

동부 앙금 호화액의 흐름 성질

이애랑[†] · 김성곤* · 이신영**

승의여자전문대학 식품영양과

*단국대학교 식품영양학과

**강원대학교 발효공학과

Flow Properties of Gelatinized Cowpea Flour Dispersion

Ae-Rang Lee[†], Sung-Kon Kim* and Shin-Young Lee**

Dept. of Food and Nutrition, Sungeui Women's Junior College, Seoul 100-250, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

**Dept. of Fermentation Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract

The effects of concentrations (6~9%), heating temperatures (80, 85, 90 and 95° C) and heating methods (continuous, method A and instantaneous, method B) on the flow properties of cowpea flour (air-dried sediment) at 60° C were studied. The gelatinized cowpea flour dispersions by method B had higher values of yield stress and consistency index but lower value of flow behavior index compared to those values of method A. The log values of consistency index were positively correlated with the concentration and heating temperature for both methods. The rate of increase in the consistency index value by method B at the same concentration was greater in all heating temperatures than that by method A.

Key words : cowpea, flow properties, gelatinization

서 론

동부는 상업적으로 녹두 대용으로 목 제조에 이용되고 있으나 동부의 목 제조 적성에 대한 체계적인 연구는 미흡한 실정이다. 저자 등¹⁾은 전보에서 동부 앙금의 농도, 가열 온도와 호화방법에 따른 동부겔의 특성에 대한 연구의 하나로 농도와 가열온도가 동부 앙금의 호화성질에 미치는 영향을 보고하였다.

목은 기본적으로 앙금의 겔 형성 특성을 이용한 제품이므로 앙금의 농도와 가열온도는 점도에 크게 영향을 주게 되며²⁾ 이러한 점도는 용도적성의 판단에 중요한 지표가 된다³⁾. 손 과 윤³⁾은 동부와 녹두 앙금 (3~8%)의 흐름 성질을 비교하고 항복응력값은 겔의 굳기와 밀접한 관계를 보인다고 하였다. 권 등⁴⁾은 녹두 전분의 경우 농도와 가열온도는 흐름성질, 겔의 경도와 저장

중 수축정도에 크게 영향을 준다고 보고하였다.

본 연구에서는 전보¹⁾에 이어 동부 앙금의 농도와 가열방법과 가열온도가 호화액의 흐름성질에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

동부 앙금은 풀무원 식품(주)에서 제조한 것으로서 실험실에서 다시 정제하여 사용하였다. 시료 앙금은 전보¹⁾에서 사용한 것과 같은 것이었다.

호화액의 조제

시료호화액 (6, 7, 8과 9%, 건량기준)은 연속가열법과 순간가열법으로 조제하였다. 연속가열법에 의한 호화는 앙금을 50ml 원심분리관을 이용하여 증류수 (22~25° C)에 분산시키고 교반 항온 수조에서 일정한 속도

[†]To whom all correspondence should be addressed

로 교반하면서 액의 온도를 각 호화온도(80, 85, 90과 95°C)에 도달시키고 이로부터 20분간 유지시킨 것을 호화액으로 하였다. 각 호화온도에 도달하는 시간은 80°C가 40분, 85°C가 50분, 90°C가 55분, 95°C가 65분이었다.

순간 가열 호화법은 양금을 50ml 원심분리관에 넣고 각 호화온도의 증류수를 넣어 호화시키고 같은 온도에서 20분간 유지시킨 것을 호화액으로 하였다.

리올로지 성질의 측정

호화액의 흐름성질은 회전점도계(Viscotron, 브라베타회사 제품)를 사용하여 측정하였다. 외부 실린더의 내반경 21.7mm, 내부 실린더의 외반경 20.0mm의 측정장치(E17)에 시료액 8ml를 넣고 측정온도(60°C)를 유지하면서 회전속도 8~180rpm의 연속적 변화에 따른 회전우력의 변화를 자동 기록하였다.

리올로지 측정값은 다음 식으로부터 구하였다⁹⁾.

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

여기에서 τ 는 전단응력 (Pa), K는 점조도 지수 (Pa · s⁻ⁿ), γ 는 전단속도 (s⁻¹), n은 흐름지수, τ_y 는 항복응력 (Pa)이다.

전단응력과 전단속도는 실험으로부터 구한 회전우력과 회전속도로부터 다음식을 이용하여 구하였다.

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

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

여기에서 S는 회전우력값, N은 회전속도(rpm), B, X와 Y는 보정계수이다. 흐름지수와 점조도 지수는 log($\tau - \tau_y$)와 log γ 의 관계식의 각각 기울기와 절편으로부터 구하였고, τ_y 값은 다음의 Casson식¹⁰⁾으로부터 구하였다.

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

여기에서 K_c는 Casson의 점조도 지수이다.

결과 및 고찰

동부 양금을 연속 가열 또는 순간 가열하여 호화시킨 액을 60°C에서 측정한 흐름곡선은 Fig. 1과 같다. 농도와 가열방법에 관계없이 전단속도의 증가에 따른 전단응력의 변화는 비직선적인 관계를 보여 항복응력을 가진 비뉴턴체의 성질을 보였다. 비직선적인 관계는 농도가 증가할수록 또한 가열속도가 높아질수록 강

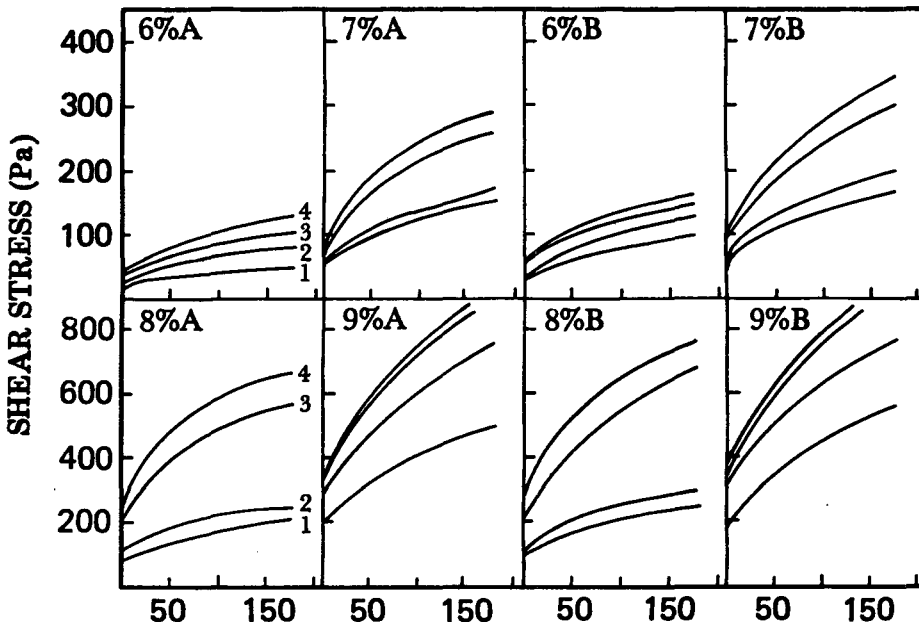


Fig. 1. Flow curves of cowpea flour dispersions gelatinized at 80°~95°C and measured at 60°C.
 A=Continuous heating ; B=Instantaneous heating
 1=80°C ; 2=85°C ; 3=90°C ; 4=95°C

Table 1. Effects of concentrations and heating temperatures on the rheological parameters of cowpea flour dispersion*

| Concentration (%) | Heating temperature (°C) | τ_y (Pa) | | K (Pa · s ⁻ⁿ) | | n | |
|-------------------|--------------------------|---------------|--------|---------------------------|-------|------|------|
| | | A | B | A | B | A | B |
| 6 | 80 | 13.98 | 14.38 | 2.72 | 4.48 | 0.55 | 0.58 |
| | 85 | 17.13 | 19.11 | 3.78 | 5.73 | 0.55 | 0.57 |
| | 90 | 30.10 | 35.96 | 4.54 | 8.00 | 0.54 | 0.55 |
| | 95 | 37.34 | 40.63 | 7.10 | 12.18 | 0.53 | 0.56 |
| 7 | 80 | 41.58 | 41.83 | 5.47 | 7.26 | 0.56 | 0.56 |
| | 85 | 44.47 | 45.31 | 7.10 | 10.70 | 0.54 | 0.55 |
| | 90 | 74.65 | 89.30 | 10.55 | 15.64 | 0.53 | 0.53 |
| | 95 | 87.65 | 91.31 | 14.15 | 23.24 | 0.52 | 0.51 |
| 8 | 80 | 61.62 | 66.06 | 9.97 | 13.46 | 0.56 | 0.55 |
| | 85 | 87.60 | 91.30 | 13.73 | 20.80 | 0.55 | 0.54 |
| | 90 | 136.06 | 148.63 | 18.17 | 27.94 | 0.54 | 0.52 |
| | 95 | 169.05 | 179.46 | 24.53 | 40.44 | 0.52 | 0.50 |
| 9 | 80 | 138.64 | 145.76 | 20.27 | 27.85 | 0.55 | 0.55 |
| | 85 | 155.74 | 165.85 | 27.35 | 42.93 | 0.54 | 0.54 |
| | 90 | 195.66 | 210.66 | 35.46 | 54.60 | 0.53 | 0.51 |
| | 95 | 215.67 | 235.05 | 48.52 | 83.51 | 0.52 | 0.50 |

*Dispersions were heated by continuous (A) or instantaneous (B) method to each temperature and held for 20min and measured at 60°C

해졌다. 이러한 결과는 손과 윤³⁾의 보고와 같은 경향이 었다. Fig. 1과 같은 경향은 녹두 전분⁴⁾ 또는 녹두 앙금³⁾에서도 보고되어 있다.

각 전단속도에서 전단응력값은 순간가열 호화액이 연속가열 호화액보다 높았다 (Fig. 1). Fig. 1의 결과를 보면 전단속도가 증가함에 따라 전단응력은 증가하나 그 증가율은 감소하여 전단속도의 증가에 따라 내부 구조의 파괴를 동반하는 구조점성의 거동을 보여 항복 응력을 갖는 의가소성 유체의 성질을 보였다. 이러한 결과는 동부 앙금(3~8%)을 연속 가열 호화시키고 30°C에서 10~200 s⁻¹의 전단속도에서 전단응력의 변화를 보고한 손과 윤³⁾의 결과와 같은 것이었다. 또한 손과 윤³⁾은 녹두 앙금에 대하여, 권 등⁴⁾은 녹두 전분에 대하여 비슷한 결과를 보고하였다.

의가소성 유체의 흐름 성질은 리올로지 상태 방정식인 Herschel-Bulkley모형⁵⁾으로 설명된다. 이 모형에서는 전단응력에서 항복응력을 뺀 차이값과 전단속도의 양 대수값은 직선적인 관계를 보이게 되므로 이 모형을 적용하기 위하여는 먼저 항복응력을 구하여야 한다. 동부 앙금 호화액의 항복응력은 Casson식을 이용하여 구하였고, Herschel-Bulkley식을 이용하여 비선형 최소자승법으로 구한 리올로지 특성값은 Table 1과 같다. 항복응력은 일정한 농도에서 가열온도가 증가할 수록 높아졌고, 일정한 가열온도에서 농도가 증가할 수록 높아졌다. 점조도 지수값도 항복응력과 같은 경향을 보였다. 흐름지수는 농도가 증가함에 따라, 또한 동

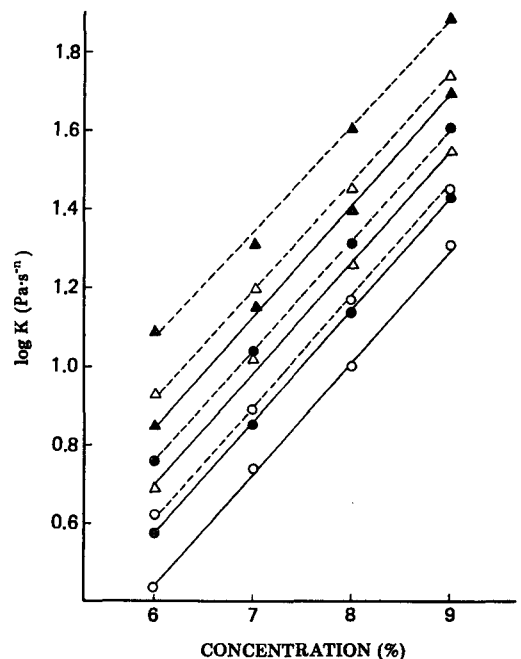


Fig. 2. Relationship between log consistency index and concentration of cowpea flour dispersions gelatinized at 80°C (○), 85°C (●), 90°C (△) and 95°C (▲) for 20min by continuous (solid line) and instantaneous (dotted line) heating.

일한 농도에서 가열온도가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 녹두 전분의 결과⁴⁾와 잘 일치하였다. 손과 윤³⁾은 동부 앙금과 녹두 앙금의 경우

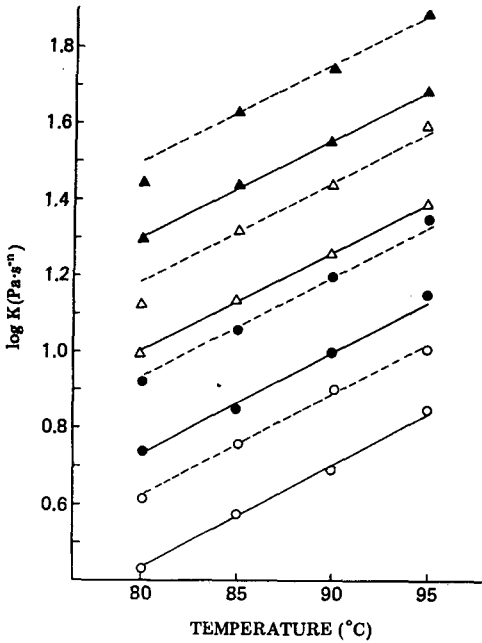


Fig. 3. Relationship of log consistency index and heating temperatures of cowpea flour dispersions at 6(○), 7(●), 8(△) and 9(▲)%.
Solid line = continuous heating ; Dotted line = instantaneous heating

8%농도에서의 흐름지수는 6%와 7%농도에서보다 낮은 값을 보인다고 하였다. 김 등⁷⁾은 옥수수 전분 호화액의 경우 흐름지수는 농도의존성을 보여 농도의 증가에 따라 의가소성이 증가하는 경향을 보이나 측정 온도에는 영향을 받지 않는다고 보고하였다. Table 1의 결과를 보면 순간 가열호화액은 연속 가열호화액보다 농도와 가열 온도에 관계없이 항복응력과 점조도 지수가 높았고, 흐름지수는 8%와 9%농도에서 순간 가열호화액이 연속 가열호화액보다 낮은 경향을 보였다.

점조도 지수의 대수값과 농도와의 관계는 Fig. 2와 같다. 점조도 지수의 대수값은 각 가열온도에서 농도의 증가에 따라 직선적으로 증가하였으며, 동일한 농도에서 점조도 지수의 대수값은 순간 가열호화액이 높았다. 가열온도 80°C에서 순간 가열호화액의 점조도 지수의 대수값은 가열온도 85°C에서의 연속 가열호화액의 값과 비슷하였으며, 가열온도 85°C에서의 순간 가열호화액의 점조도 지수의 대수값은 연속 가열호화액의 90°C와 95°C에서의 점조도 지수의 대수값의 중간 정도의 값을 보였다. 이러한 결과는 동일한 농도에서 점조도 지수의 대수값은 순간 가열호화액이 연속 가열호화액보다 높으며, 가열방법에 따라 동부 양금의 점조도 지수는 크게 영향을 받는다는 것을 가리킨다.

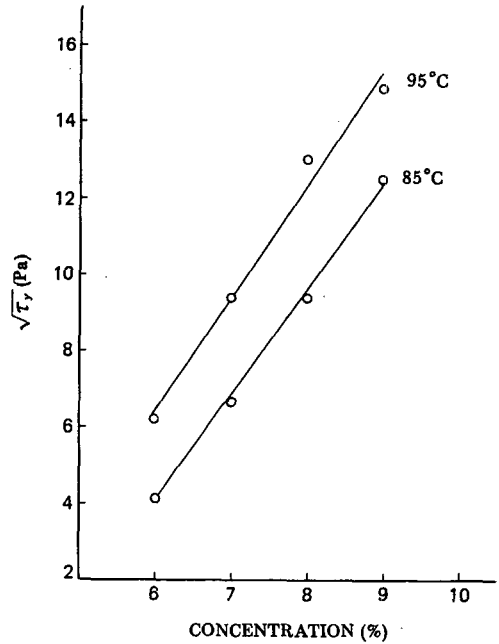


Fig. 4. Plot of $\sqrt{\tau_y}$ against concentration of cowpea flour dispersions at different heating temperatures(continuous heating).

Fig. 2의 결과로부터 각 직선의 회귀식을 구한 결과 가열온도에 관계없이 직선의 기울기 값은 연속가열이 0.2770(±0.0020), 순간가열이 0.2779(±0.0015)로서 차이가 없었다. 이러한 결과는 동부 양금의 6~9%농도에서 가열온도 80~95°C의 범위에서 농도 증가에 따라 점조도 지수의 대수값의 증가 속도가 연속 가열호화액과 순간 가열호화액 사이에 차이가 없음을 가리킨다.

점조도 지수의 대수값과 가열온도와의 관계는 Fig. 3과 같다. 점조도 지수의 대수값은 각 농도에서 가열 온도가 높아짐에 따라 직선적으로 증가하였다. 8%농도에서 순간 가열호화액의 점조도 지수의 대수값은 같은 농도에서 연속 가열호화액보다 높았으며 연속 가열호화액 9%의 값에 가까운 값을 보였다. Fig. 3의 직선식을 구한 결과 기울기 값은 연속가열이 0.0274(±0.0006), 순간가열이 0.0301(±0.0012)로서 농도에 따른 차이는 없었으나 연속 가열호화액이 순간 가열호화액보다 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 동일한 농도에서 연속 가열호화보다 순간호화방법이 가열온도에 따른 점조도 지수 대수값의 증가속도가 크다는 것을 가리킨다.

항복응력 값은 농도에 크게 의존하며 점증제 이용에 있어 주요 척도가 된다⁷⁾. 동부 양금의 연속 가열호화액의 항복응력의 평방근과 농도와의 관계는 Fig. 4와 같

Table 2. Values of K_y and C_o for cowpea flour dispersions

| Heating temperature (°C) | K_y (Pa · s ⁻ⁿ) | | C_o (g/100ml) | |
|--------------------------|-------------------------------|------|-----------------|------|
| | A | B | A | B |
| 80 | 2.55 | 2.65 | 4.57 | 4.63 |
| 85 | 2.77 | 2.84 | 4.55 | 4.54 |
| 90 | 2.85 | 2.91 | 4.01 | 3.88 |
| 95 | 2.94 | 3.04 | 3.81 | 3.84 |

A= continuous heating ; B = instantaneous heating

다. 다른 가열온도에서도 모두 직선적인 관계를 보였으며 순간 가열호화액도 같은 경향을 보였다.

Fig. 4의 결과는 다음 식⁷⁾으로 표시될 수 있다.

$$\sqrt{\tau} = K_y(C - C_o)$$

여기에서 C_o 는 호화액이 항복응력을 보이기 시작하는 농도, 즉 순수한 유체에서 부드러운 고체로 변하는 농도이며 K_y 는 항복응력의 농도의존성을 나타내는 지표이다. Fig. 4의 직선의 기울기와 절편으로부터 각각 K_y 와 C_o 값을 구한 결과는 Table 2와 같다. K_y 값은 가열온도가 증가할수록 증가하였으며 순간 가열호화액이 연속 가열호화액보다 높은 값을 보였다. 따라서 동부 양금 호화액은 가열온도가 증가할수록 항복응력의 농도의존성이 증가하며, 순간 가열호화액이 연속가열호화액보다 온도의존성이 높았다. C_o 값은 가열온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 가열방법 사이에는 차이를 보이지 않았다. 이 농도(즉 C_o 값)는 동부 양금 호화액이 packing density가 1이 되는 농도, 즉 팽윤된 입자의 hydrodynamic volume이 전체 시료부피와 같아지는 농도를 가리킨다⁷⁾.

손과 윤³⁾은 동부 양금 호화액의 K_y 가 1.78, C_o 가 2.66%, 녹두 양금 호화액의 K_y 가 2.16, C_o 가 3.00%라고 보고하였다. 곡류 전분의 경우 K_y 는 쌀보리 전분이 2.60~2.97⁸⁾, 쌀 전분이 1.5정도⁹⁾, 옥수수 전분이 1.09~1.31⁷⁾로 보고되어 있으며, C_o 는 2.6~2.9% 범위로 거의 일정한 값을 보인다.

각 온도 (80, 85, 90, 95°C)에 도달시키고 20분간 유지시킨다음 호화액의 흐름성질을 회전점도계를 이용하여 회전속도 6~180rpm, 측정온도 60°C의 조건에서 분석하였다. 호화액은 항복응력을 가진 의가스성 유체의 성질을 보였고 각 전단속도에서의 전단응력값은 순간 가열호화액이 연속 가열호화액 보다 컸다. 순간 가열호화액은 농도와 가열온도에 관계없이 연속 가열호화액보다 항복응력과 점조도 지수값이 컸고 흐름지수값은 작았다. 점조도 지수의 대수값은 농도와 가열온도와 정의 상관관계 ($p < 0.05$)를 보였다. 동일한 농도에서 순간 가열호화액은 연속 가열호화액보다 가열온도에 따른 점조도 지수의 대수값의 증가 속도가 컸다.

문 헌

1. 이에량, 김성곤 : 동부 양금의 호화성질. 한국영양식량학회지, **22**, 40(1993)
2. Holdsworth, S. D. : Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior on fluid food products. *J. Texture Stu.*, **2**, 393 (1971)
3. 손경희, 윤계순 : 동부와 녹두 전분 gel 및 paste의 rheological properties. 대한가정학회지, **26**, 93(1988)
4. 권순혜, 김명희, 김성곤 : 녹두 전분의 리올로지 성질. 한국식품과학회지, **22**, 38(1990)
5. Charm, S. E. : *The fundamentals of food engineering*. 2nd ed., The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn., Chap. 3(1971)
6. Casson, N. : A flow equation for pigment oil suspensions of printing ink type. In "Rheology of disperse systems", Mill, C. C. (ed.), Pergamon Press, London, p.84 (1958)
7. 김주봉, 이신영, 김성곤 : 옥수수 전분호화액의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, **24**, 54(1992)
8. 박양균, 노일환, 김관, 김성곤, 이신영 : 쌀보리 전분 호화액의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, **18**, 278 (1986)
9. 박양균, 김성곤, 이신영, 김관 : 가열 및 알카리 호화에 의한 쌀전분의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, **23**, 57(1991)

(1992년 11월 19일 접수)

요 약

동부양금(6~9%)을 연속가열법과 순간가열법으로