

가열조건에 따른 동부 앙금 호화액의 겔보기 점도

이애랑[†] · 김성곤*

송의여자전문대학 식품영양과

*단국대학교 식품영양학과

Effect of Heating Conditions on Apparent Viscosity of Cowpea Sediment Dispersions

Ae-Rang Lee[†] and Sung-Kon Kim*

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

Abstract

Effects of concentration (6~9%, db), heating temperature (80~95°C), cooking time (10~50min) and heating method (continuous and instantaneous) on the apparent viscosity of cowpea sediment dispersions at 60°C were investigated. The instantaneous heating resulted in higher apparent viscosity than continuous heating regardless concentrations and heating temperatures. The activation energy of the increase rate constant of the apparent viscosity was about 8kcal/mole. The apparent viscosity of the cowpea sediment dispersion heated to 95°C and held for 20min showed a linear relation with the 20min height at 92.5°C by viscoamylograph.

Key words : cowpea, apparent viscosity, amylograph

서 론

동부 앙금의 목 재조 적성에 대한 연구의 하나로 저자들은 동부 앙금의 호화성질¹⁾과 동부 앙금 호화액의 흐름 성질²⁾에 대하여 보고하였다. 동부 전분의 경우 흐름 성질은 전분 겔의 굳기와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있으나³⁾, 동부 앙금에 대하여는 보고가 없다.

전분 또는 앙금의 호화 성질의 측정에 흔히 아밀로 그래프가 이용되는데 이 장치는 시료의 연속 가열 중 일정한 전단속도(75rpm)에서의 점도 변화를 기록하며 호화점도는 시료를 일정한 온도(예로서 92.5°C)로 가열하고 일정시간(예로서 15분) 유지한 다음의 점도로 표시한다. 아밀로그래프 점도는 인위적인 단위로 표시하며 이론적인 점도와의 관계는 설정되어 있지 않다.

본 연구는 가열조건을 달리한 동부 앙금 호화액의 일정한 전단속도(75rpm)에서의 겔보기 점도를 측정하

고, 아밀로그래프의 호화점도와의 관계를 조사하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

재료

동부 앙금은 풀무원식품(주)에서 공급받았으며, 시료의 성질은 전보⁴⁾에서 보고하였다.

호화액의 제조

동부 앙금(6, 7, 8과 9%, 전량기준)은 연속가열법과 순간가열법으로 호화시켰다²⁾. 각 가열온도(80, 85, 90과 95°C)에 도달한 시료액을 10~50분간 유지시키면서 10분 간격으로 분석하였다.

겔보기점도의 측정

호화액의 75rpm에서의 회전우력은 회전점도계(비스코트론, 브라베펜더회사 제품)를 이용하여 측정장치(E17, 외부 실린더의 내반경 21.7mm, 내부 실린더의

[†]To whom all correspondence should be addressed

외반경 20.0mm)에 시료액 8ml를 넣고 60°C에서 측정하고, 겔보기 점도는 다음 식으로 구하였다⁹⁾.

$$\text{겔보기 점도} = \text{전단응력 (Pa)} / \text{전단속도 (s}^{-1}\text{)}$$

전단응력과 전단속도는 회전우력과 회전속도로 부터 구하였다²⁾. 겔보기 점도의 온도 의존성은 다음의 아레니우스 식으로 구하였다.

$$\ln k = (E_a/RT) + \ln A$$

여기에서 k는 온도 T(°K)에서의 겔보기 점도의 증가 속도상수 (Pa · s⁻¹ min⁻¹), R은 기체상수 (1.987 cal deg⁻¹ mole⁻¹), E_a는 활성화에너지 (cal/mole), A는 빈도 인자이다.

결과 및 고찰

동부 앙금 (6~9%)를 80~95°C에서 연속 가열 호화시키고 각 가열온도에서 10~20분간 유지시키면서 전단속도 75rpm에서의 겔보기 점도의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 6% 농도에서의 겔보기 점도는 가열 온도 80~90°C에서의 가열시간에 따라 직선적으로 증가하였으나, 가열 온도 95°C에서는 가열시간 30분 까지 증가하고 그 이후에는 감소하였다. 7% 농도에서 가열 온도 90°C의 경우 겔보기 점도는 가열시간 40분 까지 증가하고 그 이후 감소하였으며, 나머지 온도에서는 6%와 같은 경향을 보였다. 8% 농도에서는 가열 온도 80°C에서 가열시간의 증가에 따라 겔보기 점도가 직선적으로 증가하였으나 그 이상의 온도에서는 어느 시간에서 최고 값에 도달한 다음 감소하였다. 9% 농도의 경우 가열 온도 80°C와 85°C에서는 가열시간 30분에, 가열 온도 90°C와 95°C에서는 가열시간 20분에 겔보기 점도가 최고 값에 도달하였다.

일정한 가열 온도에서 겔보기 점도는 가열시간에 관계없이 농도가 증가할수록, 일정한 가열시간에서 겔보기 점도는 농도에 관계없이 가열 온도가 증가할수록 증가하였고, 농도가 증가할수록 90°C와 95°C에서의 겔보기 점도의 차이는 좁아졌다. 순간 가열 호화액도 Fig. 1과 같은 경향이 있었으며 겔보기 점도는 연속 가열 호화액 보다 높았다.

따라서 Fig. 1의 결과는 동부 앙금의 겔보기 점도가 농도, 가열 온도와 가열시간에 영향을 크게 받음을 가리킨다. 이러한 경향은 옥수수전분^{5,10)}과 밀전분⁷⁾에서도 보고되어 있다. Christianson과 Bagley⁹⁾는 회전점도계를 이용하여 옥수수전분의 농도 (5~26%), 온도 (65~80°C)

와 시간 (15~75분)에 따른 점도 변화에서 각 온도에서의 점도와 농도와와 관계는 η/CQ와 CQ와의 관계로 설명될 수 있다고 하였다. 여기에서 η는 점도, C는 농도, Q는 팽윤력이다. 전분의 가열 초기 단계에서의 점도 증가는 입자 밖으로 용출된 아밀로오스에 의하여, 최고 점도에 도달하는 시점에서 팽윤된 입자와 입자 밖의 물질 또는 점도에 영향을 주게 된다⁸⁾. 그러나 Christianson과 Bagley⁹⁾는 가열 온도 65~89°C의 범위에서 옥수수과 밀전분 모두 점도 증가가 입자 밖의 물질에 영향을 받지 않았으며 CQ는 분산액 중 전분의 부피 분율 (volume fraction)에 해당되므로 전분의 점도는 가열에 따른 전분의 부피 분율에 의해서만 좌우된다고 하였다.

Fig. 1의 직선의 기울기로부터 겔보기 점도의 증가 속도상수를 계산한 결과는 Table 1과 같다. 속도상수는 모든 농도에서 가열 온도의 증가에 따라 증가하였으며 일정한 가열 온도에서 농도가 증가함에 따라 증가하였다. 순간 가열 호화액은 연속 가열 호화액 보다 모든 농도와 가열 온도에서 높은 속도상수 값을 보였다. 연속 가열 호화액의 겔보기 점도의 증가 속도상수와 절대 온도의 역수와의 모든 농도에서 직선 관계를 보여 아레니우스식에 잘 적용되었다 (Fig. 2). 순간 가열 호화액도 같은 결과를 보였다. Fig. 2의 각 직선으로부터 구한 활성화 에너지 값은 가열 방법에 따라 차이를 보이지 않았으며, 6%와 7% 농도에서는 7500 cal/mole 정도,

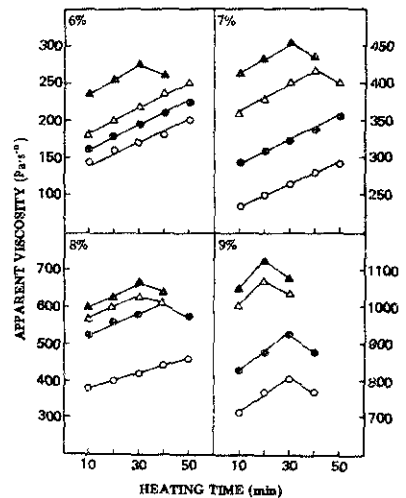


Fig. 1. Changes in apparent viscosity of cowpea sediment dispersions (6~9%) during heating at 80°C (○), 85°C (●), 90°C (△), 95°C (▲). Continuous heating, shear rate of 75rpm

8%와 9% 농도에서는 7900cal/mole 정도이었다 (Table 2). 따라서 겔보기 점도의 증가 속도는 8%와 9% 농도가 6%와 7% 농도에서 보다 가열온도의 변화에 크게 영향을 받음을 알 수 있다.

각 가열온도에서 농도에 따른 겔보기 점도의 증가 속도상수 값의 변화를 보면 Fig. 3과 같다. 가열온도에 관계없이 7.5% 농도를 중심으로 기울기가 다른 두 개의 직선을 보였다. 이러한 결과는 동부 양곡의 점도가 농도에 크게 의존하며 7.5% 이하에서 농도 증가에 따

Table 1. Apparent viscosity increase rate constants ($\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) of cowpea sediment dispersions

Concentration (%)	Heating temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Continuous heating	Instantaneous heating
6	80	1.28	1.29
	85	1.53	1.54
	90	1.71	1.72
	95	1.97	2.00
7	80	1.42	1.44
	85	1.58	1.61
	90	1.96	1.97
	95	2.18	2.22
8	80	2.10	2.19
	85	2.59	2.68
	90	2.95	3.10
	95	3.32	3.50
9	80	4.78	5.11
	85	5.15	5.95
	90	6.90	7.20
	95	7.58	7.91

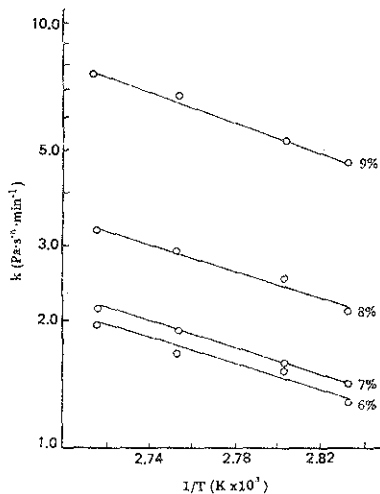


Fig. 2. Arrhenius plot of apparent viscosity increase rate constant of cowpea sediment dispersion at various concentrations.

Continuous heating

른 겔보기 점도의 증가 속도가 크지 않으나 7.5% 이상에서 농도 증가에 따라 크게 증가함을 가리킨다.

연속 가열호화액의 농도에 따른 가열시간 20분에서의 겔보기 점도의 대수값은 가열온도에 관계없이 모두 직선적인 관계를 보였다 (Fig. 4). 순간 가열호화액도 같은 경향을 보였다. Fig. 4의 결과는 농도에 따른 점조도 지수의 대수값과의 관계²⁾와 같은 경향이였다. Fig. 4의 직선적인 관계로부터 구한 회귀식은 Table 3과 같다. 기울기 값 즉 농도 증가에 따른 겔보기 점도의 대수값의 증가 속도는 가열온도가 높아질수록 증가하였다. 이러한 결과는 농도에 따른 점조도 지수의 대수값의 증가 속도가 가열온도에 영향을 받지 않은 것³⁾과는 다른 결과이었다. 가열 방법에 따른 기울기 값을 보면 순간 가열호화액이 연속 가열호화액 보다 모든 가열온도에서 약간 높은 값을 보였으나 그 차이는 미미하였다 (Table 3). 이것은 농도에 따른 점조도 지수값의 변화²⁾에서와 같은 경향이였다.

Table 2. Activation energies of apparent viscosity increase rate constants of cowpea sediment dispersions

Concentration (%)	Activation energy (cal/mole)	
	Continuous heating	Instantaneous heating
6	7460	7490
7	7430	7480
8	7890	7970
9	7930	7890

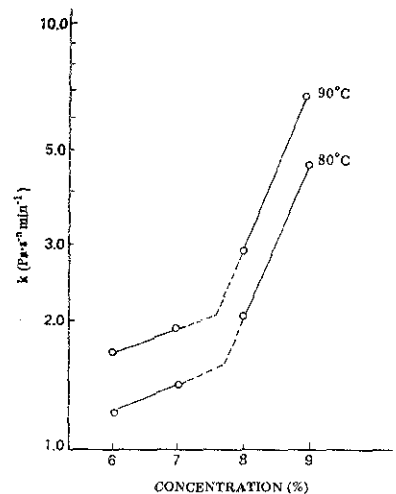


Fig. 3. Dependence of apparent viscosity increase rate constants on concentration of cowpea sediment dispersion at heating temperature of 80°C and 90°C.

Continuous heating

연속 가열호화액 보다 가열온도에 따른 가열시간 20분에서의 겔보기 점도의 대수값의 변화를 보면 Fig. 5와 같다. 6%와 7% 농도에서는 가열온도의 증가에 따라 겔보기 점도의 대수값은 직선적으로 증가하였으나, 8%와 9% 농도의 경우 가열온도 80~90°C에서 직선적으로 증가하고 90°C 이상에서 증가 속도가 감소하였다. 이것은 앞에서 설명한 것과 같이 8%와 9% 농도에서 가열시간 20분 후의 겔보기 점도값은 90°C와 95°C에서 큰 차이를 보이지 않기 때문이다 (Fig. 1).

Fig. 5의 직선적인 관계로부터 회귀식을 구한 결과는 Table 4와 같다. 기울기 값은 농도가 증가함에 따라 커졌으며 순간 가열호화액이 연속 가열호화액 보다 높은 값을 보였다.

동부 양금을 연속 가열하여 85, 90와 95°C에 도달시키고 이 온도에서 20분간 유지한 후의 겔보기 점도 (Fig.

1)와 전보¹⁾에서 보고한 아밀로그래프의 92.5°C에서 20분 후의 점도와의 관계를 보면 Fig. 6과 같다. 가열온도가 높아질수록 아밀로그래프의 호화점도와 겔보기 점도는 작아졌다. 가열온도에 관계없이 아밀로그래프의 호화점도는 겔보기 점도가 커질수록 커졌으나 그 정도는 가열온도가 낮을수록 현저하였다. 일정한 겔보기 점도에서는 가열온도가 낮을수록 아밀로그래프의 호화점도가 컸으며, 일정한 호화점도에서는 가열온도가 낮을수록 겔보기 점도가 커졌다. 가열온도가 90°C에서는 농도 6~7%에서 겔보기 점도와 호화점도는 직선적인 관계를 보였으나 가열온도 95°C에서는 농도 7%를 전후하여 겔보기 점도와 호화점도는 기울기가 다른 두 개의 직선관계를 보였다. 따라서 Fig. 6의 결과는 아밀로그래프의 92.5°C에서 20분 후의 점도는 95°C에서 20분 후의 겔보기 점도와 가장 잘 부합함을 가리킨다.

Table 3. Linear regression equations for concentration against log apparent viscosity of cowpea sediment dispersions

Heating temperature (°C)	Continuous heating	Instantaneous heating
80	$Y=0.2159X+0.8885$	$Y=0.2226X+0.9015$
85	$Y=0.2240X+0.9230$	$Y=0.2275X+0.9365$
90	$Y=0.2331X+0.9290$	$Y=0.2364X+0.9200$
95	$Y=0.2336X+0.9565$	$Y=0.2366X+0.9565$

Correlation coefficients were greater than 0.997 in all cases

Table 4. Linear regression equations for heating temperature against log apparent viscosity of cowpea sediment dispersions

Concentration (%)	Continuous heating	Instantaneous heating
6	$Y=0.0091X+1.4790$	$Y=0.0104X+1.3055$
7	$Y=0.0163X+1.0840$	$Y=0.0168X+1.0838$
8	$Y=0.0168X+1.2757$	$Y=0.0172X+1.2827$
9	$Y=0.0170X+1.6530$	$Y=0.0174X+1.7727$

Correlation coefficients were greater than 0.992 in all cases.

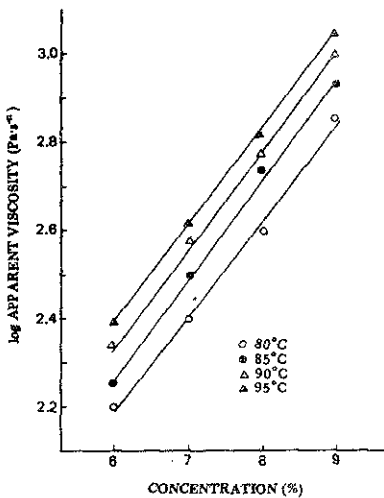


Fig. 4. Effects of concentrations of cowpea sediment dispersion on log apparent viscosity at various heating temperatures. Continuous heating with heating time of 20min at each temperature

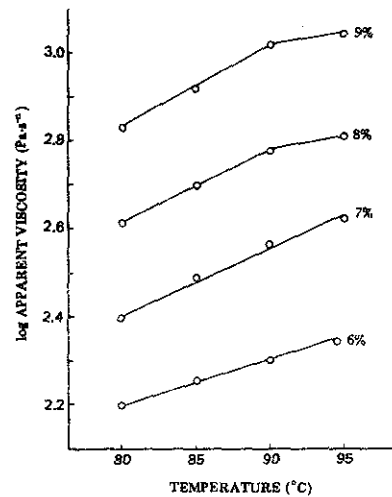


Fig. 5. Effects of heating temperatures on log apparent viscosity of cowpea sediment dispersions. Continuous heating with heating time of 20min at each temperature

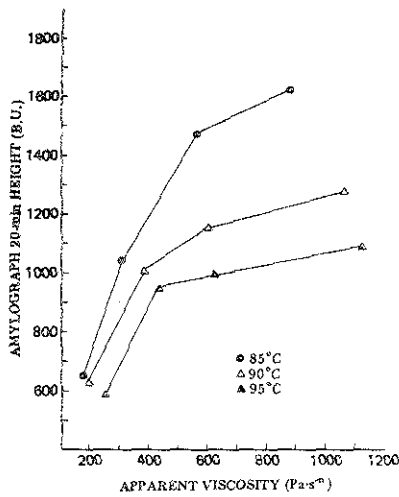


Fig. 6. Relationship between 20min height and apparent viscosity of cowpea sediment dispersions at various heating temperatures.

요 약

동부 앙금의 농도(6~9%), 가열온도(80~95°C), 가열시간(10~50분)과 가열방법(연속과 순간 가열)에 따른 겔보기 점도의 변화를 분석하였다. 겔보기 점도는 농도와 가열 시간에 관계없이 순간 가열호화액이 컸으며, 겔보기 점도의 증가속도 상수의 활성화 에너지 값은 가열방법에 관계없이 농도 6~7%에서는 약 7500cal/mole,

농도 8~9%에서는 7900cal/mole 이었다. 겔보기 점도의 증가속도는 농도 7.5% 이상에서 크게 빨라졌다. 가열온도 95°C에서 20분 후의 겔보기 점도는 아밀로그래프의 92.5°C에서 20분 후의 점도와 직선적인 관계를 보였다.

문 헌

1. 이애량, 김성곤 : 동부앙금의 호화성질. 한국영양식량학회지, 22, 40(1993)
2. 이애량, 김성곤, 이신영 : 동부앙금호화액의 흐름성질. 한국영양식량학회지, 22, 181(1993)
3. 손경희, 윤계순 : 동부와 녹두 전분 gel 및 paste의 rheological properties. 대한가정학회지, 26, 93(1988)
4. 권순해, 김명희, 김성곤 : 녹두전분의 리올로지 성질. 한국식품과학회지, 22, 38(1990)
5. 김주봉, 이신영, 김성곤 : 옥수수 전분의 호화액의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, 24, 54(1992)
6. Christianson, D. D. and Bagley, E. B. : Apparent viscosities of dispersions of swollen cornstarch granules. Cereal Chem., 60, 116(1983)
7. Bagley, E. B. and Christianson, D. D. : Swelling capacity of starch and its relationship to suspension viscosity-effect of cooking time, temperature and concentration. J. Texture Studies, 13, 115(1982)
8. Miller, B. S., Derby, R. I. and Trimbo, H. B. : A pictorial explanation for the increase in viscosity of a heated wheat starch-water suspension. Cereal Chem., 50, 271(1973)

(1994년 5월 19일 접수)