

## 쌀 전분의 현탁액과 호화액의 유동 거동

이신영 · 변유량<sup>1</sup> · 조형용<sup>1</sup> · 유주현<sup>1</sup> · 이상규<sup>2</sup>

강원대학교 발효공학과

## Flow Behaviors of Native and Gelatinized Rice Starch Solutions

Shin-Young Lee, Yu-Ryang Pyun, Hyung-Yong Cho, Ju-Hyun Yu and Sang-Kyu Lee

Department of Fermentation Engineering, Kangwon National University

### Abstract

Flow behaviors of rice starch-water systems containing 3-9% (w/v) of native and gelatinized starch solutions were studied with the capillary tube rheometer in the temperature range of 30-80°C. Flow behaviors of rice starch-water systems showed non-Newtonian behavior which could be expressed as  $\gamma = \psi(\tau_y - \tau_y \dot{\gamma})^N$ . Flow parameters  $\psi$ ,  $N$  and  $\tau_y$  were determined for native and gelatinized solutions. These parameters indicated that native rice starch solution shows a dilatancy and the gelatinized solution ranges from pseudoplastic to mixed type flow behavior with increasing concentrations. The value of flow behavior index for gelatinized solutions was about 1.2 in all samples but for native solutions, the values were 0.87-0.90. The values of yield stress, which were negligible below 5%, were increased with the increase in concentration from 5 to 9%. The value of consistency index was exponentially dependent on concentration and temperature. The values of activation energy for native and gelatinized solutions were 0.13-2.71 and 5.39-9.57 kcal/g mole, respectively.

### 서 론

쌀을 포함한 각종 전분이 식품중에서 갖는 주요용도는 식품의 body를 형성하는 능력이나 점증제로서의 작용을 이용하는 것이며, 이와같은 경우, 전분수용액계의 리올로지적 성질은 조리과학적 입장에서의 실용특성의 평가수단이나 각종 공학설계자료의 기초가 된다.<sup>(1,2)</sup>

지금까지 전분과 관련한 연구는 성분 가공면에서는 다양하게 이루어져 왔으나<sup>(3)</sup> 리올로지적 연구는 전분구조의 복잡성과 불균일성으로 식품의 물성에 관한 이론의 적용 및 취급이 어려워 비교적 연구된 바가 적다.

특히, 쌀전분에 관한 그동안의 리올로지적 연구는 대부분 amylography와 같은 applied viscometry에 의하여 행하여 졌으므로<sup>(4-9)</sup> 전분리올로지적 성질의 이론적 취

급이 가능한 rational viscometry에 의한 연구는<sup>(10-14)</sup> 거의 취급되어 있지않다. 그러므로 쌀전분의 리올로지적 연구는 다른 곡류 및 괴경류 전분에 비하여 이론적 취급이 거의 없이 경험적으로만 해석하여온 실정이어서 아직 리올로지적 거동을 수량화할 수 있는 리올로지의 상태방정식조차 확립되어 있지못한 실정이다.

쌀전분에 관한 리올로지의 이론적 취급은 Schutz 와 Nedonchelle의<sup>(15)</sup> 쌀을 포함한 고농도 탄수화물 수용액계의 리올로지 특성화연구 및 알카리 첨가에 따른 쌀전분 호화액의 리올로지특성을 지수법칙을 적용하여 해석한 Lancaster등<sup>(16)</sup>의 연구가 있을 뿐이다.

본 연구에서는 전분리올로지에 관한 이론적 해석연구의 일환으로 쌀전분 수용액계의 리올로지적 성질을 rational viscometry에 의하여 정량적으로 규명하고자 하였으며 쌀전분의 현탁액과 호화액의 유동거동을 여러 온도 및 농도를 변수로하여 조사하고 리올로지 상태방정식을 설정한 다음 이로부터 쌀전분 수용액계에 대한 물

<sup>1</sup> 연세대학교 식품공학과

<sup>2</sup> 흥능기계공업회사

성론적 해석을 행하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

본 연구에 사용한 재료는 경기도 용진군 용유면에서 1980년도에 수확하여 1981년 4월에 도정한 japonica계 통의 아가바레 쌀로서 60mesh로 분쇄하여 4℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 전분의 제조

쌀의 전분은 알칼리 침지법<sup>(9,11)</sup>으로 다음과 같이 조제하였다. 정백미를 분쇄한 쌀가루에 3배량의 증류수를 가하고 Waring Blendor로 5분간 혼합 후 100mesh 체로 걸러 잔사를 제거한 다음 4℃의 저온실에서 하룻밤 방치한다. 침 전물에 5배량의 0.2% NaOH 용액을 넣고 잘 흔들어 하룻밤 방치한 후 상등액을 버렸으며 이와같은 조작을 매일 1회씩 되풀이하여 상등액이 Biuret반응을 나타내지 않을 때까지 계속한 다음 phenolphthalein에 대하여 알칼리성 반응이 없어질 때까지 세척하였다. 정제된 전분은 2일간 풍건 후 100mesh체로 쳐서 전분시료로 하였다.

이와같이 조제한 전분은 0.5% congo red 용액에 의한 염색법<sup>(11)</sup>으로 측정된 손상전분량이 전체 전분량의 5%이내 이었으며 일반성분은 수분 11.4%, 회분 0.08%, 조지방 0.29%, 단백질 0.35%이었다.

### 전분호화액과 현탁액의 조제

전분호화액은 다음과같이 조제하였다. 즉 쌀전분에 증류수를 가하여 3~9%농도의 현탁액을 만들고 이를 끓는물 증탕에서 교반하면서 95℃에 달한때부터 30분간 가열한 후 얻어진 호화액을 얼음을 넣은 수조에서 교반하면서 5분 이내에 30℃까지 냉각하였다. 냉각된 호화액을 감압오븐에 넣고 30℃, 30mmHg의 조건에서 30분간 탈기하여 기포를 제거한 다음 탈기된 호화액에 증류수를 가하여 초기부피로 깨 조정한 후 전분호화액시료로 하였다. 한편 생전분 현탁액의 경우에는 쌀전분에 열평형시키고자하는 온도에 근사한 가열 증류수를 가하여 현탁액을 만들고 교반하면서 30~80℃ 범위에서 소정의 온도를 순간적으로 열평형시킨 다음 전분현탁액 시료로 하였다.

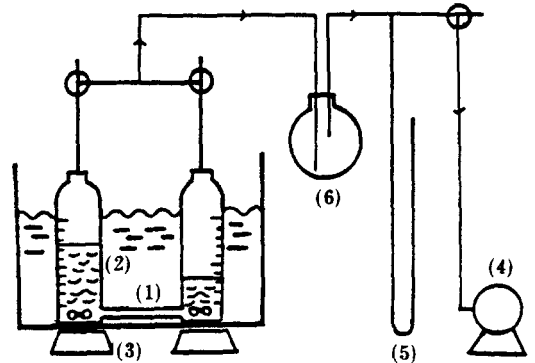
### 호화양상의 측정

쌀전분의 호화양상은 Brabender Visco-Amylograph를 사용하여 다음과같이 조사하였다. 쌀전분 50g에 물

350ml를 가하여 혼합하고 다시 150ml를 추가하여 amylograph 용기에 넣은 다음 25℃로부터 92.5℃까지 1.5℃/min의 속도로 가열하고 92.5℃를 30분간 유지시킨 후 가열할 때와 같은 속도로 50℃까지 냉각하였다. 이와같이하여 얻어진 amylogram으로부터 호화온도, 최고 점도 $\eta_{max}$ , 92.5℃를 30분간 유지시킨 후의 점도변화  $\Delta\eta_{92.5}$ , set back  $\Delta\eta_{50}$ , Break Down 및 최고점도 온도등의 특성값을 구하였다.

### 리올로지 특성의 측정

쌀전분의 현탁액 및 호화액의 리올로지특성 측정은 Kubota등이<sup>(12)</sup> 사용한 관형리오메타를 개량하고 자체 제작한 장치를 이용하여 행하였으며 그 개략도는 Fig.1과 같다.



(1) CAPILLARY TUBE (2) CALINDRICAL CHAMBER  
(3) MAGNETIC MIXER (4) VACUUM PUMP  
(5) MERCURY MANOMETER  
(6) BUFFER CONTAINER

Fig. 1. Experimental apparatus for the measurement of the rheological parameters of rice starch

이는 눈금이 그어져있는 2개의 시료 용기를 모세관으로 연결하여 항온수조에 넣은 것으로 시료용기 사이의 압력차를 여러가지로 변화시키면서 모세관내를 통과하는 시료액의 체적유량을 반복측정하는 것이 가능하며 용기중의 시료를 magnetic stirrer로 교반할수 있기 때문에 현탁액에도 사용할 수 있다. 시료용기는 각각 250 ml들이 원통형 유리용기이며 모세관의 사용재질은 stainless steel로 안지름 0.288cm, 길이 26.38cm이다.

측정은 일정량의 현탁액 또는 호화액 시료를 리오메타의 시료용기에 담고 항온조를 사용하여 온도범위 30~80℃에서 일정온도를 유지하면서 6~35cmHg의 압력차가 생기도록 compressor로 용기내의 압력을 변화시키고 시료의 일정량을 유동시키는데 요하는 시간을 측정하였다.

**리올로지 특성값의 산출**

리올로지의 상태방정식으로서 비뉴우튼유체에 대해서 간단하게 잘 이용되며, 유동거동지수 및 항복응력을 고려한 Herschel-Bulkley 모형식<sup>(19)</sup>을 전단속도  $\dot{\gamma}$ 의 중속 변수로 표시한 다음의 경험식을 적용하였다.

$$\dot{\gamma} = \phi (\tau_w - \tau_y) \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $\phi$ 는 유체의 점조도지수, N은 유동거동지수이며  $\tau_y$ 는 항복응력이다.

비뉴우튼 유체가 원통관내를 흐르는 경우에는 식 (1)은 다음과같이 표현된다.<sup>(21)</sup>

$$Q = \{2\pi g_c^N \cdot \gamma_w^2 (\tau_w - \tau_y)^{N+1} / \phi \tau_w^2\} \{(\tau_w - \tau_y)^2 / 2(N+3) + \tau_y (\tau_w - \tau_y) / (N+2) + \tau_y^2 / 2(N+1)\} \dots\dots\dots (2)$$

한편 뉴우튼 유체인 경우에는 다음의 식 (3)으로 주어진다.

$$Q = \pi g_c \cdot \gamma_w^2 \cdot \tau_w / 4 \phi \dots\dots\dots (3)$$

여기서 Q는 체적유량,  $\gamma_w$ 는 원관의 반경,  $\tau_w$ 는 관벽에서의 전단응력,  $\Delta p$ 는 압력차이며  $\tau_w$ 와  $\Delta p$ 사이에는 원관의 길이를 L이라고 할 때 다음의 관계가 성립된다.

$$\tau_w = \gamma_w \cdot \Delta p / 2L \dots\dots\dots (4)$$

식 (1)에서  $N = 1$ ,  $\tau_y = 0$  이면 전단응력과 전단속도는 직선관계가 성립하여 유체는 뉴우튼유체의 거동을 나타내고  $N > 1$ ,  $\tau_y = 0$  이면 의가소성유체,  $0 < N < 1$ ,  $\tau_y = 0$  이면 덜라탄트유체  $N = 1$ ,  $\tau_y > 0$  이면 빙행유체  $N > 1$ ,  $\tau_y > 0$  이면 빙행의가소성유체의 거동을 나타내게 된다. 만약 실험자료로부터 리올로지특성값인  $\phi, N, \tau_y$ 를 구하면 그 유체의 유체변형성을 정량적 수치로 규명하는 것이 가능하다. 관형 리오메타에서는 압력차를 변화시켜서 체적유량을 측정하면 이들 자료로부터 근사적방법<sup>(22)</sup> 또는 비선형최소자승법<sup>(19, 23)</sup>으로 식 (2)로부

터 리올로지특성값인  $\phi, N, \tau_y$ 값을 산출할수 있다.

본 연구에서는 비선형최소자승법에 대한 Kubota등<sup>(19)</sup>의 컴퓨터 프로그램을 응용하고 ECLIPSE C330 (일본 미니 컴퓨터 사제)로 산출하였다. 이때 입력자료인 실측의 압력차  $\Delta p$ 는 모세관내의 압력강하 이외에도 모세관 양단의 유로축소나 확대등에 의한 압력강하의 영향도 포함되므로 이미 점도를 알고있는 글리세린의 수용액을 사용하고 Hagenbach 방법<sup>(24, 25)</sup>으로 압력차를 보정하였다.

**결과 및 고찰**

**호화양상**

쌀전분의 호화양상을 amylograph로 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 쌀전분의 호화개시온도는 61°C 이고 이후 점도는 급격히 증가하여 79°C에서  $\eta_{max} = 440$  B. U. 에 도달하였다. Break Down은 180 B. U.,  $\eta_{92.5}$ 는 260 B. U.,  $\Delta \eta_{92.5}$ 는 20 B. U.,  $\eta_{50}$ 은 440 B. U., 그리고  $\Delta \eta_{50}$ 은 210 B. U. 이었다. 이들값은 이제까지 보고된 쌀전분의 호화 및 pasting 특성값과 잘 일치하였다.<sup>(4-9)</sup>

통상 amylograph는 sensor가 pin또는 paddle형의 복잡한 구조로되어있고 단일회전속도에서만 작동되므로 리올로지거동의 수량화없이 거의 경험적으로만 해석하나 전분의 amylograph 특성값은 열과 전단에 대한 저항성의 정도를 반영한다.<sup>(26)</sup> 이에 의하면 쌀전분립은 기계적인 충격 즉, 전단에 대하여 불안정할 뿐만 아니라 가열 및 냉각에 대해서도 불안정한 점성특성을 갖고있음을 알 수 있다. 일반적으로 amylograph로 측정된 점도는 전분의 품종별차이, 아밀로즈 함량 및 다른 실험방법에 의한 물성값과 상관관계를 갖는 것으로 알려져있다.<sup>(9)</sup>

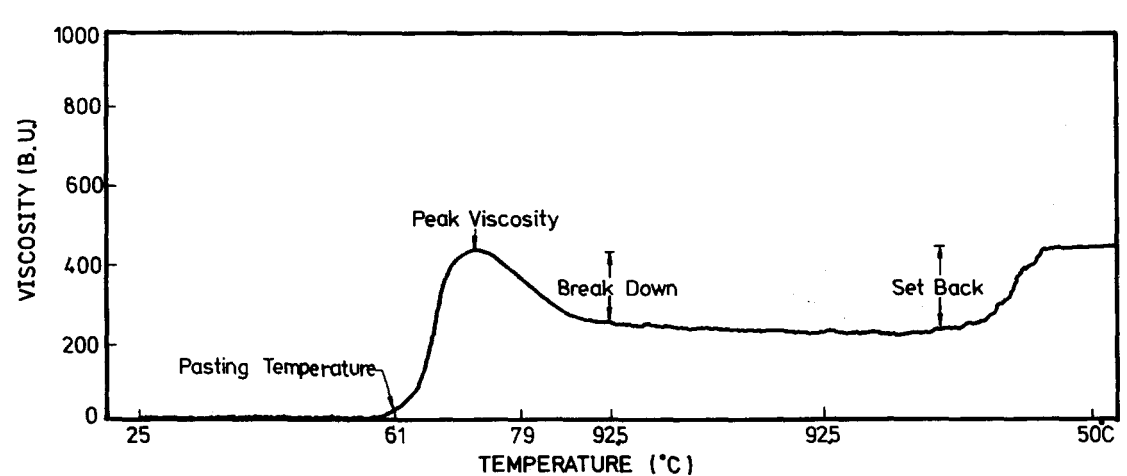


Fig. 2. An amylogram of rice starch

**유동거동**

전분호화액의 유동거동: 호화전분은 측정온도 및 농도에 따라 시간의존성 비뉴턴유동 및 점탄성거동에 이르는 복잡한 리올로지 특성을 나타낸다.<sup>(27)</sup>

젤을 형성하지 않는 비교적 저농도범위의 호화액의 리올로지특성을 측정하기 위하여 3~9%의 전분호화액을 조제하고 50~80°C 범위의 일정온도에서 리오메타로 유동거동을 측정하였다. 대표적인 예로써 5% 전분호화액의 체적유량 Q와 전단응력  $\tau_w$ 를 도시하면 Fig. 3과 같다.

Fig. 3을 살펴보면 측정온도에 관계없이 Q와  $\tau_w$ 의 관계는 비직선적이므로 비뉴턴 유체의 거동을 나타낼 수 있다. 다른 농도의 호화전분에 대해서도 이와 유사한 그림을 얻었다. 실험자료로부터 리올로지특성값을 산출하였으며 그 결과를 정리하여 Table 1에 나타내었다.

N값은 호화전분의 농도 및 온도에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었으며 그 평균값은 약 1.2이었다. Kubota등<sup>(18)</sup>은 밀, 옥수수, 감자 및 고구마전분의 3~5% 호화용액의 경우, 전분의 종류에 거의 영향을 받지 않고  $N=1.2\sim 1.4$ 인 것으로 보고하였다. 한편  $\tau_y$ 값을 살펴보면 농도 5%이하인 경우에는  $\tau_w=0.2336\sim 1.3345$  g/cm<sup>2</sup>인것을 고려할 때  $\tau_y$ 값은 거의 무시할 수 있는 값 범위로  $\tau_y=0$ 으로 볼 수 있다. 따라서 농도 5%이하의 호화액은 온도에 관계없이  $N>1$ ,  $\tau_y=0$  이므로 항복응력이 없는 의가소성 유체의 거동을 나타내는 것으로 볼 수 있다. 그러나 5%이상에서는  $\tau_y$ 값은 무시

할 수 없는 정도이며 농도가 증가함에 따라 증가하였다.

생전분현탁액의 유동거동: 호화되지않은 쌀전분의 유동거동을 규명하기 위하여 5% 생전분현탁액을 사용하고 호화전분과 동일한 방법으로 Q와  $\tau_w$ 의 관계를 조사

**Table 1. Rheological parameters of gelatinized rice starch**

Starch concn. (%)	Measuring temperature (°C)	Viscometric constants		
		Flow behavior index, N	Yield stress, $\tau_y$ (g/cm <sup>2</sup> )	Consistency index, $\psi$ (g <sup>N</sup> /cm <sup>N</sup> . sec <sup>2N-1</sup> )
3	50	1.0448	0.07361	0.37361
	60	1.1828	0.02930	0.27954
	70	1.1649	0.01263	0.19633
	80	1.1607	0.01875	0.14604
5	50	1.1809	0.01619	1.8616
	60	1.2044	0.05444	1.3148
	70	1.1547	0.04073	0.69564
	80	1.1998	0.06894	0.73203
7	50	1.2084	0.14870	8.6147
	60	1.1924	0.11181	4.6104
	70	1.2321	0.10233	3.2371
	80	1.2671	0.10459	2.3489
9	50	1.2326	0.23107	12.1060
	60	1.2241	0.18198	10.7200
	70	1.2292	0.16920	6.5571
	80	1.2138	0.08578	4.2703

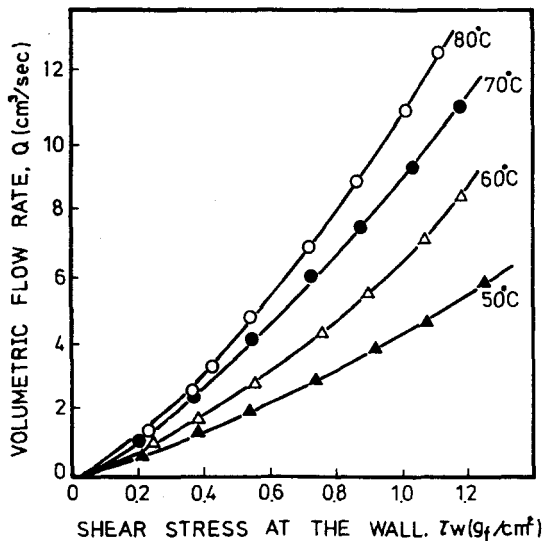


Fig. 3. Volumetric flow rate against shear stress at the wall of gelatinized rice starch (5%)

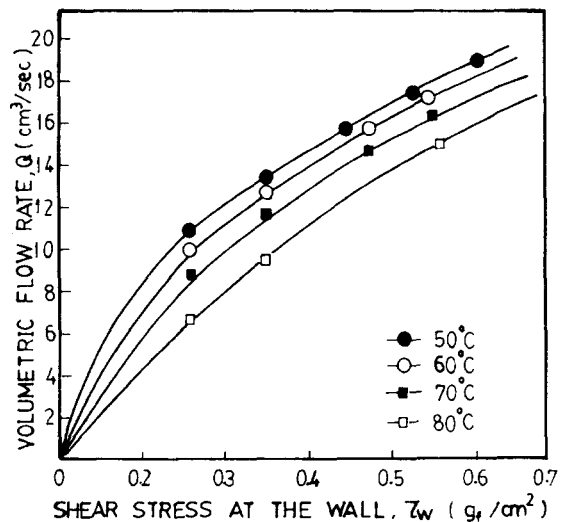


Fig. 4. Volumetric flow rate against shear stress at the wall of 5% rice starch suspension

하였으며 그 결과는 Fig. 4 와 같다.

Fig. 4 에서 보는바와 같이 Q와  $\tau_w$ 의 관계는 측정온도에 상관없이 비직선적관계를 나타내었으며 호화전분과는 마찬가지로 리올로지특성값을 구하여 Table 2 에 나타내었다. N값은 50°C 이하에서는 약 0.87, 50°C 이상에서는 약 0.90으로 50°C를 전후하여 유동거동 지수값에 약간의 차이를 나타내었으나 항복응력은 0에 근사한 값이었다. 따라서 생전분 현탁액에서는  $N > 1$ ,  $\tau_y = 0$  이 되므로 델라탄트유체의 거동을 나타냄을 알 수있다.

**Table 2. Rheological parameters of non-gelatinized rice starch suspension (5%)**

Measuring temperature (°C)	Viscometric constants		
	N	$\tau_y$	$\psi$
30	0.8678	-0.1211	0.0403
40	0.8745	-0.1187	0.0421
50	0.8722	-0.1107	0.0409
60	0.8938	-0.1114	0.0479
70	0.8933	-0.0813	0.0484
80	0.9006	0.0413	0.0425

**Table 3. Consistency index of gelatinized rice starches**

Starch concentration (%)	Measuring temperature (%)	Consistency index, $\psi$ ( $g^{1.2}/cm^{1.2} \cdot sec^{1.4}$ )
3	50	0.40
	60	0.34
	70	0.25
	80	0.20
5	50	2.12
	60	1.40
	70	1.06
	80	0.84
7	50	7.77
	60	5.30
	70	3.66
	80	2.61
9	50	12.91
	60	8.64
	70	5.16
	80	3.75

**농도의존성**

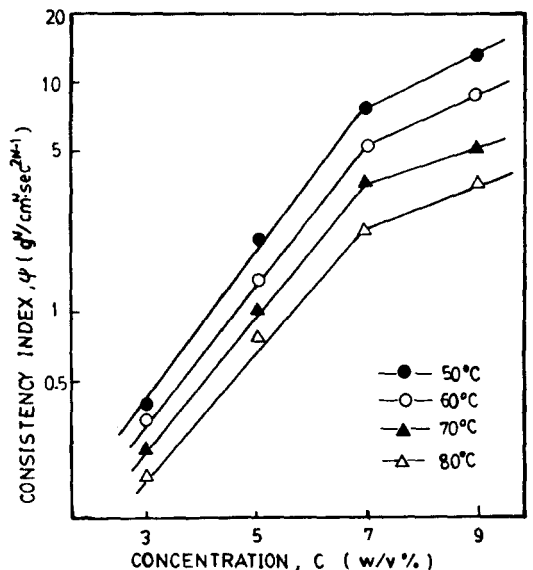
점조도지수  $\psi$ 값은 농도의 영향을 크게 받는것으로 알려져 있으며<sup>(27)</sup> 이와같은 사실은 Table 1에서 살펴볼 수 있다. 또,  $\psi$ 값은 N값에 크게 의존하므로 Table 1의 농도에 따른  $\psi$ 값의 경향을 더욱 명확히 알아보기 위하여 전분호화액의 평균값으로 볼 수 있는  $N=1.2$ 로 고정하고  $\psi$ 값을 식 (2)로부터 다시 계산한 다음, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 호화액의  $\psi$ 값의 농도의존성은 Table 1에서보다  $N=1.2$ 로 고정하여 계산한 결과인 Table 3에서 더욱 명확한 경향을 얻을 수 있음을 볼 수 있다.  $\log \psi$ 에 대하여 농도 C를 도시하면 Fig. 5에서와같이 7% 이내의 농도에서는 측정온도에 상관없이 직선관계가 성립하였으므로 점조도 지수값과 농도의 관계는 다음과 같이 지수함수로 표현할 수 있었다.

$$\psi = \psi_c \exp (BC) \dots\dots\dots (5)$$

선형최소자승법으로 구한 B값은 50, 60, 70 및 80°C에서 각각 0.74, 0.69, 0.67 및 0.64이었고  $\psi_c$ 값은 각각 0.046, 0.044, 0.035 및 0.031  $g^{1.2}/cm^{1.2} \cdot sec^{1.4}$ 이었다.

**온도 의존성**

점조도지수값은 농도 뿐만 아니라 온도의 영향도 크게 받으며<sup>(27)</sup> 이와같은 사실은 Table 2 또는 Table 3 으로부터 살펴볼 수 있다. 먼저 호화액의 K값의 온도 의존성을 알아보기 위하여  $\log \psi$ 에 대해서 1/T를 도시한 결과 Fig. 6에서와 같이 직선관계가 성립하였고 따



**Fig. 5. Concentration dependence on the consistency index of gelatinized rice starch at various temperatures**

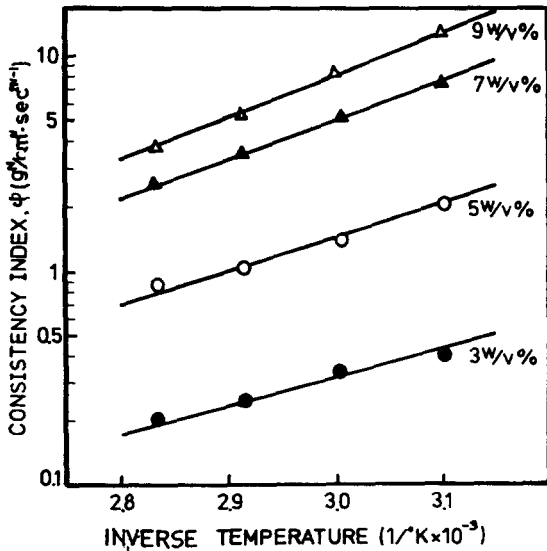


Fig. 6. Effect of temperature on consistency index of gelatinized rice starch

라서 호화액의  $\phi$ 값의 온도의존성은 다음의 Arrhenius 식에 잘 따르는 것을 알 수 있다.

$$\phi = A \exp(E/RT) \dots\dots\dots (6)$$

직선은 역시 선형최소자승법에 의하여 구하였으며 이때 빈도인자 A는 전분농도 3, 5, 7 및 9%에서 각각  $9.29 \times 10^{-5}$ ,  $4.14 \times 10^{-5}$ ,  $2.02 \times 10^{-5}$  및  $4.35 \times 10^{-6} \text{ g}^{1.2}/\text{cm}^{1.2} \cdot \text{sec}^{-1.4}$ 였고 활성화에너지 E는 각각 5.39, 6.94, 8.26 및 9.57 Kcal/gmole이었다.

호화전분의 농도에 따른 활성화에너지의 변화는 Fig. 7과 같다.

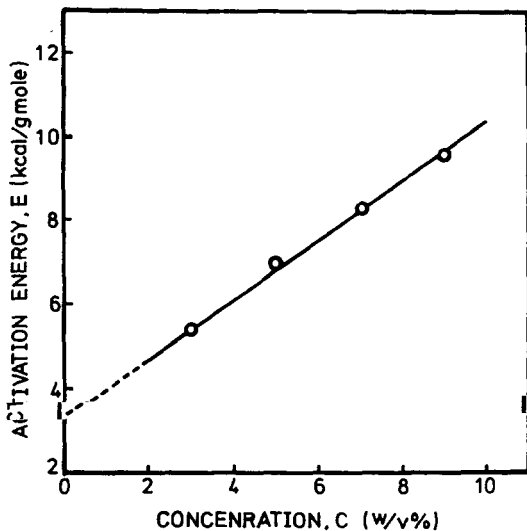


Fig. 7. Concentration dependence on the activation energy of gelatinized rice starch

활성화에너지는 농도에 따라 직선적으로 증가하였으며 직선을 외삽하여 농도 0에서 구한 활성화에너지는 3.56 Kcal/g mole이었다. 이 값은 순수한 물의 활성화에너지와 거의 근사한 값이다.<sup>(28)</sup>

Eyring<sup>(29)</sup>에 의하면 유동의 활성화에너지가 고농도에서 증가 성향을 보이는 것은 농후한 상태에서는 저농도에서의 유체가 갖는 유동의 활성화에너지 이외에 분자간 회합등을 절단하는 구조활성화 에너지가 유동에 필요함을 의미한다고 한다. 이와같은 사실로 미루어 볼때 고농도 전분용액의 높은 활성화에너지값은 전분분자들 사이의 결합을 파괴하는 데 요하는 구조활성화에너지값에 기인하는 것으로 판단된다. 이들 호화쌀전분의 E값을 다른 식품의 E값과 비교하면 Table 4와 같다.

Table 4. Flow activation energy of different food products

Products	Activation energy (kcal/g mole)	Reference
Gelatinized rice starch		
3 %	5.39	Present study
5 %	6.94	
7 %	8.26	
9 %	9.57	
Banana puree	6.0	30
Peach puree	1.7	30
Tomato ketchup	3.2	30
Apple sauce	1.3	30
Whole egg	5.89	31
Red pepper paste	1.1	32

대체로 호화쌀전분의 E값은 다른 식품의 E값보다 다소 높았다. 이는 호화쌀전분의 내부결합력 즉 유동에 따른 저항과 온도의존성이 큰 것을 의미한다. 한편 생전분 현탁액의 N값은 Table 2에서 보는 바와 같이 호화전분의 N값과는 달리 온도증가에 따라 증가하는 경향을 보였다.  $r_s = 0$  및  $50^\circ\text{C}$  이하에서는  $N = 0.87$ ,  $50^\circ\text{C}$  이상에서는  $N = 0.90$ 을 적용하여 호화액과 동일한 방법으로  $\phi$ 값을 산출하여 그 결과를 Table 5에 나타내었으며 '결과를 도시하여' Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 8에서 보는바와 같이 생전분의 경우는 호화전분과는 달리  $50^\circ\text{C}$ 를 전후하여  $\phi$ 값의 온도의존성이 변하였다. 활성화 에너지값은  $50^\circ\text{C}$  이하에서는 0.13 Kcal/g mole,  $50^\circ\text{C}$  이상에서는 2.71 Kcal/g mole이었다.

이와같이  $50^\circ\text{C}$  이상에서 높은 값을 나타내는 것은 50

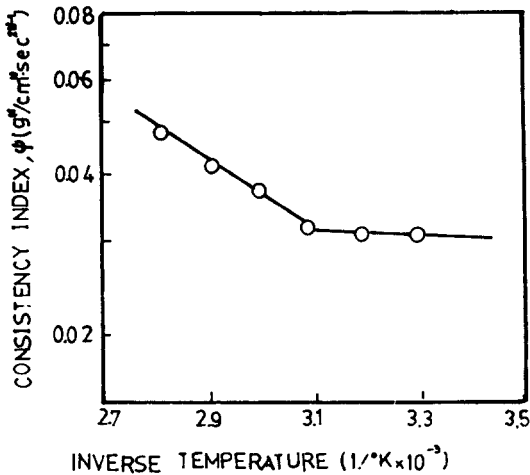


Fig. 8. Effect of temperature on consistency index of 5% rice starch suspension

Table 5. Consistency index of non-gelatinized rice starch suspension (5%)

Measuring temperature (°C)	Consistency index, φ (g <sup>0.88</sup> /cm <sup>3.88</sup> sec <sup>0.76</sup> )
30	0.0306
40	0.0309
50	0.0321
60	0.0379
70	0.0414
80	0.0478

℃에서부터 전분립이 현저히 수화 및 팽윤되기 때문인 것<sup>(32,34)</sup>으로 생각된다. 한편 5% 생전분 현탁액의 활성화 에너지는 0.13~2.71Kcal/g mole로서 5% 호화액의 활성화에너지 6.94Kcal/g mole에 비하여 현저히 낮은 값을 나타내었다. 이 현탁액의 활성화에너지는 과일 푸레 등과같이 부유입자를 다량 함유한 유체식품의 활성화에너지와 유사한 값으로 생전분의 경우 호화되지 않은 불균일한 전분립이 부유하여 있기 때문인 것<sup>(32,35)</sup>으로 생각된다.

요 약

5 wt% 쌀전분 현탁액 및 호화된 쌀전분 3~9wt% 용액을 시료로 한 쌀전분 수용액계의 유동거동을 30~80℃ 범위에서 관형 리오메타를 사용하여 조사하였다. 생전분의 현탁액은 딜라탄트유체거동을 보인 반면 호화액은 농도증가에 따라 의가소성으로부터 빙행의 가소성

의 유동거동을 보였다. 호화액의 유동거동지수 값은 모든 시료에서 약 1.2정도였으며 현탁액에서는 0.87~0.90 범위였다. 3 및 5% 호화액에서는 항복응력값을 무시할 수 있었으나 이들 농도이상에서는 무시할 수 없는 정도였고 농도증가에 따라 증가하였다. 점소도 지수값은 지수함수식에 따르는 농도 및 온도의존성을 나타내었다. 쌀전분 수용액계의 30~80℃에서 측정된 활성화에너지는 현탁액과 호화액에서 각각 0.13~2.71 및 5.39~9.57 Kcal/g mole 범위였다.

문 헌

1. Waldt, L. M. and Keheoe, D.: *Food Technol.*, 13, 1 (1959)
2. Sterling, C.: *J. Textures Studies*, 9, 225 (1978)
3. 이준영, 김성곤: 한국식품연구 문헌총람(2), 한국식품과학회, p. 1(1977)
4. Halick, J. V. and Kelly, V. J.: *Cereal Chem.*, 36, 91 (1959)
5. Bhattacharya, K. R. and Sowbhagya, C. M.: *J. Food Sci.*, 43, 363 (1978)
6. Suzuki, H. and Juliano, B. O.: *Agr. Biol. Chem.*, 39, 811 (1975)
7. Juliano, B. O., Cagampang, G. B., Cruz, L. J. and Santiago, R. G.: *Cereal Chem.*, 41, 275 (1964)
8. Bhattacharya, K. R. and Sowbhagya, C. M.: *J. Texture Studies*, 10, 341 (1978)
9. Horiuchi, H. and Tani, T.: *Agr. Biol. Chem.*, 30, 457 (1966)
10. Odigboh, E. U. and Mohsenin, N. N.: *J. Texture Studies*, 5, 441 (1975)
11. Odigboh, E. U. and Mohsenin, N. N.: *J. Texture Studies*, 6, 363 (1976)
12. Nantes, J. L. D.: *Stärke*, 33, 415 (1981)
13. 久保田 清: 食品工業, 6下, 58 (1982)
14. 久保田 清: 食品工業, 7下, 44 (1982)
15. Schutz, R. A. and Nedonchelle, Y.: In "Polymer Systems, Deformation and Flow", Wetton and R. W. Whorlow, (ed.), p. 323, Macmillan & Co., Ltd., London (1968)
16. Lancaster, F. B., Conway, H. F. and Schwab, E.: *Cereal Chem.*, 43, 637 (1966)
17. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: *Denpun Kagaku*, 20, 99 (1973)
18. Jones, C. R.: *Cereal Chem.*, 17, 133 (1940)

19. Kubota, K., Suzuki, K. and Hosaka, H.: *J. Fac. Fish. Anim. Husb.*, Hiroshima Univ., 17, 1 (1978)
20. Sherman, P.: *Industrial Rheology*, Academic Press, New York (1970)
21. Whorlow, R. W.: *Rheological Techniques*, Ellis H Horwood Limited, Chichester (1980)
22. Charm, S. E.: *J. Food Sci.*, 28, 107 (1963)
23. Kubota, K., Suzuki, K. and Hosaka, H.: *Shokuhin Kogyo*, 20, 60 (1977)
24. Ram, A. and Tamir, A.: *Ind. Eng. Chem.*, 56, 47 (1964)
25. Van Wazer, J. R., Lyons, J. W., Kink, K. Y. and Colwell, R. E.: *Viscosity and Flow Measurement*, Interscience, New York (1963)
26. Shuey, W. C. and Tipples, K. H.: *The Amylograph Handbook*, AACC, St. Paul, Minnesota (1982)
27. Rao, M. A.: *J. Texture Studies*, 8, 257 (1977)
28. Sawayama, S., Kawabata, A., Okabe, M. and Sugi, J.: *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 52, 409 (1978)
29. Glasstone, S., Laidorer, K. J. and Eyring, H.: *The Theory of Rate Process*, McGraw-Hill Book Co., New York (1941)
30. Holdsworth, S. D.: *J. Texture Studies*, 2, 393 (1971)
31. Rao, M. A.: *J. Texture Studies*, 8, 135 (1977)
32. 변유량, 이신영, 이상규, 유주현, 권윤중 : 한국식품과학회지, 12, 18 (1980)
33. 정해민 : 서울대학교 석사학위논문 (1981)
34. Kawabata, A., Sawayama, S. and Nagoya, T.: *Nutr. & Food (Japan)*, 30, 149 (1977)
35. Saravacos, G. D.: *J. Food Sci.*, 35, 122 (1970)  
(1983년 9월 28일 접수)