

취전분 현탁액의 리올로지적 성질

김 관·윤한교*·김성곤**·이신영***

전남대학교 식품가공학과 · *충남대학교 식품가공학과
단국대학교 식품영양학과 · *강원대학교 발효공학과

Rheological Properties of Arrowroot Starch Suspension

. Kwan Kim, Han-Kyo Yoon*, Sung-Kon Kim** and Shin-Young Lee***

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju

**Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon*

***Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul*

****Department of Fermentation Technology, Kwangweon National University, Chooncheon*

Abstract

The rheological properties of arrowroot starch suspension (2-6%) were investigated with a tube viscometer. The starch suspensions of less than 4% showed a dilatant behavior with no yield stress at the temperature range of 30-65°C. However, the starch suspension of 6% concentration showed a pseudoplastic behavior at 65°C. The consistency index was exponentially increased with the increase of the starch concentration. The activation energy of flow of the starch suspensions was 0.370-0.399 kcal/mole at 30°-60°C and 28-60 kcal/mole at 65°C.

서 론

취 (*Pueraria hirsuta* Matsum) 전분의 성질을 이해하기 위한 연구의 일환으로서 저자들은 취 전분의 이화학적 성질⁽¹⁾, 수분-열 처리에 따른 물리화학적 성질⁽²⁾ 및 열호화 특성⁽³⁾에 대하여 보고한 바 있다.

본 연구에서는 모세관 점도계를 사용하여 취 전분 현탁액의 호화과정중 전분의 농도 및 가열온도가 호화에 미치는 영향을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

취 전분은 전보⁽⁴⁾에서와 같은 시료를 사용하였으며, 조단백질 0.72%, 회분 0.11% 및 조지방 0.11%이었다.

전분현탁액의 리올로지 측정

시료액의 리올로지 측정은 이 들⁽⁵⁾의 장치를 다소 개량하여 자체 제작한 모세관 점도계(안지름 0.0658cm, 길이 25.0cm)를 사용하여 행하였다. 여러 농도(2.4 및 6%)의 전분 현탁액을 시료 용기에 넣고 교반하면서 30°~65°C로 열평형시킨 다음 진공펌프를 사용하여 시료 용기 사이의 압력차가 6~35cm Hg가 되도록 조절하고

시료의 일정량을 유동시키는 데 요하는 시간을 측정하였다.

리올로지 특성값의 계산

시료 전분액의 리올로지 특성값은 전단속도의 함수로 나타낸 다음의 Herschel-Bulkley 식⁽⁶⁾으로부터 구하였다.

$$\dot{\gamma} = (1/b)^{1/s} (\tau - \tau_y)^{1/s}$$

여기에서 $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(sec⁻¹), b는 점조도지수(dyne · sec^s/cm²), τ 는 전단응력(dyne/cm²), τ_y 는 항복응력(dyne/cm²)이며 s는 유동거동지수(-)이다.

리올로지 특성값(b, s 및 τ_y)은 비선형최소자승법을 이용한 컴퓨터 프로그램⁽⁶⁾을 이용하여 IBM 컴퓨터로 산출하였다.

결과 및 고찰

전분현탁액의 유동거동

취 전분 현탁액의 유동거동을 규명하기 위하여 농도 2.4 및 6%의 현탁액에 대하여 벽면에서의 전단응력 τ_w 에 따른 체적유량 Q의 관계를 30°~65°C에서 측정된 결과는 그림 1~3과 같다. τ_w 와 Q의 관계는 전분농도 또는 측정온도에 관계없이 비직선적인 관계 즉, 비뉴턴유체의 거동을 나타내었다.

그림 1~3의 자료로부터 비선형최소자승법을 이용하

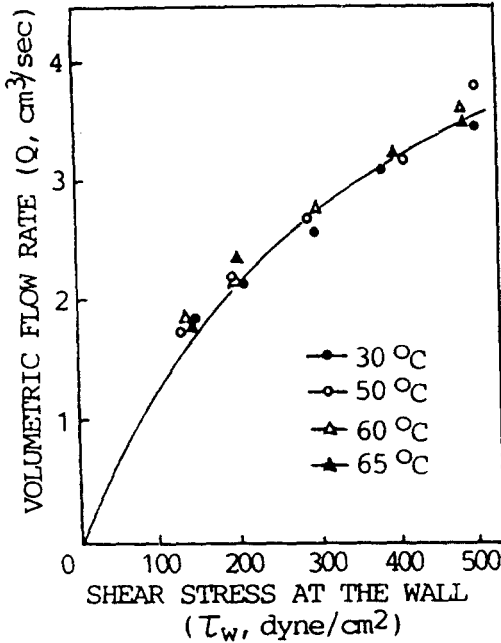


Fig. 1. Volumetric flow rate vs. shear stress at the wall of 2% arrowroot starch suspension at various temperatures

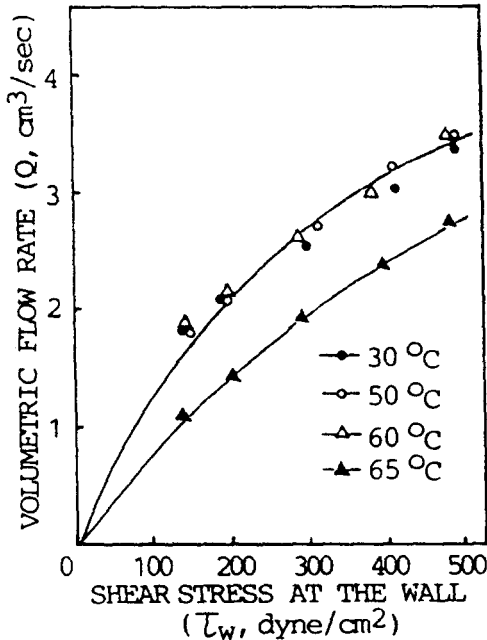


Fig. 2. Volumetric flow rate vs. shear stress at the wall of 4% arrowroot starch suspension at various temperatures

여 리올로지 특성값을 구한 결과는 표 1 과 같다. 유동거동지수 s 값은 전분농도 6%의 65°C 를 제외하고는 모두 1보다 컸으며 평균 약 1.19로서 전분농도 및 측정온도

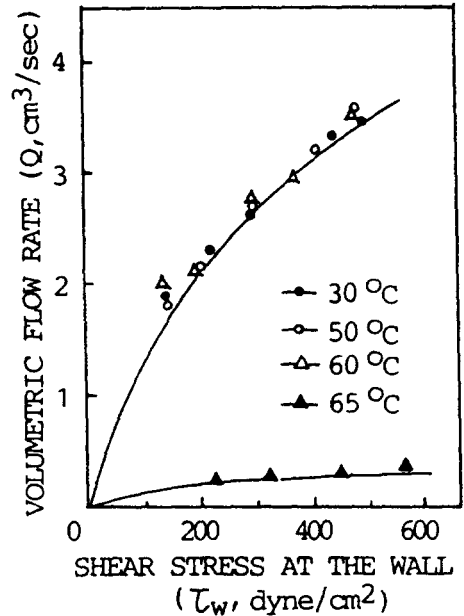


Fig. 3. Volumetric flow rate vs. shear stress at the wall of 6% arrowroot starch suspension at various temperatures

에 관계없이 일정한 값을 보였다. 한편 항복응력 τ_y 값은 표에 나타내지는 않았으나 모두 0에 가까운 값을 보였다. 따라서 침전분현탁액은 항복응력이 없는 팽창유체(dilatant fluid)로 거동하였다. 전분농도 6%인 경우 65°C 에서 s 값은 0.90으로서 의가소성 유체의 거동을 보였다.

침전분은 60°C 이상에서 호화가 급격히 일어나는 것으로 보고되어 있다.^(1,3) 따라서 전분농도 6%, 65°C 에서 s 값의 변화는 전분의 호화 현상과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 이러한 경향은 쌀전분의 경우에도 알려져 있다.⁽⁴⁾ 점조도지수 b 값도 대체로 s 값의 변화와 비슷한 경향을 보였다(표 1). 앞에서 설명한 바와 같이 s 값은 대체로 일정한 값을 보였으므로 $s=1.19$, $\tau_y=0$ 으로 하고 b 값을 계산한 결과를 보면 b 값은 s 값보다 온도 변화에 따라 더욱 민감한 변화를 보였다(표 1). 이러한 결과는 온도 변화에 따른 침전분현탁액의 리올로지 특성은 s 값보다는 b 값에 의하여 잘 설명될 수 있음을 가르키는 것으로서, 다른 식품^(8,9)에서도 비슷한 경향을 보인다.

점조도지수의 농도의존성

점조도지수 값의 농도의존성을 보면 그림 4와 같다. 점조도지수 값과 농도와의 관계는 직선을 보여 농도의 증가에 따라 b 값은 지수함수적으로 증가하였다.

그러나 30~60°C 의 온도 범위에서는 농도 증가에 따

Table 1. Viscometric constants of arrowroot starch

Concentration (%)	Temperature (°C)	Flow behavior index <i>s</i> (-)	Consistency index* <i>b</i> (dyne·sec/cm ²)
2	30	1.19	0.0277 (0.0166)*
	50	1.20	0.0272 (0.0171)
	60	1.18	0.0261 (0.0173)
	65	1.26	0.0263 (0.0175)
4	30	1.19	0.0277 (0.0177)
	50	1.19	0.0277 (0.0184)
	60	1.19	0.0277 (0.0186)
	65	1.12	0.0388 (0.0352)
6	30	1.22	0.0272 (0.0177)
	50	1.16	0.0270 (0.0186)
	60	1.19	0.0293 (0.0188)
	65	0.90	0.0145 (0.0717)

*The values of parentheses are consistency index which was calculated assuming yield stress being zero.

큰 *b* 값의 변화는 미미하였으나, 65°C 에서는 급격한 증가현상을 보였다.

점조도지수의 온도의존성

점조도지수 값의 온도의존성을 조사한 결과는 그림 5

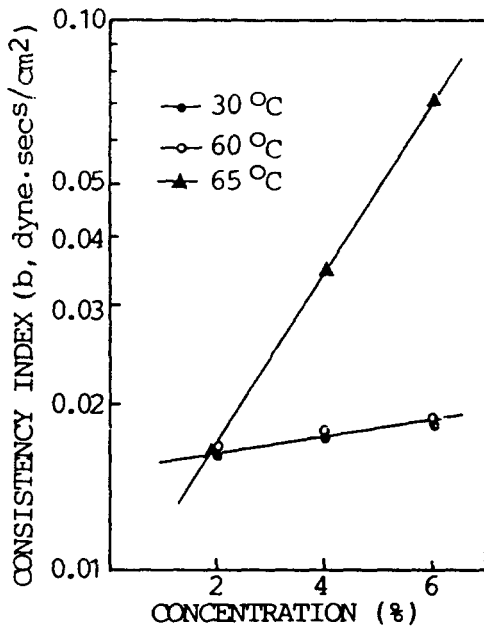


Fig. 4. Dependence of consistency index on concentration of arrowroot starch suspension at various temperatures

와 같으며 직선의 기울기로 부터 구한 활성화 에너지는 표 2 와 같다. 온도 범위 30~60°C 에서의 활성화 에너지 값은 0.307~0.399kcal/mole의 낮은 값을 보인 반면 60~65°C 에서는 28~60kcal/mole로 현저한 활성화 에너지의 증가를 보였다.

Christianson 과 Bagley⁽¹¹⁾는 옥수수 전분의 가열에 따른 겔보기 점도의 증가는 팽윤된 전분입자의 용적율 (volume fraction)과 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 또한 Kawabata 들⁽¹²⁾에 의하면 어느 온도에서의 활성화 에너지의 변화는 전분 입자 내부의 결합상태의 변화를 의미한다. 따라서 온도 65°C 에서 취전분 현탁액의 *s* 값이 감소되며 (표 1), *b* 값이 급격히 증가되며 (그림 4), 활성화 에너지 값이 크게 증가되는 현상 (표 2)은 전분의 초기 호화과정 즉, 전분의 팽윤에 의한 것으로 생각

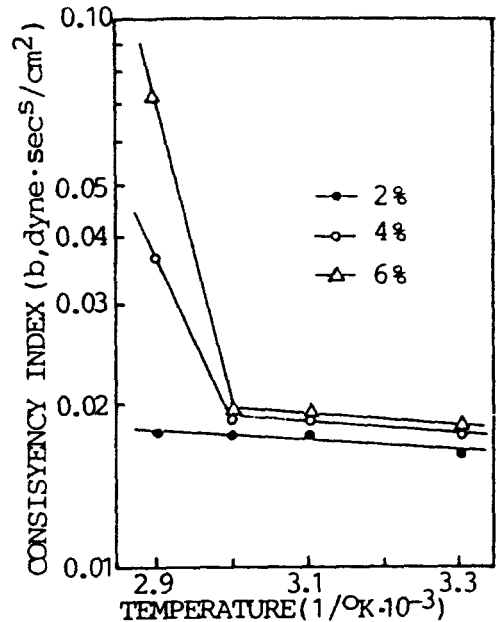


Fig. 5. Effect of temperature on consistency index of arrowroot starch suspensions

Table 2. Flow activation energy of arrowroot starch suspensions

Concentration (%)	Temperature (°C)	Activation energy (Kcal/mole)
2	30~65	0.307
4	30~60	0.329
	60~65	28.540
6	30~60	0.399
	60~65	59.890

된다.

이상의 결과를 요약하면 취진분 현탁액의 유동거동은 2~4% 농도에서는 팽창유체, 6% 농도에서는 외가소성 유체로서 거동하였으며 가열에 따른 리올로지 특성값의 변화는 전분의 초기 호화과정에서 입자 내부의 구조적 변화에 기인함을 나타내었다.

요 약

취진분현탁액(2~6%)의 리올로지 특성을 30~65°C의 온도 범위에서 모세관 점도계를 이용하여 조사하였다. 4% 농도의 경우 65°C에서 외가소성 유체의 거동을 보였다. 점조도지수 값은 전분 농도의 증가에 따라 지수 함수적으로 증가하였다. 온도 30~60°C의 경우 취진분현탁액의 유동의 활성화에너지는 0.307~0.399 kcal/mole이었으나, 60~65°C의 경우에는 약 28~60 kcal/mole이었다.

문 헌

1. 김관, 윤한교, 김성곤 : 한국농화학회지, 27, 245 (1984)
2. 차환수, 김관, 김성곤 : 한국농화학회지, 27, 252 (1984)
3. 김관, 윤한교, 김성곤 : 한국농화학회지, 28, 48 (1985)
4. 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규 : 한국식품과학회지, 16, 29 (1984)
5. Sherman, P. : *Industrial Rheology*, Academic Press, New York, N.Y. (1970)
6. 이신영 : 연세대학교 박사학위 논문 (1982)
7. 김일환 : 단국대학교 박사학위 논문 (1984)
8. Pitsilis, J.G., Brooker, D.B., Walton, H.V. and Cottevell, O.J. : *Transactions of the ASAE*, 27 (FE), 300 (1984)
9. Vitali, A.A. and Rao, M.A. : *J. Food Sci.*, 49, 876 (1984)
10. Vitali, A.A. and Rao, M.A. : *J. Food Sci.*, 49, 882 (1984)
11. Christianson, D.D. and Bagley, E.B. : *Cereal Chem.*, 60, 116 (1983)
12. Kawabata, A., Sawayama, S. and Nogoya, T. : *Nutr. & Food (Japan)*, 30, 149 (1977)

(1985년 1월 6일 접수)