

동결건조 분말고추장의 재수화시 리올로지 특성

김석신 · 장규섭 · 윤한교 · 이상규* · 이신영**

충남대학교 식품가공학과, *대전기계창 식량연구실, **강원대학교 발효공학과

Rheological Properties of Rehydrated Suspensions of Freeze Dried *Kochujang* Powders

Suk-Shin Kim, Kyu-Seob Chang, Han-Kyo Yoon, Sang-Kyu Lee* and Shin-Young Lee**

Department of Food Science and Technology Chungnam National University, Taejeon

*Taejeon of Machine Depot, Taejeon

**Department of Fermentation Engineering, Kangweon National University, Chuncheon

Abstract

Rheological properties of rehydrated suspensions of two kinds of freeze dried *Kochujang* powders, processed at different freezing rates, were compared with raw *Kochujang* using Brookfield wide-gap rotational viscometer at 25°C–60°C. Shear rates ranged from 0.1965 sec⁻¹ to 1.9650 sec⁻¹ and solid content ranged from 47% to 56%. Rehydrated suspensions of quickly frozen *Kochujang* powder and slowly frozen *Kochujang* powder, and raw *Kochujang* exhibited pseudoplastic behaviors with yield stress and presented thixotropic properties which followed the second-order kinetic behavior proposed by Tiu. Suspensions of *Kochujang* powders exhibited considerably higher decaying rates than raw *Kochujang*. The dependency of the equilibrium structure parameter on the shear rate was weak, and there were no significant differences among the values of structure parameters of three samples. The temperature dependency of the apparent viscosity of *Kochujang* suspension was fully expressed by Arrhenius equation and activation energies of suspensions of quickly frozen *Kochujang* powder and slowly frozen *Kochujang* powder, and raw *Kochujang* were 2.21, 2.18, and 2.32 Kcal/g.mole, respectively. Consistency indices of three samples increased with solid content and decreased with temperature. Flow behavior indices of three samples showed no considerable dependency on the temperature and solid content. There were no significant differences in the rheological properties between two *Kochujang* powders.

서 론

고추장의 수분·함량이 50% 내외이므로 보존료를 첨가하지 않으면 저장안정성이 떨어지고 운반 및 휴대에 불편하여 이를 건조 분말화하려는 연구가 여러차례 시도되어 제조방법^(1,2)이 고안되었다.

그러나 고추장은 본질적으로 건조속도가 느리고, 70°C 이상의 온도에서는 고추 색소성분인 capsanthin의 함량⁽⁴⁾이 감소되며 변화가 심하므로 품질이 우수한 고추장 건조분말제품을 제조하기 위해서는 동결건조기술⁽⁶⁾을 적용하는 것이 가장 적합하다고 볼 수 있다.

고추장에 대한 공학적 응용연구로는 장 등⁽⁶⁾의 열특성, 이 등⁽⁷⁾의 유동특성에 관한 보고가 있으며, 고추장은 반고체 식품인 마요네즈, 케찹, cheese spread, salad dressing 등의 경우⁽⁸⁾와 같이 시간의존성 유동 거동을 보이고 pseudoplastic 성질과 항복응력을 지닌 thixotropic 식품인 것으로 밝혀졌다.⁽⁷⁾

본 연구에서는 두가지 종류의 동결건조 분말고추장을 제조하고, 건조전의 원료 고추장을 대조구로 삼아 복원시킨 분말고추장 현탁액의 리올로지 성질을 측정, 비교함으로써 분말고추장의 품질을 판단하고자 하였다.

재료 및 방법

시 료

본 실험에 사용한 시료(raw *Kochujang*, RK 라 약함)는 S사의 참쌀고추장으로 기호도를 향상시키기 위해 참쌀과 corn syrup을 첨가한 고품형 함량56%의 제품이다.

동결건조 분말고추장의 제조

동결건조 분말고추장의 동결방법에 따라 급속동결 분말고추장(quickly frozen *Kochujang* powder, QFK 라 약함)과 완만동결 분말고추장(slowly frozen

Kochujang powder, SFK 라 약함)으로 구분하여 제조하였다. QFK 는 원료고추장을 알미늄 트레이에 얇게 바른 후 조쇄한 드라이 아이스로 단열상자내에서 급속히 동결시켰고, SFK 는 원료고추장 대 물을 2 : 1 의 비율로 희석한 후 -40°C로 유지되는 저온실에서 서서히 동결시켰다. 동결된 고추장을 동결건조기(일본 동양기계 TFD-1LF5)를 사용하여 건조하였으며, 건조시 열판온도 60°C, 냉판온도 -30°C ~ -36°C, 진공도 0.03torr 를 유지하고 품온이 50°C 가 넘지 않도록 하였다. 이렇게 제조된 건조고추장을 100 mesh 의 체로 사별하고 알미늄호일 적층포장재에 포장한 후 4°C 의 저온실에 보관하면서 실험에 사용하였다.

일반성분 분석 및 표면구조의 관찰

원료고추장 및 2종의 분말고추장의 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 회분의 함량은 상법⁹⁾에 따라 분석하였다.

분말고추장의 표면구조는 시료를 양면접착테이프에 분산시킨 후 주사형 전자현미경(philips model SEM 501B)을 사용하여 640배 및 1,250배의 배율로 관찰하였다.

시료 현탁액의 조제

분말고추장에 소정량의 증류수를 가하여 고형물 함량이 47~56%가 되도록 하고 10분간 강하게 교반하였다. 이렇게 조제된 분말고추장 현탁액과 원료고추장을 각각 60ml 의 용기에 담아 진공오븐에서 실온조건으로 탈기한 후 25°~60°C 의 온도로 유지시킨 항온수조에 12시간 이상 방치하여 조직내부로의 수분 침투, 조직의 팽윤 및 열평형을 시킨 다음 리올리지 성질의 측정 시료로 하였다.

리올리지 성질의 측정

60ml 용기에 담긴 점도 측정용 시료를 소정의 온도로 유지시킨 항온수조에 담고 원통형 스펀들(반경 0.159cm, 길이 3.175cm)을 회전점도계(Brookfield Synchro-Lectric Viscometer model LVT)에 부착한 뒤 시료표면과 스펀들 표면을 일치시켰다. 10분간 방치한 후 여러 회전속도(0.3~3.0rpm)에서의 torque 값을 평형에 도달할 때 까지 일정시간 간격으로 계속 측정하였다.

리올리지 성질외 해석 및 특성값의 계산

정상 전단하에서 시간의존성 유동 거동을 구명하기 위하여 Hershel-Bulkley 식에 시간의존성 구조변수 λ

을 도입한 식(1)의 Tiu⁽¹¹⁾의 유동 모델을 활용하였다.

$$\tau = \lambda(\tau_y + K\dot{\gamma}^n) \dots\dots\dots (1)$$

이 때 λ 는 전단시간 0일 때의 초기값 1과 1보다 작은 평형값 λ_e 사이의 값을 가지며, τ 는 전단응력, τ_y 는 항복응력, K는 점조도지수, n은 유동거동지수, $\dot{\gamma}$ 는 전단속도를 나타낸다. Petrelli 등⁽¹²⁾의 보고사실에 근거하여 λ 의 시간에 따른 변화는 식(2)와 같은 2차 반응속도식으로 표현할 수 있다.

$$\frac{d\lambda}{dt} = -K_1(\lambda - \lambda_e)^2 \dots\dots\dots (2)$$

이 때 K_1 은 속도상수로서 전단속도의 함수이며 λ_e 는 평형상태에서의 구조변수 값이다. τ , τ_y , K, n, $\dot{\gamma}$ 는 Charm⁽¹³⁾의 방법을 이용하여 회전점도계의 torque 회전속도의 관계로 부터 산출하였으며 λ 와 λ_e 는 겔보기점도 η 의 매개함수로 표시한 다음 식으로 부터 구하였다.

$$\lambda = \eta \dot{\gamma} / (\tau_y + K\dot{\gamma}^n) \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda_e = \eta_e \dot{\gamma} / (\tau_y + K\dot{\gamma}^n) \dots\dots\dots (4)$$

또한 속도상수 K_1 은 식(5)와 식(6)의 관계로 부터 구할 수 있다.

$$a_1(\dot{\gamma}) = K_1 \dot{\gamma} / (\tau_y + K\dot{\gamma}^n) \dots\dots\dots (5)$$

$$1/(\eta - \eta_e) = 1/(\eta_0 - \eta_e) + a_1 t \dots\dots\dots (6)$$

이 때 리올리지 특성값의 계산은 CDC170/740 Computer 를 이용하였다.

결과 및 고찰

시료의 일반성분

2종의 동결건조 분말고추장· 및 원료 고추장의 일반성분은 Table 1과 같으며, 분말고추장의 성분 조성은 원료고추장과 비교하여 수분을 제외한 다른 성분에서 차이가 없는 것으로 나타났다. (Table 1)

분말고추장의 표면구조

QFK 의 경우(Fig.1 A-B)크기가 작은 pore 가 많고 SFK 의 경우(Fig.1 C-D)는 이와 반대로 크기가 큰 pore 가 숫적으로 적게 있는 것으로 나타나 있으므로 동결방법에 상응하는 표면구조가 형성된 것으로 판단할 수 있다.

Table 1. General composition of freeze dried *Kochujang* Powders and raw *Kochujang*

Composition	% (W/W) dry basis		
	QFK	SFK	RK
Moisture	6.44	7.04	44.00
Crude protein	11.30	11.20	11.45
Crude fat	2.53	2.49	2.61
Crude fiber	3.20	3.10	3.22
Ash	14.80	15.00	17.32

*QFK (quickly frozen *Kochujang* powder)
 SFK (slowly frozen *Kochujang* powder)
 RK (raw *Kochujang*)

유동의 시간의존성

온도 25°C 및 전단속도 0.9825sec⁻¹에서 고형물 함량 56%로 복원시킨 분말고추장 현탁액과 원료고추장의

시간에 따른 전단응력의 변화를 살펴 본 결과는 Fig.2 와 같다.

그림에서와 같이 분말고추장 현탁액 및 원료고추장 모두 시간에 따라 전단응력이 감소하는 time thinning 한 유동 거동을 보여 주었으며, 분말고추장 현탁액의 전단응력은 초기값 τ_0 및 평형값 τ_{eq} 모두 원료고추장의 경우 보다 다소 낮은 수치를 보였으나 2종의 분말고추장 현탁액의 τ_0 및 τ_{eq} 값 사이에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 전단응력은 전단이력(previous shear history)^(14,15)에 크게 좌우되는 것으로 알려져 있으므로 분말고추장, 현탁액의 전단응력 값이 원료고추장 보다 낮은 것은 복원을 위해 강한 교반작용을 행한 것과 관계되는 것으로 생각된다. 또한 서로 다른 표면구조를 지녔음에도 불구하고 2종의 분말고추장 현탁액의 전단응력 값이 큰 차이가 없는 것은 12시간 이상의 긴

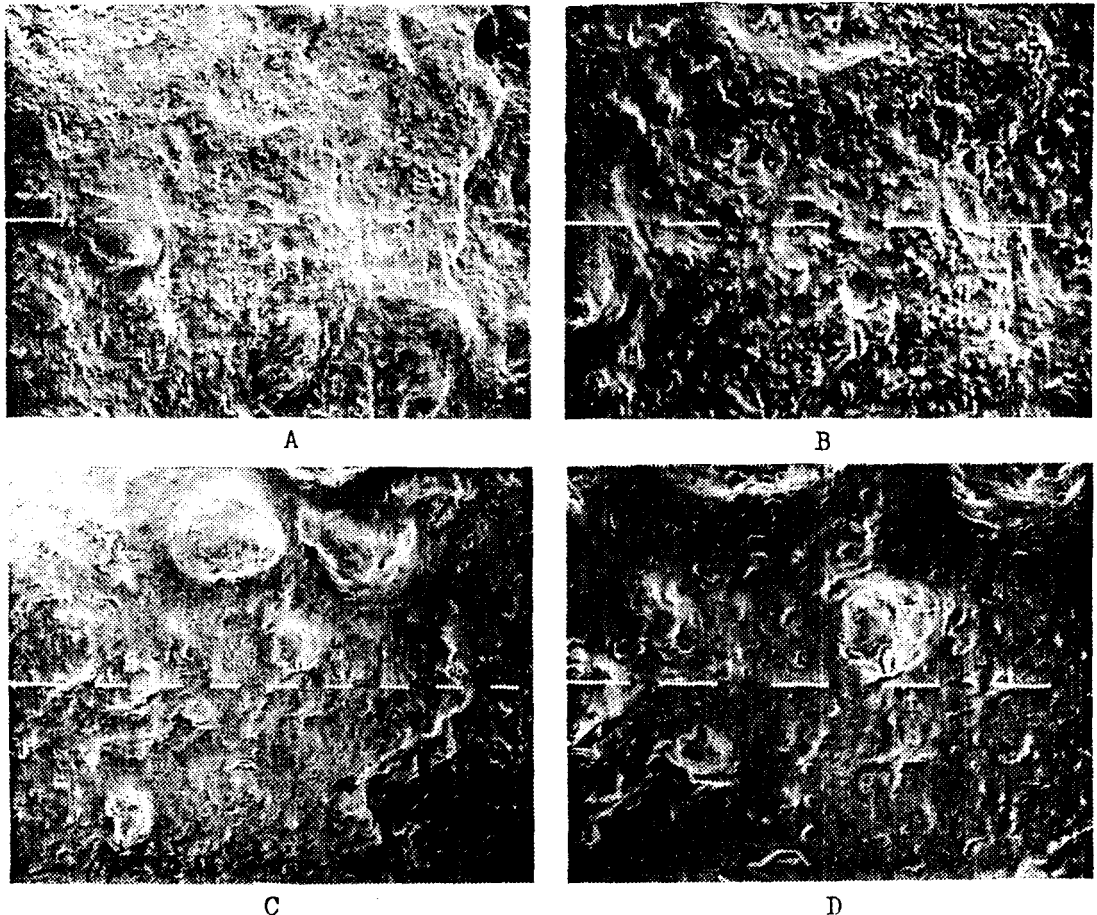


Fig. 1. Microstructure of freeze dried *Kochujang* powder (A-B) QFK (quickly frozen *Kochujang* powders) (C-D) SFK (slowly frozen *Kochujang* powders) -10 μ m

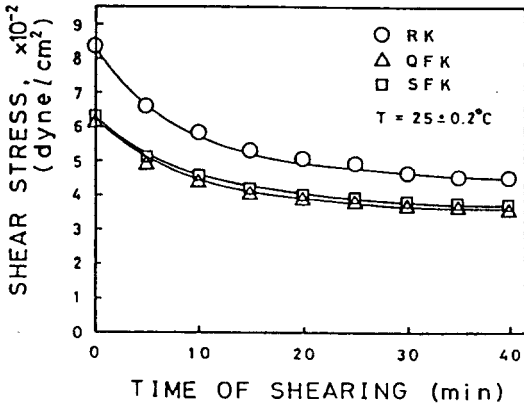


Fig. 2. Shear stress as a function of shear time for *Kochujang* suspensions at $\dot{\gamma} = 0.9825 \text{ sec}^{-1}$
 *OFK (quickly frozen *Kochujang* powder)
 SFK (slowly frozen *Kochujang* powder powder)
 RK (raw *Kochujang*)

복원시간을 거치는 동안 pore의 크기나 수에 관계없이 수분이 조직내로 충분히 침투하였기 때문이라고 판단된다.

한편 전단응력이 평형값에 도달하는 시간은 전단속도가 클수록 짧아지며 본 실험의 전단속도 0.1965—1.9650 sec^{-1} 의 범위내에서는 40분—80분의 평형도달시간을 나타내었다. 전단속도가 클수록 전단응력 초기값 τ_0 와 평형값 τ_{eq} 의 차이가 커져 구조붕괴의 정도가 커지는 경향이었으며, 전단응력은 초기 10—20분 사이에 가장 민감하게 감소하였다. 이러한 경향은 액상나뭇, (16) soft cheese, (17) 마요네즈 (2) 등에 대한 보고와 잘 일치하였다.

여러 전단시간에서는 원료고추장의 전단속도—전단응력의 양대수 관계를 25°C에서 측정하여 Fig.3에 나타

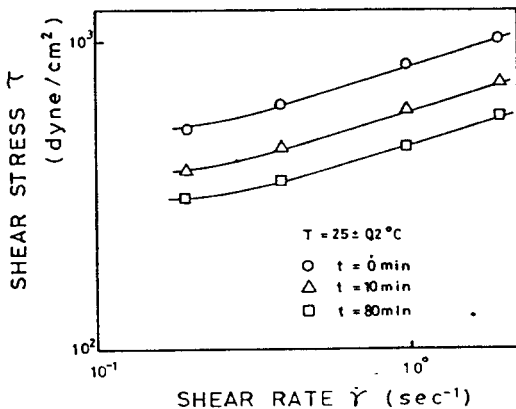


Fig. 3. Flow curves for raw *Kochujang* at different shear time

내었다.

Fig.3을 살펴 보면 원료고추장의 유동곡선은 전단시간에 관계없이 낮은 전단속도에서 항복응력을 갖는 비선형 관계를 나타내고 있으며, 항복응력의 존재는 평형상태에 도달한 이후 전단을 제거하면 잔존응력을 나타내는 사실로는 알 수 있다. 또한 서로 다른 전단시간에서 얻어진 유동곡선은 서로 평행관계를 나타내었으므로 원료고추장의 유동 거동은 시간을 변수로 한 단일 유동방정식으로 표현할 수 있음을 알 수 있다. 그림으로 나타내지는 않았으나 분말고추장 현탁액의 경우도 유사한 유동거동을 보여주었다.

Fig.4는 전단시간 0일 때 분말고추장 현탁액 및 원료고추장의 $(\tau - \tau_0)$ 와 $\dot{\gamma}$ 의 양대수 관계를 보인 것이다.

그림에서 보여주는 직선 관계는 분말고추장 현탁액, 원료고추장 모두 Hershell-Bulkley 식에 잘 따르고 있음을 나타내고 있다.

Table 2에 유동변수의 값을 나타내었으며, 이 표에서 볼 때 분말고추장 현탁액, 원료고추장의 유동거동지수 n 은 0.616—0.631로서 비슷한 의가소성 성질을 보여주고 있다. 이는 이 등 (7)이 보고한 고추장의 유동거동지수 값 0.597과 비슷한 값 범위이다. 항복응력 τ_0 와 점조도지수 K 의 경우도 원료고추장 보다 분말고추장 현탁액의 경우가 각각 100 dyne/cm^2 정도 낮은 값을 보였으며, 이것은 복원시의 강한 교반작용 때문인 것으로 생각된다. 이 등 (7)은 고추장의 K 값 및 τ_0 값을 각각 192.3 및 91.0 dyne/cm^2 이라 보

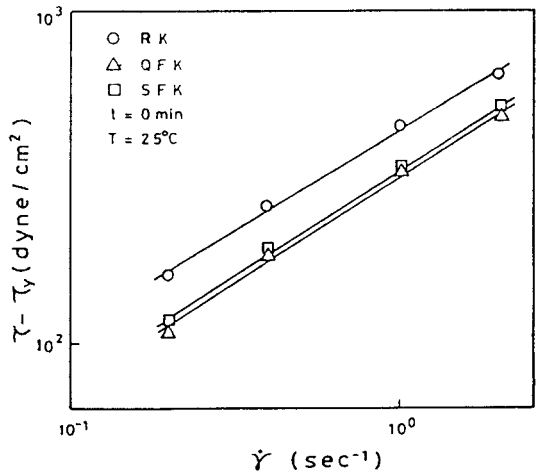


Fig. 4. Plot of $\log(\tau - \tau_0)$ vs $\log \dot{\gamma}$ at zero shear time for *Kochujang* suspensions

*OFK (quickly frozen *Kochujang* powder)
 SFK (slowly frozen *Kochujang* powder powder)
 RK (raw *Kochujang*)

Table 2. Values of consistency index (K) and flow behavior index (n), and yield stress (τ_y) at zero shear time for *Kochujang* suspensions at 25°C

Parameter	Kochujang suspensions		
	QFK	SFK	RK
K ($\frac{\text{dyne} \cdot \text{sec}^n}{\text{cm}^3}$)	338.8	342.8	446.7
n	0.631	0.631	0.616
τ_y (dyne/cm ²)	260.6	263.6	360.7

*OFK (quickly frozen *Kochujang* powder)
 SFK (slowly frozen *Kochujang* powder)
 RK (raw *Kochujang*)

고하였으며 본 실험의 원료고추장은 이 보다 높은 수치를 나타내었다. 이러한 차이는 본 시료의 경우 찹쌀과 corn syrup을 첨가하여 점도성을 높힌 제품이기 때문인 것으로 판단할 수 있다.

유체의 구조가 2차 반응속도식으로 붕괴된다면 전단 시간 t에 대하여 $1/n-ne$ 를 도시할 경우 각 전단속도에서 기울기 a_1 을 갖는 직선 관계를 나타내야 한다. Fig.5는 원료고추장의 $1/(n-ne)$ 와 시간의 직선 관계를 보여주고 있고 Fig.6은 분말고추장 현탁액의 직선 관계를 나타내고 있다.

이러한 직선 관계를 전단시간 20분까지의 전단 초기에만 유효한 것으로 나타났으며 그 이후에는 직선에서 크게 벗어났다. 따라서 분말고추장 현탁액 및 원료고추장의 시간의존성 유동 거동은 전단시간 약 20분까지의 전단 초기에만 Tiu의 모형⁽¹²⁾에 따르면 그 이후에는 적용할 수 없는 것으로 나타났다.

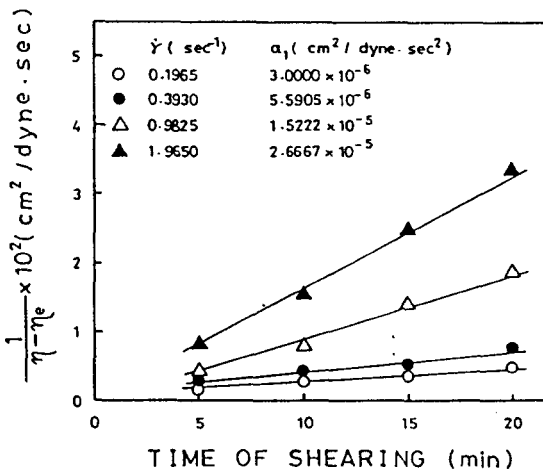


Fig. 5. Linear relationships between $\frac{1}{n-ne}$ and time for raw *Kochujang* at 25°C

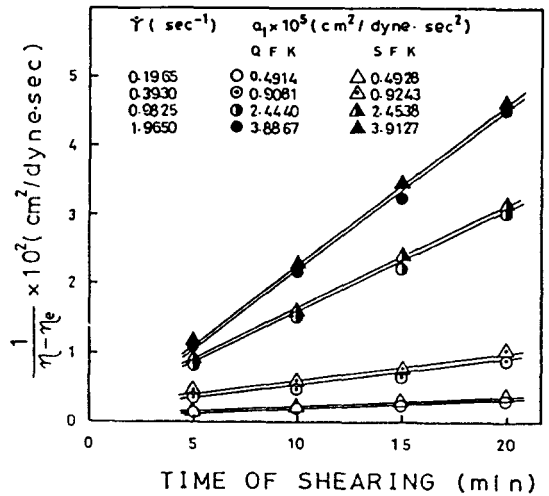


Fig. 6. Linear relationships between $\frac{1}{n-ne}$ and time for suspension of freeze dried *Kochujang* powders

*OFK (quickly frozen *Kochujang* powder)
 SFK (slowly frozen *Kochujang* powder)
 RK (raw *Kochujang*)

Fig.5 및 Fig.6의 기울기로 부터 구한 a_1 의 값으로부터 속도상수 K_1 을 산출하여 평형 구조변수 λ_e 의 값과 함께 Table 3에 나타내었다.

Table 3을 살펴보면 속도상수 K_1 은 전단속도가 빨라짐에 따라 증가하였으며 분말고추장 현탁액의 K_1 값이 원료고추장의 경우 보다 다소 큰 것으로 나타났다. 따라서 전단속도가 증가할수록 구조의 붕괴속도는 빨라지며 분말고추장 현탁액의 붕괴속도가 원료고추장 보다 더 빠른 것을 알 수 있다. 평형 구조변수 λ_e 는 전단속도가 증가함에 따라 다소 감소하여 구조붕괴에 대한 저항이 작아지는 것으로 나타났으나 그 감소비율이 대단히 작으므로 구조붕괴에 대한 저항은 전단속도에 거의 영향을 받지않음을 알 수 있다. Tiu⁽¹²⁾는 마요네즈의 λ_e 의 값을 전단속도에 관계없이 0.63이라 보고하였으며 이 등⁽⁷⁾은 고추장의 λ_e 값을 0.59로 보고하였다.

유동의 온도의존성

본 실험에서는 겔보기점도 η_a , 점조도지수 K, 유동거동지수 n에 대한 온도의 영향을 살펴 보았으며 이 때 K와 n은 초기값, 평형값이 큰 차이를 보였으므로⁽⁶⁾ 2가지로 구분하여 살펴 보았다. 온도 25° ~ 60°C, 전단속도 0.9825sec⁻¹에서 log η_a 대 질대온도의 역수를 도시하여 Fig.7에 나타내었다.

Fig.7에서 log η_a 와 1/T 사이에는 직선 관계가 성립

Table 3. Rate constants (K_1) and equilibrium structural parameter (λ_e) at different shear rates for *Kochujang* suspensions at 25°C

Shear rate (sec^{-1})	kochujang suspensions					
	QFK		SFK		RK	
	K_1 (sec^{-1})	λ_e	K_1 (sec^{-1})	λ_e	K_1 (sec^{-1})	λ_e
0.1965	0.9552×10^{-2}	0.6296	0.9689×10^{-2}	0.6294	0.8010×10^{-2}	0.5857
0.3930	1.0365×10^{-2}	0.6225	1.0671×10^{-2}	0.6213	0.8706×10^{-2}	0.5741
0.9825	1.4818×10^{-2}	0.6168	1.5048×10^{-2}	0.6164	1.2434×10^{-2}	0.5643
1.9650	1.5419×10^{-2}	0.5673	1.5701×10^{-2}	0.5659	1.4086×10^{-2}	0.5496

* QFK (quickly frozen kochujang powder) SFK (slowly frozen kochujang powder)
RK (raw kochujang)

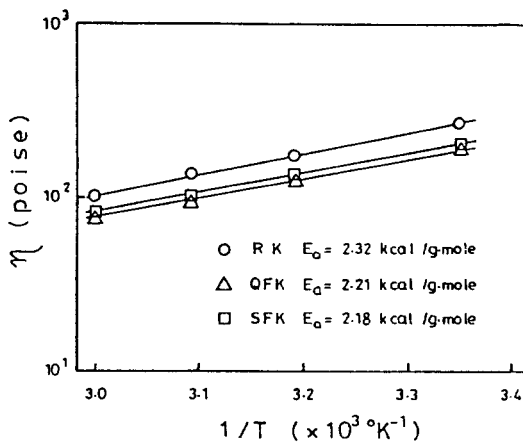


Fig. 7. Effect of temperature on the apparent viscosity of *Kochujang* suspensions at $\dot{\gamma} = 0.9825 sec^{-1}$

* OFK (quickly frozen *Kochujang* powder)
SFK (slowly frozen *Kochujang* powder powder)
RK (raw *Kochujang*)

하였으므로 겔보기점도의 온도의존성은 다음의 Arrhenius 식의 형태에 잘 따르는 것을 알 수 있었다.

$$\eta_a = Be^{E_a/RT} \dots\dots\dots (7)$$

그림의 직선의 기울기로 부터 구한 유동의 활성화 에너지는 급속동결 분말고추장 현탁액, 완만동결 분말고추장 현탁액, 원료고추장에서 각각 2.21, 2.18, 2.32 Kcal/g · mole 인 것으로 나타났다. 원료고추장의 활성화 에너지 값은 이 등⁽⁷⁾이 보고한 1.03Kcal/g · mole 보다 다소 '높아서 더 큰 온도의존성을 보여주었다.

다음 점조도지수 K와 유동거동지수 n의 온도의존성을 전단시간 0일 때의 초기값과 평형값으로 구분하여 Table 4에 나타내고 Table 4의 데이터로 부터 점조도지수 K의 온도에 따른 변화를 Fig.8에 나타내었다.

여기서 점조도지수 K는 온도의 상승에 따라 감소하는 경향을 보였으며 초기값 K_0 는 평형값 K_{eq} 보다 큰 것으로 나타났다. 반면에 유동거동지수 n은 온도의존성이 거의 없었으며 초기값 η_0 와 평형값 η_{eq} 사이에도 일정한 경향을 보이지 않았다. Rao 등⁽¹⁸⁾은 농축 오렌지쥬스의 유동 연구에서 K는 온도 상승에 따라 민감하게 감소하나 n의 경우는 온도의존성이 거의 없었고 보고하였으며, Rao,⁽¹⁴⁾ Holdsworth⁽¹⁵⁾는 이러한 경향을 일반적으로 유동 경향이라 하였다.

유동의 고형물함량 의존성

본 실험에서는 점조도지수 K, 유동거동지수 n에 대한 고형물함량의 영향을 각각 초기값, 평형값으로 구분하여 살펴 보았으며 이 때 측정온도는 25°C, 고형물 함량은 47~56%이었다.

Table 5에 분말고추장 현탁액 및 원료고추장의 K 값 및 n 값을 고형물함량별로 각각 초기값과 평형값으로 구분하여 나타내었고, 점조도지수의 고형물 함량에 따른 변화를 Fig.9에 나타내었다.

Table 5 및 Fig.9을 살펴 보면 점조도지수 K는 고형물 함량이 증가함에 따라 지수적으로 증가하였으며 초기값이 평형값 보다 큰 수치를 보였다. 유동거동지수 n은 고형물 함량에 따른 일정한 변화를 보여주지 않았으며 초기값 η_0 와 평형값 η_{eq} 사이에도 일정한 경향이 없는 것으로 나타났다. Rao 등⁽¹⁸⁾은 농축 오렌지쥬스의 K 값은 농도 증가에 따라 지수적으로 증가하며 η 의 농도 의존성은 크지 않았다고 보고하였다. Pitsiliis 등⁽⁶⁾은 액상난백의 K 값은 고형물 함량 증가에 민감한 증가 반응을 보였고 n의 경우는 일정한 관계를 갖지 않았다고 보고하였다.

Table 4. Values of consistency index (K), and flow behavior index(n) at zero shear time and at equilibrium for *Kochu jang* suspensions at different temperatures

Temperature °C	Kochujang suspensions											
	QFK				SFK				RK			
	Ko ⁰	K ⁰ eq	n ₀	n _{eq}	Ko	Keq	n ₀	n _{eq}	Ko ⁰	K ⁰ eq	n ₀	n _{eq}
25	310.9	170.8	0.631	0.599	314.1	171.8	0.631	0.599	427.5	228.9	0.616	0.582
40	230.0	133.4	0.621	0.595	231.9	135.6	0.622	0.596	289.0	156.3	0.609	0.560
50	165.1	110.0	0.607	0.597	167.8	111.3	0.606	0.597	227.9	128.0	0.606	0.572
60	137.4	87.7	0.612	0.604	139.9	89.0	0.614	0.604	174.2	106.5	0.601	0.585

a; dyne.secⁿ/cm²

* QFK (quickly frozen kochujang powder)

SFK (slowly frozen kochujang powder)

RK (rak kochujang)

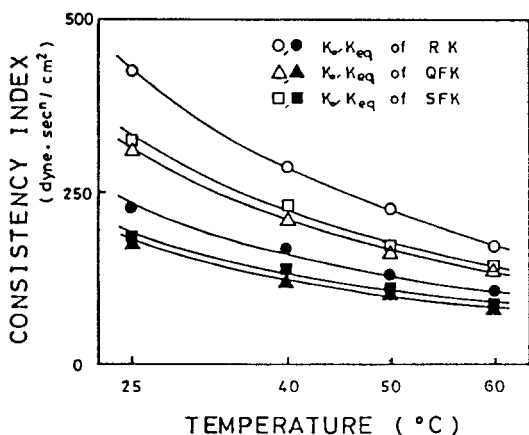


Fig. 8. Effect of temperature on the consistency index (K) of *Kochu jang* suspensions at zero shear time and at equilibrium

* QFK (quickly frozen Kochujang powder)
SFK (slowly frozen Kochujang powder)
RK (raw Kochujang)

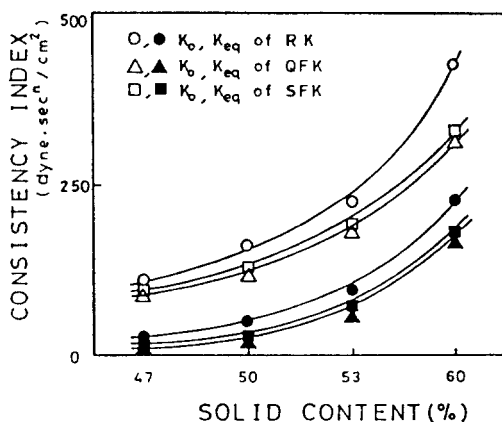


Fig. 9. Effect of solid content on the consistency index (K) of *Kochu jang* suspensions at zero shear time and at equilibrium

* QFK (quickly frozen kochujang powder)
SFK (slowly frozen kochujang powder)
RK (raw kochujang)

Table 5. Values of consistency index (K), and flow behavior index (n) at zero shear time and at equilibrium for different solid levels of *Kochu jang* suspensions at 25°C

Solid content (% w/w)	Kochujang suspensions											
	QFK				SFK				RK			
	Ko ⁰	Keq ⁰	n ⁰	n _{eq}	Ko	Keq	n ₀	n _{eq}	Ko ⁰	K ⁰ eq	n ₀	n _{eq}
56.0	310.9	170.8	0.631	0.599	314.1	171.8	0.631	0.599	427.5	228.9	0.616	0.582
53.0	187.4	68.7	0.629	0.660	189.4	70.0	0.629	0.629	79.7	0.677	0.633	
50.0	161.8	27.6	0.669	0.596	164.0	27.4	0.669	0.595	174.6	56.4	0.689	0.634
47.0	100.5	14.0	0.654	0.554	101.3	13.9	0.655	0.552	107.7	22.7	0.625	0.614

a; dyne.secⁿ/cm²

* QFK (quickly frozen Kochujang powder)

SFK (slowly frozen Kochujang powder)

RK (raw Kochujang)

동결속도를 달리하여 제조한 2종의 동결건조 분말고추장 재수화 현탁액의 리올리지 특성을 원료고추장을 대조구로 온도 25~60°C, 고형물 함량 47~56°C, 전단 속도 0.1965~1.9650 sec⁻¹의 범위에서 Brookfield 단원동 회전점도계로 측정하였다. 급속동결 분말고추장 및 완만동결 분말고추장의 재수화 현탁액과 원료고추장은 모두 항복치를 지닌 의가소성을 나타내고, 전단 초기 20분까지 Tiu의 모델에 따라 2차 반응속도식으로 붕괴되는 thixotropic 거동을 보여주었으며, 분말고추장 현탁액의 구조붕괴 속도가 원료고추장 보다 빨랐다. 평형구조변수는 전단속도에 크게 영향받지 않았으며 그 값은 세가지 시료 모두 비슷하였다. 급속동결 분말고추장 및 완만동결 분말고추장의 재수화 현탁액과 원료고추장의 겔보기점도의 온도 의존성은 Arrhenius 식과 일치하였으며, 활성화 에너지의 값은 각각 2.21, 2.18, 2.32 Kcal/g · mole 이었다. 세가지 시료의 점조도지수는 온도의 증가에 따라 감소하였으며, 고형물 함량의 증가에 따라 증가하였으나, 유동거동지수는 온도 및 고형물 함량에 거의 영향을 받지 않았다. 급속동결 분말고추장과 완만동결 분말고추장의 리올리지 성질은 큰 차이가 없었다.

문 헌

1. 민철기 : 한국특허 제895호 (1966)
2. 박태원, 김순찬 : 한국특허 제1570호 (1959)
3. 윤일섭 : 한국특허 제114호 (1968)
4. 김공환, 전재근 : 한국식품과학회지, 7 (2), 69 (1975)
5. 이영춘 : 식품화학, 14 (4), 39 (1981)

6. 전재근, 목철균, 장규섭 : 한국식품과학회지, 11 (3), 157 (1979)
7. 변유량, 이신영, 이상규, 유주현, 권윤중 : 한국식품과학회지, 12 (1), 18 (1980)
8. Lewis, J.I. and Shoemaker, C.F.: *J. Food Sci.*, 49, 741 (1984)
9. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., (1980)
10. Balnaceds, E., Rha, C.K. and Huang, F.: *J. Food Sci.*, 38, (1973)
11. Tiu, C. and Boger, D.V.: *J. Texture Studies*, 5, 329 (1974)
12. Petrellis, N.C. and Flumerfelt, R.W.: *Can. J. Chem. Eng.*, 51, 291 (1973)
13. Charm, S.E.: In *Advances in Food Research*, Chichester, C.O.(ed), Academic Press, New York, Vol. 11, p.355 (1962)
14. Rao, M.A.: *J. Texture Studies*, 8, 135 (1977)
15. Holdsworth, S.D.: *J. Texture Studies*, 2, 393 (1971)
16. Pitsilis, J.G., Brooker, D.B., Walton, H.V. and Cotterill, O.J.: *Transactions of the ASAE*, 27 (FE), 300 (1984)
17. Massaguer-Roig, S., Rizvi, S.S.H. and Kosikowski, F.V.: *J. Food Sci.*, 49, 668 (1984)
18. Vital, A.A. and Rao, M.A.: *J. Food Sci.*, 49, 882 (1984)

(1986년 10월 11일 접수)