

전통 고추장의 레올로지 특성

김연정 · 유병승
동국대학교 식품공학과

Rheological Properties of Traditional *kochujang*

Youn-Chung Kim and Byoung-Seung Yoo
Department of Food Science and Technology, Dongguk University

Abstract

Steady shear, creep and dynamic rheological behavior of traditional *kochujang* samples were determined at various total solids contents (TS; 50, 51, 52, 54, 57%). All *kochujang* samples showed shear-thinning (pseudoplastic) flow behavior ($n=0.24-0.31$) with large consistency index ($K, 280.3-1293.3 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$) and Casson yield stress ($\sigma_c, 363.3-1176.5 \text{ Pa}$). Serum viscosity (η_{se}) correlated well with TS of *kochujang* samples ($R^2=0.97$). Storage (G') and loss (G'') moduli increased with increase in TS, while complex viscosity (η^*) decreased. Magnitudes of G' were higher than those of G'' over the entire range of frequencies (ω). There were good linear correlations between TS and rheological properties in steady and dynamic shear. Creep-compliance technique provided reliable data on the viscoelastic behavior of *kochujang* sample at different TS.

Key words: rheological property, *kochujang*, serum viscosity, viscoelastic behavior

서 론

고추장은 된장, 간장과 더불어 우리나라 고유의 전통적인 대두발효 식품 중 모든 음식의 근본이 되는 장류로서 탄수화물의 가수분해로 된 당질의 단맛과 단백질분해로 된 아미노산의 구수한 맛, 고춧가루의 매운 맛, 소금의 짠 맛 등이 한데 어울린 조화미가 강조되고 영양적으로도 우수한 식품이다⁽¹⁾.

고추장은 전통적으로 가정에서 만들어왔으나 사회환경의 변화와 산업화 그리고 식생활의 편의화 추세에 따라서 1998년 연간 추정소비량 16만2천톤 가운데 9만2천4백톤이 공장생산을 통해 공급하여 약 57%를 점유한 것으로 나타났으며 이와 같은 추세는 계속 가속화될 전망이다^(2,3). 고추장의 품질은 제조원료, 혼합비율, 담금방법, 담금시기 등에 따라 상이하고 그 제조방법 역시 일정한 기준이 없이 지역 및 각 가정마다 다르고 또 시대의 변화에 따라 변해왔다⁽⁴⁾. 그러나 최

근 수입식품이 증가하면서 우리 식품의 경쟁력이 약화되고 있어 특유의 조미식품인 고추장도 전통식품 산업화의 일환으로 제조방법의 변화와 다양한 제품의 개발, 품질 개선 및 표준화 등을 통하여 국제 경쟁력을 높이고 앞으로 더욱 다양화되는 소비자들의 욕구를 충족시키기 위한 품질과 기능성을 강화한 제품의 다양화가 필요하다.

고추장은 제조과정 중 전분질의 호화에 의해 점성이 부여되고 고춧가루의 첨가로 인해 액체상에서 고체 입자가 분산되는 페이스트 형상을 가진 일종의 분산식품으로서 고추장의 품질평가에 레올로지 특성이 중요한 요인으로 지적되고 있다⁽⁵⁾. 외국에서는 이러한 페이스트 식품이나 소스류 식품의 품질개선을 위해 많은 레올로지 특성 연구가 지속적으로 진행되어 왔다. 특히 고추장의 레올로지 특성 연구는 가공공장에서의 펌프의 동력량 및 압력차 등과 같은 처리조작, 품질관리 및 관능분석 등에 고추장의 레올로지 특성 연구가 유용하게 적용될 수 있으며, 항복응력과 shear-thinning non-Newtonian 유체성질을 가지고 있는 고추장은 스푼이나 야채 등에 고추장을 묻혔을 때 일정한 형태를 유지할 수 있어야 하고 비빔식품에 대해서 퍼짐성 (spreading)이 우수해야 하는 특성 때문에 바람직한 품

Corresponding author : Byoung-Seung Yoo, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, 3 Pil-dong, Chung-gu, Seoul 100-715, Korea
Tel : 82-2-2260-3368
Fax : 82-2-2264-3368
E-mail : bsyoo@dgu.ac.kr

질특성을 가진 고추장의 제조를 위해 체계적인 고추장의 레올로지 특성 연구가 요구된다.

지금까지의 고추장의 레올로지 특성에 대한 연구는 그 동안 이화학적 특성연구의 일부분으로 숙성기간에 따른 단순점도만이 측정되었으며^(6,7), 단지 최근 Yoo 등⁽⁴⁾이 숙성기간에 따른 고추장의 유동 특성변화가 연구되었다. 그러나 연구자에 따라 점도 측정치에 대해 큰 차이를 보여주고 있어 체계적인 레올로지 특성 연구가 요구되고 있다. 특히 고추장은 여러 성분들을 함유하고 있는 복합시스템으로서 복잡한 구조를 가지고 있기 때문에 고추장의 원료 구성 성분의 비율과 농도에 따라 레올로지 특성이 크게 변화한다. 따라서 본 연구에서는 고추장의 레올로지 특성을 보다 정확하게 이해하기 위해 여러 농도의 고추장을 제조하여 유동 특성, 정적 및 동적점탄특성을 관찰하므로써 농도를 달리한 고추장의 레올로지 특성변화를 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 고추장 제조용 원료는 일직농업 협동조합의 안동청결고춧가루(수분함량 14.0%)와 고향식품의 엿기름가루, 찹쌀가루(수분함량 13.0%), 메주가루(수분함량 5.2%)를 사용하였으며 식염은 유진염업의 유진 꽃소금을 농업협동조합에서 구입하여 사용하였다.

고추장 담금 및 숙성

엿기름 가루를 1시간 동안 침지하고 60°C에서 1시간 동안 가열하여 효소추출을 유도하고 이를 압착하여 전분질원료인 찹쌀가루의 약 3배의 엿기름물을 만든다. 여기에 찹쌀가루를 넣어 4시간 동안 삭힌 후 가열하여 전분질을 호화 및 당화시켰으며, 여기에 단백질원료인 메주가루와 고춧가루, 소금을 섞어 고추장을 만들었다⁽⁵⁾. 농도를 달리한 고추장 시료들의 제조는 총 고형분 함량(total solid content, TS)이 57%인 표준 고추장을 제조한 후 수분을 보정하여 농도별로 5종류의 고추장(TS: 51~57%)을 제조하였으며 담금에 사용한 배합 비율은 Table 1에 나타내었다. 제조된 고추장은 25°C 항온기에서 14주 동안 숙성시킨 후 분석 실험하였으며, 각 시료의 수분함량은 105°C 통풍상압 건조법으로 측정하였다.

정상유동특성 측정

고추장의 유동특성은 non-Newtonian 레올로지 모델식으로 부터 레올로지 매개변수들을 구하였다. 실험은

Table 1. The mixing ratio of raw materials for the preparation of a traditional *kochujang*

Raw materials	Mixing ratio(%)
Glutinous rice	23.0
Meju powder	8.7
Red pepper powder	17.3
Salt	8.2
Water+malt ext.	42.8
Total	100.0

TA Rheometer(AR 1000, TA Instruments Inc., USA)의 plate-plate(직경 4 cm) system을 사용하여 1000 μm 의 간격으로 25°C에서 실험하여 얻은 전단응력(σ)과 전단속도($\dot{\gamma}$)로부터 power law 모델식(식 1)과 Casson 모델식(식 2)에 의하여 레올로지 매개변수들을 결정하였다.

$$\text{Power law 모델: } \sigma = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

$$\text{Casson 모델: } \sigma^{0.5} = K_{\infty} + K_c \dot{\gamma}^{0.5} \quad (2)$$

여기서 $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(s^{-1}), σ 는 전단응력(Pa), K는 점조도지수(consistency index, $\text{Pa} \cdot \text{sec}^n$), n은 유동성지수(flow behavior index, dimensionless), Casson 항복응력 $\sigma_{\infty} = (K_{\infty})^2$, Casson 점도 $\eta_c = K_c^2$ 이다. 겔보기점도(apparent viscosity, $\eta_{a,5}$)는 전단속도 5 s^{-1} 에서 $\eta_a = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$ 로부터 결정되었다. Casson 점도는 shear thinning 분산물질의 infinite shear viscosity(η_{∞})와 동등하기 때문에 분산식품에 대해 유용하게 사용될 수 있다^(8,9).

Serum 점도 측정

고추장의 serum은 원심분리기(HMR-220IV, Haniil Industrial Co., Korea)를 사용하여 4°C, 10000×g에서 4시간 동안 원심분리하여 serum을 분리하였다. 분리된 serum은 Cannon Fenske 모세관 점도계(No. 100, Cannon Instrument Co., USA)를 사용하여 25±0.1°C 항온수조에서 점도를 측정하였다.

동적점탄성 및 정적점탄성 측정

동적점탄성(dynamic viscoelasticity test) 및 정적점탄성(static viscoelasticity test)의 측정은 정상유동특성과 같은 실험조건에서 수행되었다. 실험에 앞서 변형력과 변형률 사이에 선형관계가 나타나는 구간을 결정하기 위해 5 Hz에서 torque sweep가 수행되었으며, 여기서 선형점탄성 구간에 있는 200 Pa의 변형력이 결정되어 이 변형력에서 고추장의 점탄성 수치들이 얻어졌다.

동적 점탄성 실험은 0.1-10.0 Hz 범위내에서 저장탄성률(storage modulus, G'), 손실탄성률(loss modulus,

Table 2. Effect of total solid content(%) on power law model parameters(K, n), apparent viscosity($\eta_{a,s}$) and Casson model parameters(σ_{oc} , η_c) of kochujang samples

Total solid(%)	K(Pa · sn)	$\eta_{a,s}$ (Pa · s)	n(-)	σ_{oc} (Pa)	η_c (Pa · s)
50.4	280.3 ± 15.5	92.4 ± 4.1	0.31 ± 0.01	363.3 ± 45.8	1.53 ± 0.12
51.1	512.0 ± 5.9	159.7 ± 2.1	0.28 ± 0.01	563.2 ± 26.6	2.14 ± 0.38
52.2	741.7 ± 10.8	222.8 ± 2.7	0.25 ± 0.01	696.9 ± 29.5	3.20 ± 0.32
54.3	996.6 ± 30.0	296.0 ± 7.2	0.25 ± 0.00	891.4 ± 25.9	4.70 ± 0.46
57.0	1293.3 ± 10.8	381.8 ± 4.0	0.24 ± 0.00	1176.5 ± 27.2	5.08 ± 0.63

G") 및 복소점도(complex viscosity, η^*)가 측정되었으며, 정적 점탄성 실험은 120초 동안 일정한 변형력(200 Pa)을 가하여 시간에 따른 변형률의 변화를 측정하였다. 이들 고추장의 동적 점탄성 및 정적 점탄성 측정 데이터는 TA Rheometer Data Analysis Software (version VI.1.76)에 의해 각각 계산되었다.

결과 및 고찰

Shear-thinning 거동

Table 2는 농도에 따른 고추장의 유동특성을 전단응력과 전단속도로 부터 power law 모델식과 Casson 모델식을 적용하여 유동특성 매개변수들을 구하였다. Power law 모델에 의한 유동성 측정에서 농도가 다른 고추장 시료에 대한 유동성지수(n)는 1.0보다 훨씬 낮은 0.24-0.31의 범위를 나타내고 있어 고추장은 명백한 shear-thinning(pseudoplastic) 유체임을 알 수 있었다. 고형물 함량(TS)이 증가함에 따라 n값은 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 고추장의 TS가 증가함에 따라 보다 강한 shear-thinning 유체 성질을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 이와같은 유체거동은 입자간의 상호결합에 의한 입자들의 응집으로 설명될 수 있으며 입자간의 결합이 강하면 강할수록 응집된 입자의 수는 증가하게 된다⁽¹⁰⁾. 또한 전단속도가 증가함에 따라 이들 응집입자의 수는 감소하게 되고 그 결과 분산식품에 대해 shear-thinning 거동이 초래하게 된다. 따라서 고추장의 TS가 증가함에 따라 강한 shear-thinning 거동을 나타내는 것은 고추장의 농도가 증가함에 따라 입자간에 결합이 보다 강해지기 때문인 것으로 설명될 수 있다.

고추장의 농도가 점조도 지수, 걸보기 점도, Casson 항복응력 및 Casson점도에 미치는 영향

Table 2에서 보여주고 있듯이 고추장의 TS가 증가함에 따라 점조도지수(K), 걸보기점도($\eta_{a,s}$) 및 Casson 항복응력(σ_{oc})이 증가하는 경향을 나타냈다. 고추장의 TS와 점조도지수(K) 및 걸보기점도($\eta_{a,s}$)와의 상관관계

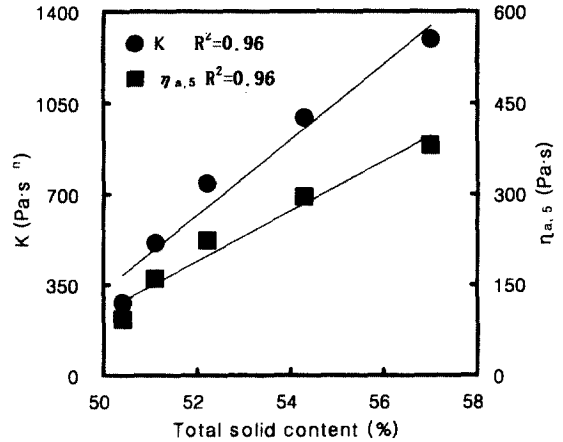


Fig.1. Effect of total solid content on consistency index(K, Pa.sⁿ)(●) and apparent viscosity($\eta_{a,s}$, Pa.s)(■) of kochujang samples.

에서는 K와 $\eta_{a,s}$ 모두 높은 결정계수($R^2=0.96$)를 보여 주면서 좋은 상관관계를 나타냈다(Fig. 1). 이와같은 결과는 Jinescu⁽¹¹⁾의 연구결과에 의하면 입자농도가 증가 즉, 단위 부피당 입자수의 증가로 인해 입자간의 상호 결합이 보다 강해지고 이로 인해 점도가 증가하는 것으로 설명되고 있다. 따라서 고추장의 TS가 증가함에 따라 서로 접촉되는 입자의 수가 증가하여 입자간의 결합이 강해지고 그 결과 K와 $\eta_{a,s}$ 의 수치는 증가하게 된다.

Casson 모델식에서의 Casson 항복응력(σ_{oc})과 Casson 점도(η_c)는 TS가 증가함에 따라서 증가하는 경향($R^2=0.97, 0.91$)을 뚜렷하게 보여주었다(Fig 2). Metzner⁽¹²⁾와 Krieger⁽⁹⁾는 분산계에서의 높은 항복응력은 입자간의 결합에 의해 초래된다고 보고하고 있다. 따라서 높은 농도의 고추장이 높은 항복응력을 나타내는 것은 낮은 농도의 고추장에 비해 보다 강한 입자결합을 형성하고 있기 때문인 것으로 판단된다. η_c 는 shear thinning 분산물질의 infinite shear viscosity (η_{∞})와 동등하며 일정 전단속도에서 에너지 소산율(energy dissipation rate)과 비례한다⁽⁸⁾. 따라서 고농도의

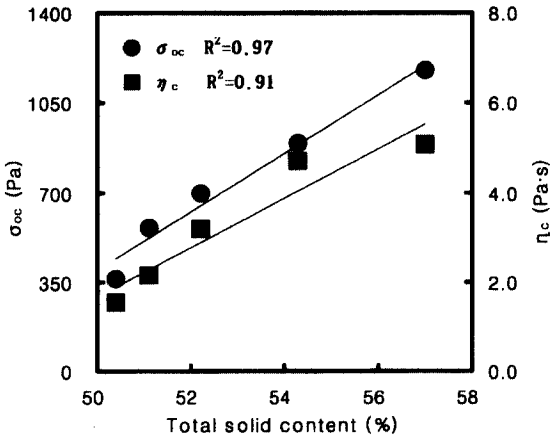


Fig. 2. Effect of total solid content(%) on Casson yield stress(σ_{oc} , Pa) (●) and Casson viscosity(η_c , Pa.s)(■) of kochujang samples.

고추장 시료에서의 η_c 의 수치가 높은 것은 고추장 내의 높은 serum 점도로 인해 에너지 소산율이 높아지기 때문이다⁽¹³⁾.

Serum 점도

고추장은 액상매개체(continuous media)인 serum과 그 속에 분산된 고형입자로 구성되어 있는 일종의 분산 식품으로서 원심분리를 통해 불용성 고형입자 (insoluble solid)와 액상 serum으로 분리되어진다. 일반적으로 분산식품에서의 유동특성은 분산 고형입자 뿐만 아니라 액상 serum에 의해서도 크게 영향을 받는다. 이와 관련된 연구결과들에 의하면 오렌지 주스, 사과소스, 농축도마토와 같은 분산식품들의 레올로지 특성은 가용성 고형물질(soluble solids) 즉, pectin과 당류로 구성되어 있는 serum의 레올로지 특성에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났다⁽¹³⁻¹⁵⁾. 숙성 고추장에서 분리된 액상 serum은 가용성 고형물질인 전분과 단백질 및 숙성 중 효소에 의한 분해산물로 구성되어 있어 고추장의 레올로지 특성은 다른 분산식품에서와 유사하게 고추장 serum에 의해 크게 영향을 받으리라 생각된다. Fig. 3은 고추장에서 분리된 serum의 점도(η_{se})와 TS에 대한 관계를 보여주고 있는데 높은 결정계수 ($R^2=0.97$)를 나타내면서 고추장의 TS가 증가함에 따라서 η_{se} 가 증가함을 보여 주었다. 따라서 η_{se} 에 관한 정보는 다른 분산식품과 같이 고추장의 레올로지 특성을 이해하는데 유용하리라 생각된다.

동적 점탄성

Fig. 4는 대표적인 고추장 시료에 대해 주파수(ω)에

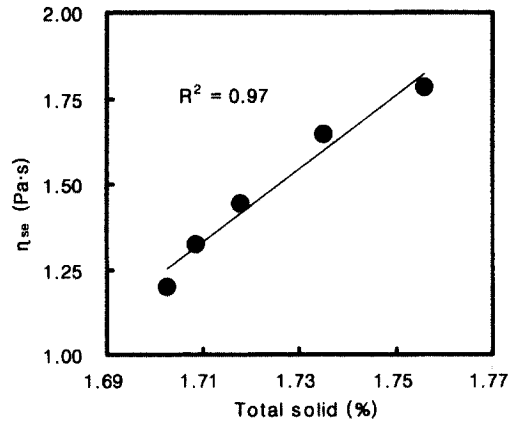


Fig. 3. Effect of total solid content(%) on serum viscosity (η_{se}) of kochujang samples.

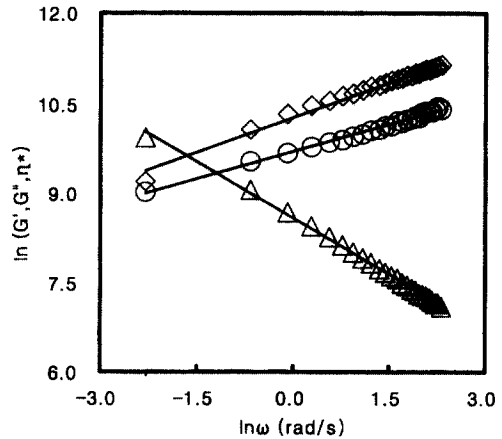


Fig. 4. Plot of $\ln \omega$, $\ln G'$ (◇), $\ln G''$ (○), and $\ln \eta^*$ (△) for a kochujang sample.

따른 저장탄성률(storage modulus, G'), 손실탄성률(loss modulus, G'') 및 복소점도(complex viscosity, η^*)의 변화를 나타낸 것이다. 적용된 ω 범위내에서 ω 가 증가함에 따라 G' 과 G'' 은 증가하였으며 G' 의 수치가 G'' 수치보다 높게 나타났다. 반면에 η^* 는 ω 가 증가함에 따라 감소하였다. Table 3는 $\ln \omega$ 와 $\ln(G', G'')$ 와의 관계식들(식 3과 4)로부터 선형회귀에 적용하여 얻어진 G' 과 G'' 의 절편(K', K''), 기울기(n', n'') 및 결정계수(R^2)를 보여주고 있으며 G' 과 G'' 모두 기울기(0.20-0.25)가 낮고 R^2 수치(= 0.94-0.99)가 높은 직선관계를 나타냈다.

$$G' = K'(\omega)^{n'} \tag{3}$$

$$G'' = K''(\omega)^{n''} \tag{4}$$

고추장의 TS가 증가함에 따라 K' 과 K'' 의 수치가 증

Table 3. Slopes (n' , n'') and intercepts (K' , K'') of $\ln(G', G'')$ versus $\ln \omega$ (frequency, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$) data of *kochujang* samples

Total solid(%)	G'			G''		
	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
50.4	13.49 ± 0.70	0.21 ± 0.00	0.99	4.38 ± 0.22	0.22 ± 0.00	0.94
51.1	18.81 ± 0.84	0.22 ± 0.00	0.99	6.30 ± 0.36	0.22 ± 0.01	0.94
52.2	28.08 ± 2.40	0.23 ± 0.00	0.99	9.63 ± 0.80	0.21 ± 0.01	0.96
54.3	37.57 ± 2.22	0.23 ± 0.02	0.99	13.62 ± 0.77	0.21 ± 0.00	0.95
57.0	47.96 ± 3.19	0.25 ± 0.00	0.99	18.09 ± 1.04	0.20 ± 0.00	0.95

Table 4. Effect of total solid content(%) on creep-compliance parameters of *kochujang* samples

Total solid(%)	$J_0(\text{m}^2/\text{N})$	$J_1(\text{m}^2/\text{N})$	$\tau_1(\text{s})$	$\eta(\text{Pa} \cdot \text{s})$
50.4	$7.03 \times 10^{-5} (2.39 \times 10^{-5})^a$	$5.28 \times 10^{-4} (3.23 \times 10^{-5})$	5.41(0.68)	$1.10 \times 10^5 (4.42 \times 10^4)$
51.1	$3.93 \times 10^{-5} (2.89 \times 10^{-5})$	$4.62 \times 10^{-4} (3.52 \times 10^{-5})$	6.60(0.35)	$4.23 \times 10^5 (3.91 \times 10^4)$
52.2	$3.46 \times 10^{-5} (3.20 \times 10^{-5})$	$3.00 \times 10^{-4} (3.80 \times 10^{-5})$	7.18(0.55)	$9.43 \times 10^5 (3.59 \times 10^4)$
54.3	$3.16 \times 10^{-5} (2.53 \times 10^{-5})$	$2.45 \times 10^{-4} (3.39 \times 10^{-5})$	7.26(0.63)	$10.59 \times 10^5 (1.71 \times 10^5)$
57.0	$2.77 \times 10^{-5} (2.85 \times 10^{-5})$	$1.90 \times 10^{-4} (1.92 \times 10^{-5})$	7.29(1.20)	$12.67 \times 10^5 (2.55 \times 10^5)$

^aNumbers in parentheses are standard deviations of parameters.

가하고 있어 고추장의 농도가 증가함에 따라 점성 및 탄성성질이 증가함을 알 수 있다. 이러한 특성은 속성 중 고추장의 동적 점탄성특성에서도 유사하게 관찰되었다⁽¹⁶⁾. 또한 고추장의 TS가 증가함에 따라 K' 수치가 K'' 수치에 비해 증가폭이 큰 것은 TS가 높을 수록 안정된 구조를 가지고 있으며 점성특성에 비해 탄성특성의 증가가 더 크다는 것을 의미한다. 이와 같이 기울기(n' , n'')가 양수이고 G' 수치가 G'' 수치보다 크기 때문에 고추장은 약한 겔과 같은 구조적 특성을 갖고 있으며⁽¹⁷⁾ 또한 shear-thinning 거동을 가지고 있음을 알 수 있다.

정적 점탄성

농도별 고추장의 creep-compliance 곡선은 순간변형이 일어나는 탄성적 부분, 지연변형이 일어나는 점탄성 부분, 흐름이 생기는 점성부분으로 나누어 분석하였다. 고추장은 4요소 모델식으로 표현될 수 있으며 아래 식에 의하여 설명되었다.

$$J(t) = J_0 + J_1(1 - e^{-t/\tau_1}) + t/\eta_N \quad (5)$$

여기서 $J(t)$ 는 시간 t 에서의 변형, $J_0(=1/G_0)$ 는 순간탄성변형(instantaneous elastic compliance), $J_1(=1/G_1)$ 은 지연탄성변형(retarded elastic compliance), τ_1 은 지연시간(retardation time)이고, η_N 는 Newtonian viscosity이다^(18,19). Compliance는 일정 응력(stress)에 대한 변형 정도를 측정하며 elastic modulus(G)의 역수를 의미한다. 따라서 compliance의 수치(J_0 , J_1)가 낮을 수록 시료는 탄성이 크고 안정된 구조를 가지고 있음을 의미한다. 고추장의 TS에 따른 정적 점탄성 곡선은 Fig. 5에 나

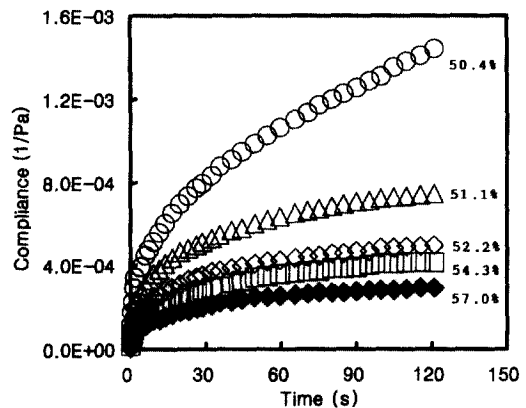


Fig. 5. Effect of total solid content(%) on creep compliance behavior of *kochujang* samples.

타냈으며, creep-compliance의 매개변수들은 Table 4에 보여주고 있다. 여기서 고추장의 TS가 증가함에 따라 J_0 와 J_1 수치가 감소하고 있음을 나타내고 있어 고추장의 TS가 증가할 수록 고추장이 보다 안정된 구조를 형성하고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 농도를 달리한 농축토마토에서도 관찰되었다^(18,20). 반면에 τ_1 과 η_N 는 TS가 증가함에 따라 높은 수치를 보여주었다. τ_1 의 값은 점도와 elastic modulus의 비로 얻어지므로 τ_1 의 값이 높다는 것은 고추장의 점도가 크다는 것을 의미한다⁽¹⁹⁾.

요 약

총고형분 함량(TS: 50~57%)을 달리하여 속성시킨 고

추장의 유동특성, 정적 및 동적점탄특성을 관찰하였다. 고추장의 TS가 증가함에 따라서 점조도 지수(K)와 겔보기 점도(η_{ls})는 증가하였으며 유동성 지수(n)는 1보다 훨씬 낮은 0.24-0.31의 범위를 나타내어 고추장은 shear-thinning 성질을 보여주었다. 고추장의 항복응력 측정에서는 고추장의 TS가 증가함에 따라 Casson 항복응력(σ_c)은 증가하는 경향을 나타내었으며, 또한 고추장의 액상 매개체인 serum 점도(η_{se})는 고추장의 TS와 매우 좋은 상관관계($R^2=0.97$)를 나타내었다. 고추장의 동적점탄성 실험에서는 주파수(ω)가 증가함에 따라 저장탄성률(G')과 손실탄성률(G'')은 증가하였으며 양(+)의 기울기로 G'수치가 G''수치보다 높게 나타났다. 이는 고추장이 약한 겔과 같은 구조적 특성을 갖고 있으며 또한 shear-thinning 거동을 가지고 있음을 나타낸다. 정적점탄성 실험에서 고추장의 총고형분 함량에 따라서 순간탄성 변형(J_0)과 지연탄성변형(J_1)은 총고형분 함량이 증가함에 따라서 감소하였으며 점도(η_v)와 지연시간(τ_1)은 증가하였다. 따라서 고추장은 농도가 증가함에 따라 보다 탄력적이며 안정된 구조를 형성하고 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었으며 이에 감사 드립니다. (KRF-99-041-G00114)

문헌

- 윤숙자. 한국의 저장 발효음식. 신광출판사. pp. 63-72 (1997)
- 한민수. 고추장 제조기술 현황과 발전방향. 우리나라 고추장 산업의 미래. 전북대학교 농업과학기술연구소 전통고추장 연구회 심포지움: 1-21 (2000)
- 한국식품년감. 농수축산신문사. pp. 624-628 (1999)
- Shin, D.H. Survey on preparation method of traditional home made *kochujang* (fermented hot pepper-soybean paste). Kor. J. Dietary Culture 10: 427-434 (1995)
- Yoo, B.S., Choi, W.S. and Ryu, Y.K. Flow properties of traditional *kochujang*: Effect of fermentation time. J. Kor. Soc. Food Nutr. 28: 554-558 (1999)
- Kang, S.G., Park, I.B. and Jung, S.T. Characteristics of fermented hot pepper soybean paste (*kochujang*) prepared by liquid beni-koji. Kor. J. Food Sci. Technol. 29: 82-89 (1997)
- Shin, D.H., Kim, D.H. Choi, U., Lim, M.S. and An, E.Y. Effect of red pepper varieties on the physico-chemical characteristics of traditional *kochujang* during fermentation. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 26: 1044-1049 (1997)
- Metz, B., Kossen, N.W.F. and van Suijdam, J.C. The rheology of mould suspensions, pp. 103-156. In: Advances in Biochemical Engineering. Springer Verlag, New York, USA (1979)
- Krieger, I.J. Rheology of polymer colloids, pp. 219-246. In: Polymer Colloids. Elsevier Applied Science, New York, USA (1985)
- Tsai, S.C. and Zammouri, K. Role of interparticular van der Waals force in rheology of concentrated suspensions. J. Rheol., 32: 737-750 (1988)
- Jinescu, V.V. The rheology of suspensions. Int. Chem. Eng. 14: 397-420 (1973)
- Metzner, A.B. Rheology of suspensions in polymeric liquids. J. Rheol. 29: 739-775 (1985)
- Yoo, B and Rao, M.A. Yield stress and relative viscosity of tomato concentrates: effect of total solids and finisher screen size. J. Food Sci. 60: 779, 785 (1995)
- Tanglertpaibul, T. and Rao, M.A. Rheological properties of tomato concentrates as affected by particle size and methods of concentration. J. Food Sci. 52: 141-145 (1987)
- Rao, M.A., Cooley, H.J., Nogueira, J.N. and Mclellan, M.R. Rheology of apple sauce: effect of apple cultivar, firmness, and processing parameters. J. Food Sci. 51: 176-179 (1986)
- Yoo, B.S. and Choi, W.S. Effect of fermentation time on rheological properties of *kochujang* in steady and dynamic shear. Food Sci. Biotechnol. 8: 300-304 (1999)
- Ross-Murphy, S.B. Rheological methods, pp. 138-199. In: Biophysical Methods in Food Research. Chan, H.W.S. (ed), Blackwell Scientific Publications, London, UK (1984).
- Yoo, B.S. and Rao, M.A. Creep and dynamic rheological behavior of tomato concentrates: Effect of concentration and finisher screen size. J. Texture Studies 27: 451-459 (1996)
- Halim, H.K. and Shoemaker, C.F. Effect of addition of α -, β -, and κ -casein, and Na-caseinate on viscoelastic properties of skim milk curd. J. Texture Studies 21: 323-337 (1990)
- Koini, J.L. and Carrillo, A.R. Effect of tomato paste on rheological properties and particle size distribution of model oil-in-water emulsions. J. Food Sci. 54:437-439 (1989)

(2000년 10월 6일 접수)