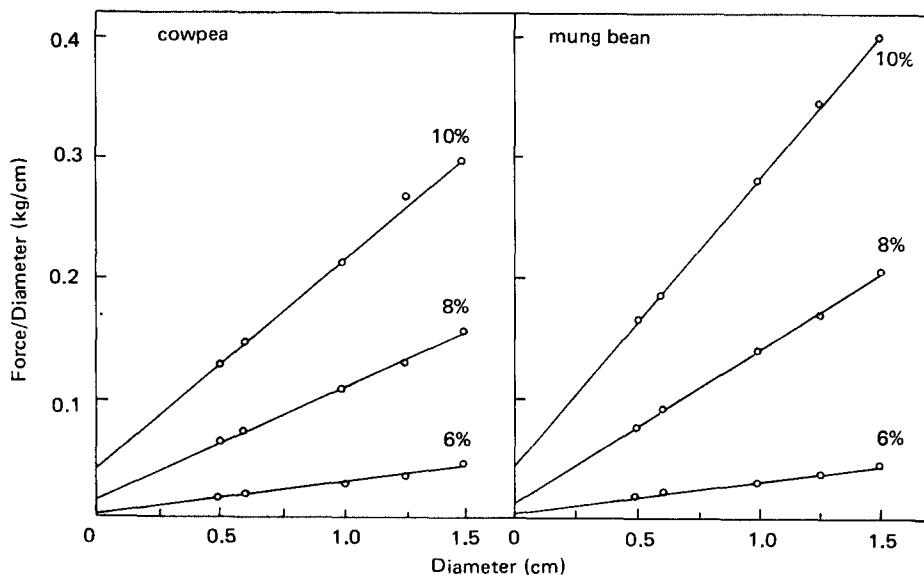


Fig. 2. Force-diameter relationship in puncture test of cowpea and mung bean starch gels.

쪽은 녹두전분 gel에서 더 컸다. 전단계수 역시 두 시료 모두 농도증가에 따라 증가했으나 동부전분 gel의 경우 녹두전분 gel보다 더 높은 값을 보였다. 또한 전단계수와 압착계수의 비율은 모든 농도에서 동부전분 gel이 녹두전분 gel보다 더 높아 동부전분 gel에서 전단력의 기여가 큼을 알 수 있었으나 농도에 따라서 일관성 있는 결과를 보이지는 않았다. 압착계수와 전단계수는 제품의 고유한 값으로써 또 하나의 물성연구의 지표로 사용될 수 있는 계수로 알려져 있다.^{8,18)}

2. 응력완화특성

동부와 녹두전분 gel의 점탄성 특성을 살펴보기 위하여 변형속도 500 mm/min에서 응력완화시험을 행하여 얻은 결과는 Fig. 3과 같다. 변형량을 일정하게 유지하는데 오하는 응력은 두 시료 모두 24 sec 정도까지는 급격하게 완화된 후 완만한 완화율로 계속 완화되었다. 이 응력완화 곡선의 해석에 일반화된 Maxwell 모형(generalized Maxwell model)을 적용하였으며 그 방정식은 다음과 같다.¹⁹⁾

Table 2. Numerical values of coefficients for various concentrations of cowpea and mung bean starch gels by puncture test

Sample	Coefficient	6 %	8 %	10 %
Cowpea	Kc' (g/cm ²)	25.87	93.22	171.58
	Ks' (g/cm)	5.61	16.21	44.00
	ratio Ks'/Kc'	0.217	0.174	0.256
Mung bean	Kc' (g/cm ²)	27.28	126.49	242.22
	Ks' (g/cm)	5.35	15.57	42.15
	ratio Ks'/Kc'	0.196	0.123	0.174

Note : Kc' = compression coefficient, Ks' = shear coefficient

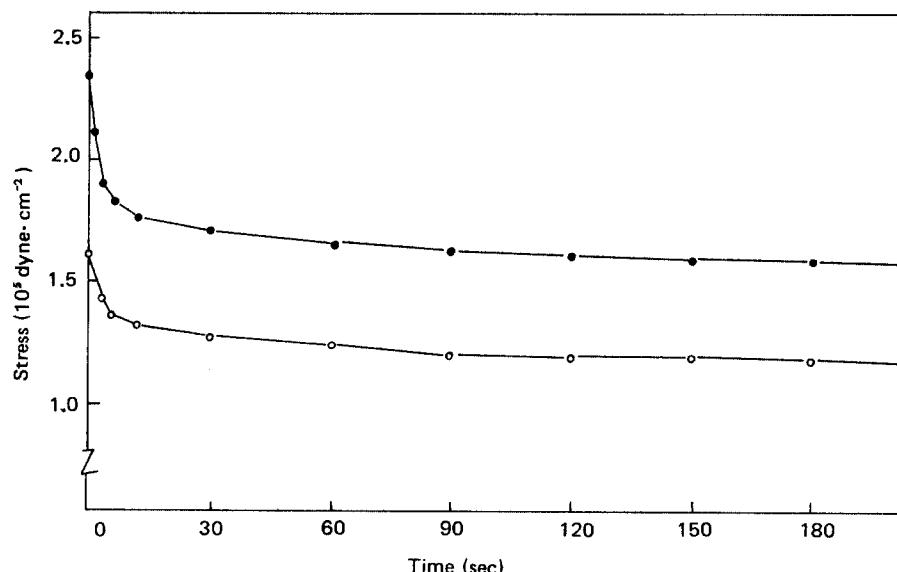


Fig. 3. Stress relaxation curves for cowpea (○) and mung bean (●) starch gels at compression rates of 500 mm·min⁻¹

$$\sigma(t) = \sum_{i=1}^n \sigma d_i \cdot e^{-t/T_i}$$

여기서 $\sigma(t)$ 는 시간 t 에서의 응력(stress) σd 는 decay stress, T 는 완화시간(relaxation time)이다. 윗식을 이용하여 successive residual method¹⁹⁾로 녹두전분 gel의 응력완화 곡선을 Fig. 4와 같이 분석하였다. Fig. 4에서 곡선 A(original curve)는

$$\sigma(t) = \sigma d_1 \cdot e^{-t/T_1} + \sigma d_2 \cdot e^{-t/T_2} + \sigma d_3 \cdot e^{-t/T_3}$$

의 형태로 나타났다. σd_1 , σd_2 , σd_3 , T_1 , T_2 , T_3 를 각 직선의 Slope and intercept method로 구했을 때 녹두전분 gel의 응력완화 방정식은 다음과 같았다.

$$\sigma(t) = 1269 \cdot e^{-t/2676.7} + 173 \cdot e^{-t/13.9} + 255 \cdot e^{-t/1.4}$$

같은 방법으로 구한 동부전분 gel의 모형방정식은

$$\sigma(t) = 951 \cdot e^{-t/2818.5} + 116 \cdot e^{-t/14.6} + 106 \cdot e^{-t/1.4}$$

로 분석되었다. 따라서 동부전분과 녹두전분 gel의 응력완화곡선은 모두 3개의 Maxwell모형을 병렬로 연결한 6요소의 모형으로 설명될 수 있으며 이 결과를 Fig. 5와 같이 나타냈다.

Successive residual method에 의해서 구한 붕괴응력(σd)과 완화시간(T)을 사용하여 탄성율(elastic modulus: $E = \sigma d / E_o$)과 점성율(viscosity coefficient: $\eta = T \cdot E$)을 구하고 그 결과를 Table 3에 나타냈다. 동부전분 gel의 탄성율은 녹두전분 gel보다 다소 낮았으며 점성과 탄성의 비율인 완화시간은 녹두전분 gel이 동부전분 gel보다 낮은 값을 보임으로써 녹두전분 gel에서 탄성체의 성질이 강한 경향을 보였다.

Leung 등²⁰⁾은 완화모형에서 3개의 탄성율이 TPA곡선으로 부터 분석한 견고성 및 관능검사에 의한 견고성과 상관관계가 있다고 보고하였는데 본 실험에서 탄성율은 관통시험에서 측정한 시료 gel의 견고성을 나타내는 항복력과 일치되는 결과를 보였다. 즉 녹두전분 gel의 경우 탄성율과 항복력이 모두 동부전분 gel보다 높았다.

3. 전분 paste의 rheology특성

동부와 녹두전분을 3~8%농도 범위에서 호화시켜 30°C에서 10~200 sec⁻¹의 전단속도에 따른 전단응력의 변화를 측정한 결과는 Fig. 6과 같다. 두 시료 모두 전단속도에 따른 전단응력의 변화는 농도에 관계 없이 원점을 지나지 않는 비직선관계를 보였다. 즉 시료전분 paste가 전단속도가 증가함에 전단응력이 증가하나 그의 증가율은 감소함으로써 전단속도의 증가에 따라 내부구조의 파괴를 동반하는 구조점성

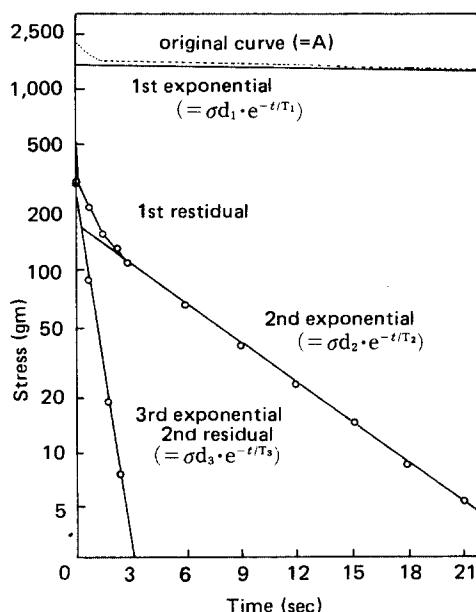


Fig. 4. Analysis of stress relaxation curve of mung bean starch gel by the method of successive residuals.

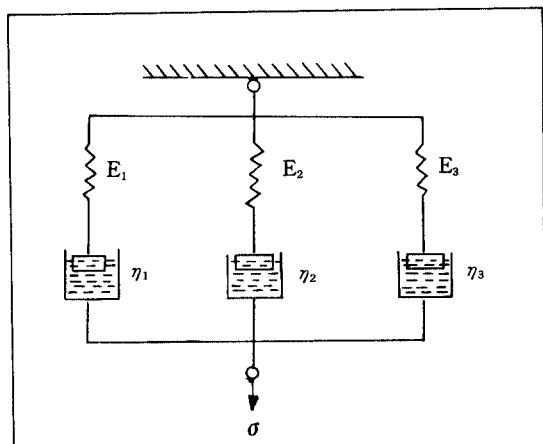


Fig. 5. Six element Maxwell model representation for cowpea and mung bean starch gels.
 $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$
 $\sigma(t) = \varepsilon_0 (E_1 \cdot e^{-t/T_1} + E_2 \cdot e^{-t/T_2} + E_3 \cdot e^{-t/T_3})$

거동을 보여 항복응력을 갖는 의가소성 유체의 특징을 나타냈다. 그런데 전단속도에 대응하는 전단응력의 값이 6%농도 이하에서는 동부전분 paste가 더 컸다.

Table 3. The generalized maxwell model parameters of cowpea and mung bean starch gels by gels by stress relaxation test

	Cowpea	Mung bean
σd_1	1.32	1.76
σd_2	0.16	0.24
σd_3	0.15	0.36
T ₁	2818.49	2676.66
T ₂	14.59	13.89
T ₃	1.36	1.36
E ₁	2.64	3.5
E ₂	0.32	0.48
E ₃	0.29	0.71
η_1	740.36	942.45
η_2	0.05	0.17
η_3	0.04	0.10

σ : stress ($\times 10^5$ dyne cm $^{-2}$)

T : relaxation time (sec)

E : modulus of elasticity ($\times 10^5$ dyne cm $^{-2}$)

η : viscosity coefficient ($\times 10^7$ poise)

으나 7%이상에서는 녹두전분이 더 큰 특이성을 보여 주었다. 이러한 특성은 시료전분의 구조적 특성, 전분입자의 팽윤정도와 파괴외에도 전분입자에서 용출되어 나온 물질, 노화특성에서의 차이등 여러 요인들이 작용되기 때문으로 여겨진다.^{21,22)} 시료의 전단응력값과 항복응력값의 차이는 전단속도에 대하여 양대수좌표에 나타낸 결과는 Fig. 7과 같다. 시료모두 농도에 관계없이 직선적인 관계를 보였으므로 동부와 녹두전분 paste의 rheology 거동은 Herschel-Bulkley식에 잘 적용되었다. Fig. 7의 기울기와 절편값에서 rheology 특성값인 유동거동지수(flow behavior index, n)과 점조도지수(consistency index, K)값을 구해 항복응력(yield stress, τ_y)과 함께 Table 4에 나타냈다. n값은 시료모두 농도의 증가에 따라 감소하였으며 3~5%농도에서는 녹두전분의 값이 더 컸으나 6~8%농도에서는 동부전분이 약간 높은 값을 보였다. K값은 농도증가에 따라 현저하게 증가하였고 시료간에 차이를 보여 동부전분의 경우 3~6%에서는 녹두전분보다 더 컸으나 7%이상에서는 더 낮았다. 또한 τ_y 값 역시 농도에 따라 크게 증가했으나 3%에서는 동부전분이, 5~8%에서는 녹두전분이 더 높은 값을 보였다.

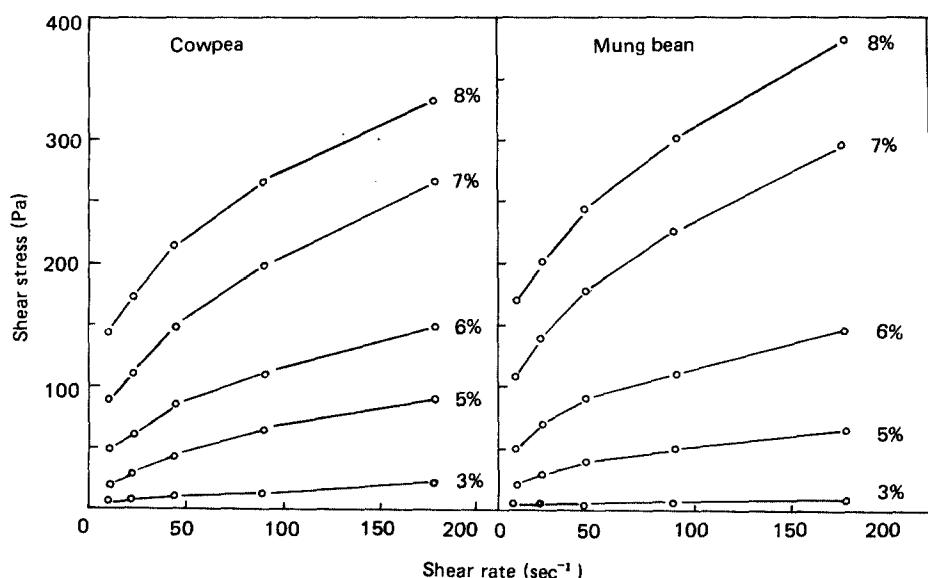


Fig. 6. Shear stress vs.shear rate of cowpea and mung bean starch pastes.

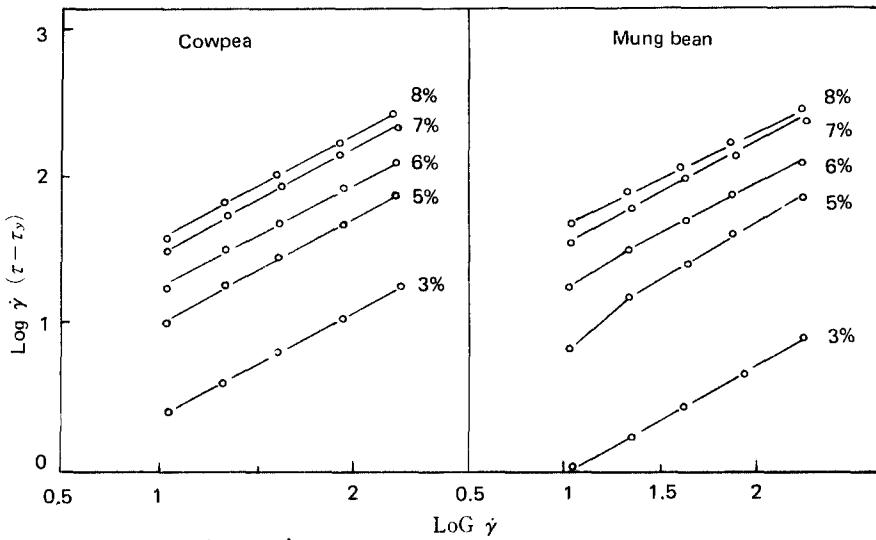
Fig. 7. $\log(\tau - \tau_y)$ vs. $\log\gamma$ at various concentrations of cowpea and mung bean starch pastes.

Table 4. Rheological parameters of gelatinized cowpea and mung bean starches

Conc. (%)	Cowpea			Mung bean		
	n	K	τ_y	n	K	τ_y
3	0.69	0.5081	1.776	0.78	0.1517	0.209
5	0.69	2.2131	11.406	0.72	1.4890	13.413
6	0.67	4.1352	28.850	0.66	3.9765	35.420
7	0.67	7.0550	55.180	0.65	8.2319	75.060
8	0.64	9.0365	106.463	0.61	11.3110	125.690

† n : Flow behavior index (-)

K : Consistency index ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)

τ_y : Yield stress (Pa)

이상의 결과에서 동부와 녹두전분 paste의 rheology거동은 농도의존성이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 시료의 농도의존성을 좀 더 자세히 살펴보기 위하여 농도증가에 따른 rheology특성값의 변화를 Fig. 8, 9에 나타냈다. Fig. 8은 $\ln K$ 와 농도[C]와의 관계를 나타낸 것으로 다음의 지수함수식으로 표현될 수 있었다.

$$K = K_c \exp(B \cdot C)$$

여기서 K_c 및 B 는 무한회석용액에서의 경조도지수 및 이의 농도의존성의 정도를 나타낸다. $\ln K$ 와 C와의 관계는 두 시료 모두 6.3%농도 부근에서 기울기

가 서로 다른 직선관계를 보였다. 이는 다른 전분에서도 나타나는 현상이며 쌀전분의 경우 7%,²³⁾ 옥수수전분은 6~7%,²⁾ 쌀보리전분은 5%부근¹⁵⁾에서 기울기 값이 달라진다고 보고된 바 있다. 이등²³⁾은 이 농도 부근에서 전분호화액의 구조적 특성이 달라지기 때문이라고 하였다. 일반적으로 리올로지 특성값이 크게 달라지는 농도는 gel형성 및 packing density등과 관련이 있다고 한다.²⁾ K_c 및 B값은 각각 6.3%이하에서 동부전분이 0.0624 및 0.7042, 녹두전분이 0.0058 및 1.0962 이었으며 6.3%이상에서는 동부전분이 1.2523 및 0.2740, 녹두전분이 0.8642 및

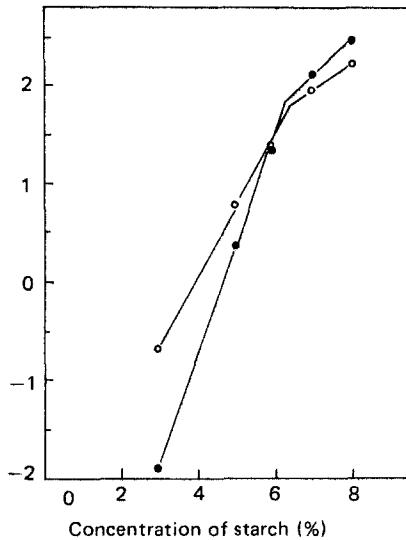


Fig. 8. Concentration dependence on consistency index of cowpea (○) and mung bean (●) starch pastes.

0.3220 이었다. K_c 값은 동부전분이 더 커졌고, B 값은 녹두전분이 더 큰 값을 보여 녹두전분의 농도의존성이 동부전분보다 더 큼을 알 수 있었다.

$\sqrt{\tau_y}$ 와 농도[C]의 관계를 나타낸 Fig. 9에서는 두 시료 모두 농도의 증가에 따라 $\sqrt{\tau_y}$ 값이 증가했으나 직선에서 다소 벗어났기 때문에 상관계수를 구한 결과 동부는 0.992($p<0.01$), 녹두는 0.997($p<0.01$)로 Evans 등²⁴⁾이 제안한 다음의 관계가 성립되었다.

$$\sqrt{\tau_y} = Ky(C - C_0)$$

여기서 C_0 은 전분호화액이 항복응력을 보이기 시작하는 농도, 즉 순수한 유체에서 Soft solid로 변화되는 농도이며 Ky 는 항복응력의 농도의존성을 나타내는 상수이다. 윗 식을 적용하여 Fig. 9로부터 Ky 및 C_0 값을 구하였으며 그 값은 각각 동부전분이 1.775 및 2.664%, 녹두전분이 2.164 및 3.000%이었다. 항복응력값은 농도에 크게 의존하며 점증제 이용의 척도가 되는데 전분 paste의 항복응력값에 영향을 주는 인자로는 분자적 또는 구조적요소 즉, 전분입자간의 비특이적인 상호작용이나 물리적인 얹힘(entanglement) 및 2차적인 입자 또는 분자간의 그물구조 형성능력 등이 알려져 있다.²⁵⁾

한편, 6.8%농도의 동부 및 녹두전분 paste의 항복

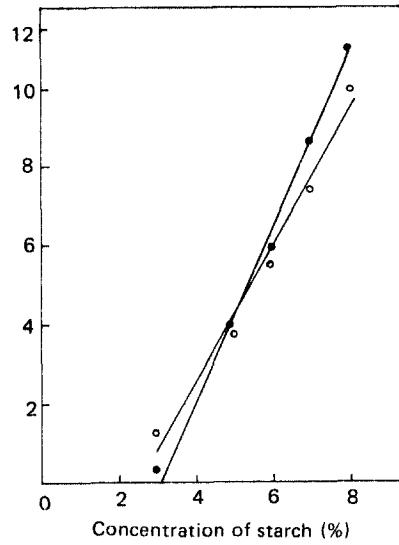


Fig. 9. Concentration dependence on yield stress of cowpea (○) and mung bean (●) starch pastes.

응력은 관통시험에서 얻은 항복력과 높은 상관성 ($r=0.996$)을 보임으로써 시료전분 paste의 항복응력과 gel의 굳기 및 견고성과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

IV. 요 약

두류전분 gel로써 유사한 texture 특성을 보이는 동부전분 gel과 녹두전분 gel의 기계적 물성 및 이를 전분 paste의 rheology 특성을 비교 검토하였다.

관통시험에서 시료 모두 농도증가에 따라 항복력이 증가하였고 이 값은 녹두전분gel이 동부전분 gel 보다 더 높았으며 암착계수 역시 녹두전분 gel이 높았다. 응력완화시험의 분석결과 시료전분 gel모두 3개의 Maxwell 모형을 별별로 연결한 6요소의 모형으로 설명될 수 있었으며 녹두전분 gel의 경우 동부전분 gel보다 탄성체의 성질이 더 강했다. 시료전분 paste의 rheology 특성은 3~8% 각 농도에서 시료에 관계없이 모두 항복응력을 갖는 의가소성 유체의 거동을 보였으며 농도증가에 따라 점조도지수와 항복응력값은 증가하였고 이를 값에 대한 시료의 농도의 존성은 녹두전분이 더 커졌다. 시료전분 paste의 항복응력값은 gel의 굳기 및 견고성과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Nakahama Nobuko: Rheological Studies on Cookery, 가정학회지, **23**, 1972, p. 18.
2. 단국대학교 부설 식량개발 연구소 : 옥수수 전분의 리올로지, 1983.
3. Watase, M.: Rheological studies of thermoirreversible gels-Stress relaxation of konjak mannan alkaline gels and egg white (thin albumin) gels *J. Food Sci., Tech. (Japanese)* **22**, 1975, p. 488.
4. 변유량, 유주현, 전인선 : 양강의 물성에 관한 연구, 제1보, 양강의 점탄성 한국식품과학회지, **10**, 1978 p. 344.
5. 구성자 : 도토리묵의 rheological properties에 관한 연구, 대한가정학회지, **22**, 1984, p. 99.
6. Isozaki, H., Akabane, H., Nakahama, N.: Viscoelasticity of hydrogels of agar-agar analysis of creep and stress relaxation, 농화학회지(일본), **6**, 1976, p. 265.
7. 구성자, 장정옥, Nakahama, N., Kobayash, M.: 도토리 전분묵의 rheology특성과 tannin성분의 영향에 대하여, 대한가정학회지, **23**, 1985, p. 33.
8. 김영아, 이혜수 : 도토리묵의 물리적 특성-판통검사와 back extrusion test, 한국식품과학회지, **17**, 1985, p. 469.
9. 김영아, 이혜수 : 도토리묵의 물리적 특성, 한국식품과학회지, **17**, 1985, p. 345.
10. 김영아, 이혜수 : 응력완화 검사에 의한 도토리묵의 물리적 특성, 한국조리과학회지, **1**, 1985, p. 53.
11. Peleg, M., Brito, L.G.: Estimation of the components of a penetration force of some tropical fruits, *J. Food Sci.*, **40**, 1975, p. 1030.
12. Bourne, M.C.: Theory and application of the puncture test in food texture measurement, in Food Texture and Rheology, Sherman, P. (ed.), Academic Press, London, 1979, p. 95.
13. 손경희, 문수재 : Gel상 식품에 관한 실험조리적 검토-각종 전분의 교질성을 이용한 식품, 연세논총, **15**, 1978, p. 191.
14. 조연화, 장정옥, 구성자 : 동부의 특성과 동부묵의 Rheology에 대하여, 한국조리과학회지, 1987, p. 54.
15. 박양균, 노일환, 김관, 김성곤, 이신영 : 쌀보리 전분 호화액의 리올로지 특성, **18**, 1986, p. 278.
16. Sherman, P.: Industrial Rheology, Academic Press, New York, 1970.
17. Casson, N.: Rheology of Disperse Systems, Mill C.C.(ed.) Pergamon Press, New Youk, 1959.
18. 이동선, 변유량, 권윤중, 신동화 : 감자의 종자 중 텍스쳐의 변화, 한국식품과학회지, **14**, 1982, p. 16.
19. Mohsenin, N.N.: Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gorden and Breach Science Publishers, New York, London, Paris, 1978, p. 131.
20. Leung, H.K., Barron, F.H., Davis, D.C.: Textural and rheological properties of cooked potatoes, *J. Food Sci.*, **48**, 1983, p. 1470.
21. Dengaate, H.N.: Swelling, Pasting, and gelling of wheat starch, in Advances in Cereal Sciences and Technology, Vol. VI, **49**, 1983, p. 198.
22. Miller, B.S., Derby, R.I., Trimbo, H.B.: A pictorial explanation for the increase viscosity of a heated wheat starch-water suspension, *Cereal Chem.*, **50**, 1973, p. 271.
23. 이신영, 조형용, 김성곤, 이상규, 변유량 : 쌀전분 호화중의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, **16**, 1984, p. 273.
24. Evans, I.D., Haisman, D.R.: Rheology of gelatinized starch suspensions, *J. Texture Stud.*, **10**, 1979, p. 347.
25. Rha, C.K.: Rheology of fluid foods, *Food Tech.*, **32**, 1987, p. 77.