

## 농후 고추장 - 물 현탁액의 리올로지 연구

김갑수\* · 이범수\*\* · 이상귀 · 이신영

\*샘포식품공업(주), \*\*천일식품공업(주), 강원대학교 발효공학과

### Rheological Study on Concentrated *Kochujang* (Korean Red Pepper Paste)-Water Suspensions

Kap-Soo Kim\*, Beom-Soo Lee\*\*, Sang-Gyou Lee and Shin-Young Lee

\*Sampyo Foods Ind. Co., Ltd., \*\*Cheonil Foods Ind. Co., Ltd.

Department of Fermentation Engineering, Kangweon National University, Chuncheon

#### Abstract

The rheological properties of concentrated *Kochujang* (Korean red pepper paste)-water suspensions were investigated. The rheological behavior of *Kochujang*-water suspension was illustrated by Herschel-Bulkley equation. All *Kochujang*-water suspensions with 12.5-100% of water addition showed pseudoplasticity in yield stress at the shear rate range of 0.25-179.20  $\text{sec}^{-1}$ , but at the shear rate above 5.16  $\text{sec}^{-1}$ , more shear thinning behavior was observed with increasing shear rate. Also, pseudoplasticity of the suspension became weak by increasing water addition and decreasing temperature. The temperature dependence of consistency index on *Kochujang*-suspension was very low and the values of consistency index was lowered by increasing solid contents, but as heating, the values of that was increased. It was suggested that the main components responsible for rheological behavior of the suspensions at high temperature might be undigested starch or protein in *Kochujang*. Also, the changes of rheological behavior with vinegar addition was only due to dilution effect.

Key words: *Kochujang*, concentrated suspension, rheological property

#### 서 론

고추장은 우리 고유의 전통 발효식품으로 입안에서의 느낌(mouthfeel), 전성(spreading) 등 관능평가나 혼합, 주입 등 기계적 처리 또는 살균 등 열처리 공정의 설계시 리올로지 성질에 관한 광범위한 이해가 필요한 식품이다.

그러나 고추장은 50% 내외의 높은 수분함량을 갖는 반고체식품이므로 다른 반고체식품과 마찬가지로 리올로지 성질 측정상의 제한 및 복잡성<sup>(1-3)</sup>으로 이에 대해 충분히 이해하지 못하고 있는 실정이다.

그동안 고추장의 리올로지 관련 연구로는 변들<sup>(4)</sup> 및 김들<sup>(5)</sup>의 보고가 있지만 모두 시간의존특성의 이론적 해석에 국한하였고, 또 실제 가공조건과는 큰 차이를

보이는 2  $\text{sec}^{-1}$  이하의 매우 낮은 전단속도 조건하에서 수행되었으므로 공학적 응용의 기초자료로 활용하기에는 미흡한 점이 많다.

더구나 생고추장 그대로 보다는 초고추장 등과 같이 점성이 농후한 상태로 이용되는 점도 충분히 검토하지 못하였으므로 정량적인 검토의 필요성이 매우 높다.

그러므로, 본 연구에서는 2종의 시판 고추장을 시료로 여러 농도범위의 농후한 물 현탁액을 조제하고 이들의 리올로지 거동을 회전점도계로 넓은 전단속도범위에서 조사하고자 하였다. 즉, 시료 고추장 현탁액의 전단응력-전단속도관계를 농도, 온도, 가열시간 및 식초첨가 등의 매개변수함수로서 측정하였으며 이로부터 고추장 현탁액의 리올로지 특성을 규명함으로써 각종 공학적 응용 및 해석을 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

Corresponding author: Shin-Young Lee, Department of Fermentation Engineering, Kangweon National University, Chuncheon 200-701

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 재료는 총 고형분함량이 50% 내외인 시판 소맥 및 찹쌀의 포장고추장이다. 포장단위별 품질의 오차를 줄이기 위하여 각 제조회사별 시료 전체를 균일하게 혼합한 후 5°C의 냉장실에 보관하면서 실험에 사용하였다.

시료의 조제

생고추장 또는 생고추장에 12.5-100%의 증류수를 가하고 homogenizer로 3000 rpm의 속도에서 5분간 분리수가 없는 상태로 균질화하여 그대로 또는 95°C에서 일정시간(0-40분) 가열한 후 리올로지 특성의 측정시료로 하였다. 이 때 식초점가의 영향을 검토할 경우는 균질화시 식초를 고추장에 대하여 2.5-20% 첨가하여 조제한 다음 시료로 사용하였다.

리올로지 특성의 측정 및 특성값의 산출

시료의 리올로지 특성은 회전점도계(Brabender Viscotron)를 사용하여 다음과 같이 측정하였다. 즉, 측정용컵(E<sub>17</sub>)에 각 시료 현탁액을 스피ن들의 표면에 일치하도록 넣고 소정의 일정온도(30-70°C)로 5분간 평형시킨 다음 회전수를 0-128 rpm으로 변화시키면서 대응하는 토오크값의 변화를 x-y-t 기록계로 자동기록하였다. 한편, 리올로지 특성값은 다음 식(1)의 Herschel-Bulkley 식<sup>(6)</sup>을 사용하여 산출하였으며 이 때 이 식에 포함된 항복응력의 값은 식 (2)의 Casson 식<sup>(7)</sup>에 의하여 구하였다.

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

$$\sqrt{\tau} = \mu_c \sqrt{D} + \sqrt{\tau_y} \tag{2}$$

여기서  $\tau$ 와  $\tau_y$ 는 각각 전단응력(Pa) 및 항복응력(Pa)이며 D는 전단속도(sec<sup>-1</sup>), K는 점조도지수(Pa·sec<sup>-n</sup>), n은 유동지수(-),  $\mu_c$ 는 Casson 점도(Pa·sec<sup>1/2</sup>)이다. 이밖에 다른 리올로지 상태방정식의 적용은 Brabender사의 프로그램<sup>(8)</sup>을 이용하여 점도계에 부착된 컴퓨터(CBM 4032)로 해석하였다.

결과 및 고찰

유동거동

2종의 생고추장에 12.5-100%의 증류수를 가수하여 조제한 각 고추장 현탁액의 유동곡선을 30°C에서 조사한 결과는 Fig.1과 같다.

시료 모두 비뉴우튼유체의 거동을 보였으며 가수량이 많을수록 즉, 저농도 현탁액일수록 전단속도에 대한 전단응력의 증가율이 작아져 저농도 현탁액일수록 유동성이 좋아짐을 보였다. 또 이러한 경향은 소맥고추장보다는 찹쌀고추장의 경우가 현저하여서 찹쌀고추장이 가수로 유동이 크게 향상됨을 보였다. 유동거동을 더욱 정량적으로 조사하기 위하여 각종 리올로지 상태방정식의 적용을 시도하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. Herschel-Bulkley 식의 적용이 가장 높은 상관계수값을 나타내었으며 따라서 고추장 현탁액의 유동거동은 이 식에 잘 따름을 알 수 있었다. 그러나, Fig.2에서 볼 수 있는 바와 같이 log( $\tau - \tau_y$ ) vs. log D의 관계는 기울기가 서로 다른 2개의 직선관계를 보여서 전단응력의 전단속도의존성은 서로 다름을 보였다. 이러한 현상은 케찹, 머스타드, 사과소스, 토마토페이스트 등의 반고체식품에서 보고<sup>(1,9)</sup>되었고 일부 측쇄잔기를 갖는 미생물다당의 경우에서도 보고<sup>(10,11)</sup>된 바 있으며 기울기의 변화는 낮은 전단속도 영역에 비해 높은 전단속도

Table 1. Model parameters for rheological properties of Kochujang at the of 0.25-5.60 sec<sup>-1</sup>

Materials	Model parameters															
	Newtonian/Bingham			Casson			Steiger-Ory			Ostwald de waele			Herschel-Bulkley			
	Viscosity (Pa·s)	Yield value (Pa)	R <sup>2a)</sup>	Viscosity (Pa·s) <sup>1/2</sup>	Yield value (Pa)	R <sup>2</sup>	Zero viscosity (Pa·s)	Newtonian term	R <sup>2</sup>	Ostwald base (Pa·s <sup>-n</sup> )	Flow index (-)	R <sup>2</sup>	Consistency index (Pa·s <sup>-n</sup> )	Flow index (-)	Yield value (Pa)	R <sup>2</sup>
Sample W <sup>b)</sup>	9.71	95.66	0.706	4.37	69.05	0.818	15.56	-1.875×10 <sup>-3</sup>	0.668	52.75	0.51	0.796	77.92	0.57	54.48	0.965
Sample R <sup>c)</sup>	11.65	171.75	0.764	4.73	100.40	0.764	21.43	-2.478×10 <sup>-3</sup>	0.557	78.99	0.58	0.776	88.36	0.67	110.63	0.975

a) Correlation coefficient.  
 b) Kochujang fermented with wheat flour as raw materials.  
 c) Kochujang fermented with glutinous rice flour as raw materials.

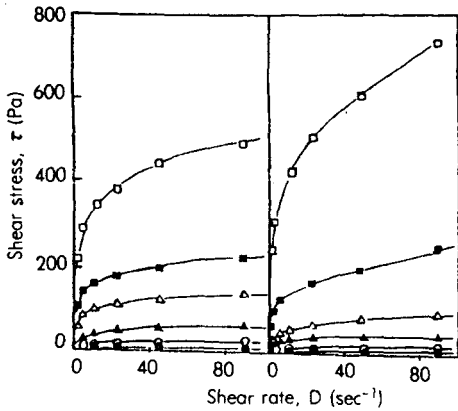


Fig. 1. Flow curves of suspensions of Kochujang fermented with wheat flour (left) and glutinous rice flour (right) with different water additions at 30°C.

- Kochujang: Water (1:0) suspension
- Kochujang: Water (1:0.125) suspension
- △—△ Kochujang: Water (1:0.25) suspension
- ▲—▲ Kochujang: Water (1:0.50) suspension
- Kochujang: Water (1:0.75) suspension
- Kochujang: Water (1:1) suspension

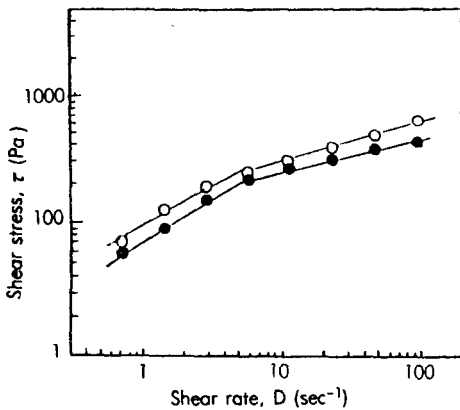


Fig. 2. Plot of shear stress ( $\tau - \tau_y$ ) vs. shear rate for Kochujang fermented with wheat flour (○) and glutinous rice flour (●).

에서 응집체의 점차적인 파괴로 인한 shear thinning 때문이라 하였다. 최근 하와 최<sup>(12)</sup>도 토마토케첩에서 이러한 현상이 20 sec<sup>-1</sup>의 전단속도를 전후로 나타남을 보고하면서 이 이하 전단속도에서는 Binghamplastic model식이 그리고 이 이상의 전단속도하에서는 Herschel-Bulkley 식이 이들의 유동거동 설명에 적합하다고 하였다.

Table 2. Rheological parameters of Kochujang-water suspensions in different amount of water addition at 30°C

Materials	Water addition (%)	Rheological parameters			Yield stress $\tau_y$ (Pa)
		Consistency index K(Pa·s <sup>-n</sup> )	Flow index n(-)		
Sample W <sup>(c)</sup>	0(Raw)	77.92 <sup>(a)</sup>	0.57 <sup>(a)</sup>	0.23 <sup>(b)</sup>	54.48 <sup>(a)</sup>
	12.5	44.87	0.62	0.26	38.46
	25	22.49	0.68	0.28	10.65
	50	8.10	0.70	0.31	1.83
	75	2.36	0.73	0.33	1.44
	100	1.57	0.76	0.36	1.30
Sample R <sup>(c)</sup>	0(Raw)	88.36	0.67	0.33	110.63
	12.5	34.27	0.68	0.31	17.13
	25	13.86	0.69	0.29	6.12
	50	7.12	0.69	0.29	3.94
	75	2.19	0.71	0.28	1.34
	100	1.44	0.72	0.27	0.60

a) Values calculated at the shear rate range of 0.25-5.60 sec<sup>-1</sup>.

b) Values calculated at the shear rate range of 5.60-179.20 sec<sup>-1</sup>.

c) For illustration of symbols, see Table 1.

Herschel-Bulkley 식을 적용하여 유동지수 n 및 K 값을 구하였으며 그 결과를 Casson 식으로 구한 항복 응력  $\tau_y$  값과 함께 Table 2에 나타내었다.

가수량에 상관없이 항복응력이 존재하였으며 n 값은 1보다 작아서 시료현탁액 모두 항복응력을 갖는 의가소성유체의 거동을 보였다. 찹쌀고추장의 경우 높은 전단속도 영역에서 가수로 가소성이 강해지는 경향을 보였으나 나머지의 경우 모두 가수량이 증가할수록 n 값이 증가하고 의가소성이 약해지는 일반적 경향을 나타내었고 따라서 가수로 의가소성을 조절할 수 있음을 보였다. 일반적으로 n 값은 응집구조의 전단속도의존성을 나타내는 지표이므로<sup>(13)</sup> 고농분함량이 증가할수록 n 값이 감소한 것은 고농도일수록 응집구조의 전단속도의존성이 커서 응집구조의 강도가 약해짐을 의미하는 것으로 볼 수 있다. 이는 고농도 영역에서는 고추장량에 대한 물량이 상대적으로 적어서 응집에 필요한 물의 부족으로 충분한 물의 흡수, 팽윤이 이루어지지 못하였기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 항복응력값을 살펴보면 시료 모두 가수량이 증가할수록 현저한 감소경향을 보여서 고농도현탁액일수록 입자간 결합력 등의 구조형성의 정도가 커짐을 보였다.

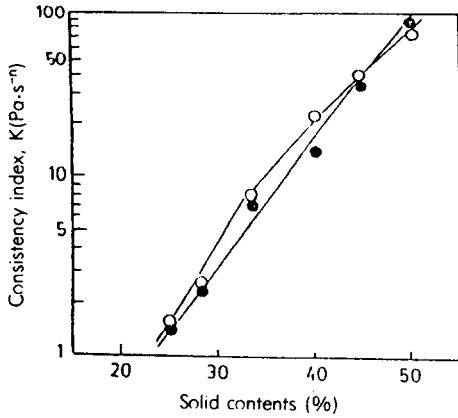


Fig. 3. Consistency index of Kochujang-water suspension for solid contents.

○—○ Kochujang fermented with wheat flour  
●—● Kochujang fermented with glutinous rice flour

한편, 점조도지수 K 값의 경우는 Fig. 3에서와 같이 고형분농도에 대한 log K 값으로 도시한 결과 단일 또는 두 개의 직선관계를 나타내어 지수함수의 관계가 있음을 보였다. 일반적으로 K 값과 농도 사이의 지수함수관계는 대부분의 다른 식품계에서도 잘 성립하며 두 개의 직선관계를 나타낼 경우 직선의 기울기가 달라지는 농도에서 구조적 특성이 변하는 것으로 보고<sup>(14)</sup>되고 있다.

따라서 소맥고추장의 경우 가수량 50% 이상에서 이러한 구조적 변화를 일으키는 것으로 생각된다.

온도의존성 및 가열의 영향

가수량 50% 이내의 농후 현탁액은 생고추장과 점도 특성의 구조적 변화를 일으키지 않을 것으로 예측되었으므로 이 농도범위의 일정가수량 기준(25% 및 50%) 하의 현탁액에 대한 리올로지 특성값의 측정온도의존성을 생고추장을 대조로 하여 조사하였으며 그 결과는 Table 3과 같다.

n 값은 생고추장의 경우 온도증가에 따라 감소하여 의가소성이 강해짐을 보였고, 가수량 25% 및 50% 현탁액의 경우도 낮은 전단속도하의 찹쌀고추장을 제외한 나머지 모두에서 마찬가지로 경향을 보여서 온도증가로 응집구조가 형성됨을 보였다.

한편,  $\tau_y$  및 K 값도 온도증가에 따라 감소하는 일반적인 경향을 보였으며 특히 K 값이 더욱 현저하였다. K 값의 온도의존성을 더욱 상세히 알아보기 위하여 log K와 1/T의 관계를 조사하였으며 그 결과를 Fig. 4에

Table 3. Effect of temperature on rheological parameters of concentrated Kochujang-water suspensions

Materials	Water addition (%)	Temp. (°C)	Rheological parameters <sup>a)</sup>			
			K(Pa·s <sup>-n</sup> )	n(-)	$\tau_y$ (Pa)	
Sample W <sup>a)</sup>	0	30	77.92	0.57	0.23 <sup>b)</sup>	54.48
		50	63.15	0.56	0.22	32.64
		60	58.75	0.53	0.20	20.35
		70	55.02	0.52	0.20	18.20
	25	30	22.49	0.68	0.28	10.65
		50	13.27	0.68	0.27	9.10
		60	11.28	0.66	0.24	8.75
		70	7.59	0.60	0.23	8.29
	50	30	18.30	8.10	0.70	0.31
		50	4.15	0.70	0.30	1.33
		60	3.86	0.68	0.27	1.27
		70	1.97	0.65	0.26	0.99
Sample R <sup>b)</sup>	0	30	88.36	0.67	0.33	110.63
		50	76.14	0.63	0.30	82.37
		60	74.25	0.62	0.28	40.24
		70	71.25	0.60	0.27	28.90
	25	30	13.87	0.69	0.29	6.12
		50	9.19	0.76	0.28	5.76
		60	8.89	0.75	0.25	4.71
		70	8.16	0.76	0.24	3.62
	50	30	7.12	0.69	0.29	3.94
		50	5.02	0.78	0.23	2.17
		60	4.61	0.80	0.22	1.81
		70	4.38	0.82	0.22	1.04

a), b) For illustration of symbols, see Table 2 and Table 1, respectively.

나타내었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 단일 또는 기울기가 서로 다른 두 개의 직선관계를 보여서 Arrhenius 식에 잘 적용되었다. 직선의 기울기로부터 활성화에너지값을 구하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 찹쌀고추장의 활성화에너지는 소맥고추장의 활성화에너지보다 작아서 찹쌀고추장의 온도의존성이 낮음을 보였으나 두 시료 모두 가수량이 증가함에 따라 활성화에너지값은 다소 증가하여 농도가 높을수록 감소하는 특성을 보였다. 이러한 현상은 konjac 정분 줄에서도 보고<sup>(13)</sup>되었는데 이는 고농도현탁액일수록 응집구조가 약해지기 때문인 것으로 생각된다. 가수량이 증가할수록 의가소성에 약해졌던 결과(Table 2)와도 잘 일치한다. 한편, 찹쌀고추장의 경우는 소맥고추장과는 달리 50°C 부근에서 기울기가 달라져 활성화에너지값이 변함을 보였다. 일반적으로 활성화에너지는 유동기구와 분

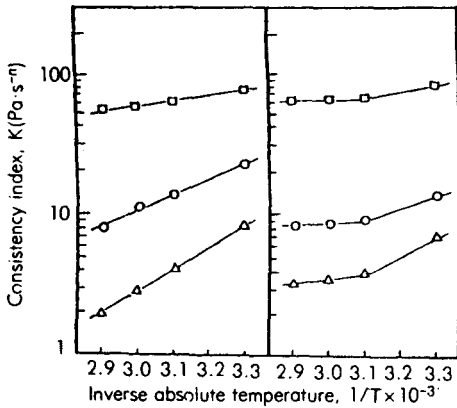


Fig. 4. Arrhenius plots for suspensions of Kochujang fermented with wheat flour (left) and glutinous rice flour (right) with different water additions.

- Kochujang:Water (1:0) suspensions
- Kochujang:Water (1:0.25) suspensions
- △—△ Kochujang:Water (1:0.5) suspensions

Table 4. Flow activation energies of concentrated Kochujang-water suspensions at 30-70°C

Materials	Water addition (%)	Activation energy (Kcal/g.mol)	
		30-50°C	50-70°C
Sample W <sup>a)</sup>	0	1.51	1.51
	25	5.17	5.17
	50	7.20	7.20
Sample R <sup>a)</sup>	0	2.56	1.08
	25	4.07	1.18
	50	5.56	1.91

a) For illustration of symbols, see Table 1.

자구조와의 관계를 고찰하는 유용변수로 이와 같이 기울기가 달라지는 경우는 그 굴곡점 온도에서 입체구조의 변화 또는 유동기구가 달라짐을 의미한다<sup>(10)</sup> 따라서 찹쌀고추장의 이러한 현상은 전분의 호화와 관련되는 것으로 생각된다. 50°C 이상에서는 고추장 중의 미분해 전분이 호화됨에 따라 K 값이 증가되어서 온도증가에 따른 K 값의 감소효과를 상쇄시켜서 기울기값이 작아지고 따라서 활성화에너지값이 낮아졌다고 볼 수 있다. 이는 Table 5의 가열시간에 따른 영향을 살펴보면으로써 더욱 상세히 알 수 있다. 즉, n 값은 Table 4의 경향과 비슷하나  $\tau_v$  및 K 값은 가열시간에 따라 증가되어 구조가 형성됨을 알 수 있는데 소맥고추장에서는 아

Table 5. Effect of heating time on rheological parameters of concentrated Kochujang-water (1:0.25) suspensions

Materials	Heating time(min.)	Rheological parameters <sup>a)</sup>			
		K(Pa·s <sup>-n</sup> )	n(-)	$\tau_v$ (Pa)	
Sample W <sup>b)</sup>	0	22.49	0.68	0.28	10.66
	10	22.72	0.66	0.26	12.56
	25	23.10	0.61	0.21	14.92
	40	23.57	0.60	0.22	16.49
Sample R <sup>b)</sup>	0	13.87	0.69	0.29	6.12
	10	19.75	0.72	0.30	8.48
	25	23.98	0.75	0.26	8.65
	40	27.27	0.77	0.25	10.01

a),b) For illustration of symbols, see Table 2 and Table 1, respectively.

Table 6. Effect of vinegar on rheological parameters of concentrated Kochujang-water (1:0.25) suspensions

Materials	Vinegar(%)	Rheological parameters <sup>a)</sup>			
		K(Pa·s <sup>-n</sup> )	n(-)	$\tau_v$ (Pa)	
Sample W <sup>b)</sup>	0(Raw)	22.49	0.68	0.28	10.65
	2.5	18.62	0.71	0.29	8.36
	5.0	17.15	0.70	0.28	8.31
	7.5	15.94	0.71	0.28	8.25
	10.0	14.73	0.72	0.30	7.80
Sample R <sup>b)</sup>	20.0	11.52	0.73	0.31	6.55
	0(Raw)	13.87	0.69	0.29	6.12
	2.5	12.18	0.69	0.29	5.35
	5.0	10.79	0.68	0.29	5.04
	7.5	9.69	0.67	0.30	4.56
	10.0	8.77	0.67	0.31	4.27
	20.0	7.90	0.70	0.30	2.51

a),b) For illustration of symbols, see Table 2 and Table 1, respectively.

마도 단백질의 응고에 기인하는 것으로 보이는 K 값의 미미한 증가를 나타내어 낮은 온도의존성을 보였다. 그러나 찹쌀고추장의 경우는 K 값의 현저한 증가를 보여 가열 40 분 후 약 2 배까지 증가하므로써 높은 온도의존성을 보였다. 이는 50°C 이상에서부터 전분의 흡수, 팽윤 및 호화로 강한 응집구조가 형성되었기 때문이라 볼 수 있으며 따라서, 이에 기인한 K 값의 증가가 측정온도 증가에 따른 K 값의 감소를 상쇄시켜 전체적으로 이러한 전분의 팽윤, 호화를 일으키는 50°C 이상에서 낮은 활성화에너지값을 보인 것으로 생각된다.

식초첨가의 영향

초고추장 등에서와 같이 실제 소비자 측면의 관점에서 식초첨가가 고추장의 유동거동에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 6 과 같다. 두 시료 모두 시료간의 차이없이 n 값은 거의 변하지 않았고  $\tau_y$  값은 매우 미미한 감소를 보였다. 이들 값은 응집 또는 구조형성과 밀접한 관련을 가지므로 이들의 변화가 미미하였음은 응집이나 응집구조의 변화가 없었음을 의미한다. 그러나 농도와 밀접한 관련을 갖는 K 값은 식초첨가로 감소경향을 보였으며 20%의 식초첨가는 무첨가시의 약 1/2 까지 감소하였다. 따라서 식초첨가에 의한 유동거동의 변화는 주로 회석효과에 의한 것으로 판단되었다.

요 약

농후 고추장-물 현탁액의 리올로지 거동을 검토하였다. 리올로지 거동은 Herschel-Bulkley 식에 적합하였다. 가수량 12.5-100%의 모든 고추장 현탁액은 전단속도 0.25-179.20 sec<sup>-1</sup>에서 항복응력을 갖는 의가소성을 보였으며, 전단속도 5.16 sec<sup>-1</sup> 이상에서는 전단속도가 증가함에 따라 의가소성이 더욱 증가함을 보였다. 또, 이들 의가소성은 가수량의 증가 및 측정온도의 감소로 더욱 약해졌다. 고추장 현탁액의 점조도지수에 대한 온도의존성은 매우 낮았으며 점조도지수값은 고형분 함량의 증가로 낮아졌으나 가열로 증가되었다. 고온에서의 리올로지 거동에 대한 주요인 성분은 발효 중의 미분해 전분 또는 단백질인 것으로 추정되었으며, 식초첨가에 의한 리올로지 거동의 변화는 단지 회석효과에 기인하였다.

문 헌

1. Dervisoglu, M. and Kokini, J.L.: Steady shear rheology and fluid mechanics of four semi-solid foods. *J. Food Sci.*, **51**, 541 (1968)
2. Dzuy, N.Q. and Boger, D.V.: Yield stress measurements of concentrated suspensions. *J. Rheol.*, **27**, 321 (1983)
3. Chong, J.S., Christiansen, E.B. and Baer, A.D.: Rheology of concentrated suspensions. *J. Appl. Polym. Sci.*, **15**, 2007 (1971)

4. Pyun, Y.R., Lee, S.Y., Lee, S.K., Yu, J.H. and Kwon, Y.J.: Studies on flow characteristics of red pepper pastes. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **12**, 18 (1980)
5. Kim, S.S., Chang, K.S., Yoon, H.K., Lee, S.K. and Lee, S.Y.: Rheological properties of rehydrated suspensions freeze dried Kochujang powders. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19**, 81 (1987)
6. Holdsworth, S.D.: Applicability rheological models to the interpretation of flow and processing behavior on fluid food products. *J. Text. Studies*, **2**, 393 (1971)
7. Casson, N.: A flow equation for pigment-oil suspensions of the printing ink type. In *Rheology of disperse systems*, Mill, C.C. (ed), Pergamon press, London, pp. 84-104 (1959)
8. Schöne, L.: Presentation of flow laws in rheology by rotational rheometer. *Brabender's technical bulletin*, Brabender (1984)
9. De Kee, D. Code, R.K. and Turcotte, G.: Flow properties of time dependent food stuffs. *J. Rheol.*, **27**, 581 (1983)
10. Tako, M., Nagahama, T. and Nomura, D.: Flow properties of the viscous polysaccharide produced coryneform bacteria strain C-8. *Japanese J. Agri. Chem.*, **51**, 397 (1977)
11. Tako, M., Nagahama, T. and Nomura, D.: Non-Newtonian flow and dynamic viscoelasticity of Xanthan gum. *Japanese J. Agri. Chem.*, **51**, 513 (1977)
12. Ha, S.K. and Choi, Y.H.: Rheological characteristics and viscosity prediction models of tomato ketchup suspensions. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**, 812 (1988)
13. Ono, C. and Aizawa, I.: Rheological properties of konjac flour sol. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **30**, 13 (1983)
14. Krumel, K.L. and Sarkar, N.: Flow properties of gums useful to the food industry. *Food Technology*, **29**, 36 (1975)

(1989년 8월 12일 접수)