

## 숙성기간에 따른 재래 고추장의 유동성 변화

유병승<sup>†</sup> · 최원석\* · 류영기\*\*

동국대학교 식품공학과

\*고려대학교 생명공학원

\*\* (주)풀무원 기술연구소

### Flow Properties of Traditional *Kochujang* : Effect of Fermentation Time

Byoung-Seung Yoo<sup>†</sup>, Won-Seok Choi\* and Young-Ki Ryu\*\*

Dept. of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

\*Graduate School of Biotechnology, Korea Universtiy, Seoul 136-701, Korea

\*\*R&D Center, Pulmuone Co. Ltd., Seoul 120-110, Korea

#### Abstract

Flow properties of traditional *kochujang* at various fermentation times(0~12 weeks) were determined with rotational cylindrical(RC) and serrated plate-plate(PP) viscometer. Magnitudes of consistency index(K) of power law model and Casson parameters(yield stress and viscosity) measured by PP viscometer were higher than those using RC viscometer. All *kochujang* samples during fermentation were much shear-thinning with values of flow behavior index(n) as low as 0.2~0.34. K value and Casson yield stress measured by PP viscometer had good correlations( $r=0.94$ ;  $r=0.91$ ) with fermentation time. No significant changes in flow model parameters measured by RC viscometer were observed for *kochujang* during fermentation. Magnitudes of flow model parameters measured by PP viscometer more closely correlated with fermentation times of *kochujang* than did RC viscometer.

Key words: *kochujang*, flow property, viscosity, yield stress

#### 서 론

고추장은 콩으로부터 얻은 단백질과 쌀, 보리, 밀가루 등의 전분질과 고추가루 및 소금 등을 원료로 하여 효소작용에 의해 단백질 및 전분질이 저분자 물질로 분해되고, 숙성 중에 생육하는 내염성 효모와 젖산균 등에 의해 발효되는 우리 전통 발효식품이다(1). 또한 고추장은 서양식품의 조미에 주로 사용되고 있는 토마토 소스류와 같이 우리 식품제조 및 조미에 필수적인 전통 소스류 식품이라 할 수 있다.

고추장의 국내 소요량은 약 15만9천톤(1997년)으로 이중 약 53%인 8만5천톤이 공장에서 생산되고 있으며 전체 장류시장의 39.1%를 차지하고 있다(2). 된장, 간장과 같은 다른 장류에 비해 고추장은 매년 높은 성장률을 보이고 있는 등 최근 그 수요가 증가하고 있어 상업적으로 매우 중요한 식품이라 할 수 있다.

고추장의 품질과 관련된 관능적 특성은 색, 향기, 맛,

물성 등을 들 수 있으나 고추장은 다른 식품과는 달리 장기간의 숙성과정을 통하여 이들 특성이 생기므로 숙성기간에 따른 품질변화에 대한 연구는 대단히 중요하다. 지금까지 숙성기간에 따른 고추장에 대한 연구는 주로 이화학적 변화(3-6), 미생물 및 효소활성 변화(7, 8)에 대해 중점적으로 다루어져 왔으며, 숙성 중에 유동성에 관한 연구는 이화학적 특성연구의 일부분으로 rotational cylindrical spindle를 사용하여 얻어진 전단응력과 전단속도를 단순 Newtonian 리올로지 모델에 적용하여 단지 숙성 중 점도의 변화에 대해 연구하였다(3-6).

Shin 등(5,6)의 연구에 의하면 고추품종 및 담금원료를 달리한 전통 고추장의 점도는 숙성초기에 감소하다 이후 약간 증가한 반면에 Moon과 Kim(3)의 전분질을 달리한 고추장 점도변화 연구에서는 숙성기간에 따라 점도가 감소하는 경향을 보여주었다. 한편 Lee 등(4)의 연구에서는 고추장의 숙성기간이 증가함에 따라 점도가 증가하는 경향을 나타냈다. 이와같이 연구자에 따라 고추

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

장의 숙성기간에 따른 점도변화의 차이를 나타내고 있는데 이는 rotational cylindrical spindle에 의한 slip effect와 점도가 높은 고추장 측정시 발생될 수 있는 spindle과 시료간의 불안정한 접촉면적으로 인해 생길 수 있다.

Slip effect는 분산식품과 같은 두개의 상으로 구성되어 있는 식품에 상이 분리되지 않은 상태에서 전단응력이 낮게 측정되는 현상을 말하며, spindle 표면의 흐름층에 대한 velocity gradient가 그 원인이 되어서 slip effect를 최소화하기 위해 거친표면을 가진 spindle의 사용이 요구되었다(9). 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해 본 실험에서는 serrated plate-plate 형태의 viscometer를 사용하여 고추장의 유동성을 비교, 검토하였다.

페이스트와 같은 유동성 식품의 리올로지 특성에 관한 연구는 그 동안 광범위하게 연구되어 왔으며(10-12), 이들 페이스트 식품들의 점도는 단순 Newtonian 리올로지 모델에 적용되지 않는 사실 때문에 non-Newtonian 리올로지 모델들을 이용하여 유동성 특성이 연구되어 왔다. Holdsworth(10)와 Rao(11)에 의하면 여러 유체식품들, 특히 농축물 및 페이스트가 Pseudom-plastic Non-Newtonian 성질을 보여주는 것은 다당류와 같은 고분자량 물질, 액체상에서의 분산고체 물질 및 식품 중의 단백질 양과 수용성염이 주요 원인이 된다.

구조적 측면에서 고추장은 제조과정 중 전분질의 호화에 의해 점성이 부여되고 고추가루의 첨가로 인해 액체상에서 고체상이 분산되는 페이스트 형상을 가진 일종의 분산식품(food dispersion)이라 할 수 있다. 고추장은 항복응력을 가진 shear-thinning(pseudoplastic) non-Newtonian 특성을 가지고 있으며, 특히 가공공장에서의 펌프의 동력량 및 압력차 등과 같은 처리조작, 품질관리 및 관능분석 등에 고추장의 유동성 연구가 유용하게 적용될 수 있다(13). 또한 고추장은 스펀이나 야채 등에 고추장을 묻었을 때 일정한 형태를 유지할 수 있어야 하고 비빔식품에 대해서 퍼짐성(spreading)이 우수해야 하는 특성 때문에 바람직한 유동성을 가진 고추장 제조를 위해서 고추장의 유동성을 연구하는 것은 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 여러 non-Newtonian 리올로지 모델을 적용하여 숙성기간이 재래식 고추장의 유동성에 미치는 영향을 파악하고, rotational cylindrical viscometry와 serrated plate-plate viscometry를 사용하여 고추장의 유동성을 비교, 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 찹쌀, 메주가루, 엿기름가루, 고추

가루, 식염은 시중에서 구입하여 사용하였다.

고추장 제조방법

엿기름물은 엿기름가루를 1시간 침지하여(엿기름가루와 물의 비율은 1 : 5.5) 60°C에서 1시간 가열한 후 여과함으로써 얻어졌다. 찹쌀을 5시간 물에 침지하여 분쇄한 찹쌀가루 805g는 미리 준비된 엿기름물 1,047g에 넣어 3시간 동안 침지하여 사خن 후 60°C로 90분간 가열 처리하여 호화, 당화시켰다. 여기에 고추가루 606g, 메주가루 305g, 식염 305g을 혼합하여 고추장을 플라스틱 봉지에 담아 완전 밀봉한 후 25°C 항온실에서 12주간 숙성시켰으며 2주 간격으로 시료를 채취하였다.

수분함량 및 수분활성도 측정

수분함량은 105°C 건조법으로 측정하였으며, 수분활성도는 25°C에서 수분활성도 측정기(TH-200, Novasina, Swiss)를 사용하여 측정하였다.

유동성 측정방법

고추장의 숙성기간에 따른 유동성 변화는 Haake Rheometer(RS150, Haake Inc., Germany)의 serrated plate-plate viscometry(직경 35mm)와 Brookfield viscometer(RVDV-III, Brookfield Eng. Labs., USA)의 회전 cylinder spindle viscometry(직경 0.31cm)를 사용하여 2주 간격으로 측정하였다. 시료온도는 25°C로 유지하였다.

고추장에 대한 전단응력과 전단속도는 serrated plate-plate(PP) viscometer의 경우 자동적으로 얻어진 반면 rotational cylinder(RC) viscometer의 경우 rpm과 torque값이 아래 식에 의해서 전단응력과 전단속도가 결정되었다(14).

$$\sigma = \frac{F \cdot \%M}{rA}, \quad \dot{\gamma} = \frac{2\pi r \cdot rps}{\delta}$$

여기서 F는 전체 torque 양(7,187 dyne.cm), M은 torque 값, r은 spindle의 반지름(0.16 cm), A는 spindle이 시료와 접촉하는 면적(2.92cm<sup>2</sup>), rps는 초당 회전수, δ는 전단운동(shear motion)에 의한 gap(0.1cm)이다. 숙성에 따른 고추장의 유동성을 묘사하기 위해 일반적으로 사용되고 있는 여러 non-Newtonian 리올로지 모델들은 아래와 같다.

Power law 모델:  $\sigma = K \dot{\gamma}^n$

Casson 모델:  $\sigma^{0.5} = K_{oc} + K_c \dot{\gamma}^{0.5}$

여기서  $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(s<sup>-1</sup>), σ는 전단응력(Pa), K

(Pa.s<sup>n</sup>)는 consistency index, n은 flow behavior index, Casson 항복응력  $\sigma_{oc}=(K_{oc})^2$ 이고 Casson plastic viscosity  $\eta_c=K_c^2$ 이다. Apparent viscosity( $\eta_{a,s}$ )는 전단속도  $5\text{ s}^{-1}$ 에서  $\eta_a=K\dot{\gamma}^{n-1}$ 로부터 결정된다.

## 결과 및 고찰

### 수분함량과 수분활성도 변화

숙성기간에 따른 수분함량의 변화는 Table 1에서 보여주고 있듯이 초기 43.1%의 고추장 수분함량이 4주까지 47.8%로 급속이 증가하였다. 그러나 그 이후 12주까지는 전국의 재래식 고추장의 평균 수분함량 46.7%(15)와 유사한 수치인 46.8~47.8%의 범위로 거의 차이없이 일정하게 유지되었다. Kum과 Han(16)의 연구결과에서도 고추장의 20일 숙성까지 수분함량이 4~5% 증가하다가 이후 1% 내의 수분함량 차이로 일정하게 유지되는 유사한 경향을 보여주었다. 이와같이 숙성초기 4주까지 고추장의 수분이 일정하게 유지되지 않고 수분함량이 크게 변화하는 것은 4주내에 고추장에 관여하는 여러가지 이화학적, 미생물적 변화가 급속히 진행되고 있음을 보여준다.

수분활성도는 수분함량의 변화와 달리 초기의 수분활성도 0.81이 6주까지 0.76으로 급속이 감소하다가 그 이후 12주까지는 0.76~0.77의 범위로 거의 차이없이 일정하게 유지되었는데 이러한 초기 감소경향은 Shin 등(5,6)의 연구결과와 일치하였다. Shin 등(5,6)에 의한 고추품종을 달리한 고추장의 숙성중 수분활성도 연구에서는 숙성초 0.93~0.96에서 90일 숙성 후 0.91~0.92로 약간 감소하여 숙성에 따른 수분활성도의 뚜렷한 변화를 보여 주지 않았고, 또한 담금원료에 따른 고추장의 숙성 중 수분활성도의 변화에서도 숙성 초기에 약간 감소하는 경향을 보여주고 이후 큰 변화를 나타내주지 않았다. 그러나 Jung 등(17)의 연구에서는 숙성기간에 따라 수분활성도가 숙성초기 이후에도 지속적으로 감소하는 경향을 보여주고 있어 본 연구결과와 차이가 있었다.

Table 1. Changes in moisture contents and water activity of *kochujang* at various fermentation times

Fermentation time (weeks)	Moisture content (wt %)	Water activity
0	43.1	0.810
2	44.9	0.790
4	47.8	0.769
6	47.4	0.760
8	46.8	0.768
10	47.5	0.771
12	47.5	0.769

Jung 등(17)의 결과와 같이 수분함량이 증가함에 따라 수분활성도가 증가하는 것과는 달리 본 실험에서는 고추장 숙성 초기에 수분함량이 증가한 반면에 반대로 수분활성도는 감소하는 경향을 보였는데 이는 Shin 등(5)이 지적했듯이 수분함량이 증가하여도 고추장의 원료 성분들이 분해되어 저분자량으로 됨에 따라 수분활성도가 감소되기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 이와같이 연구자에 따라 숙성기간에 따른 고추장의 수분함량과 수분활성도의 경향 차이는 고추장의 원료에 의해 크게 영향을 미치는 것처럼 보인다(5,6).

### Power law 모델에 의한 유동성

Table 2는 rotational cylindrical(RC) viscometer와 plate-plate(PP) viscometer에 의해 측정된 power law 모델의 flow behavior index(n), consistency index(K), apparent viscosity( $\eta, s$ )값을 보여주고 있다. 고추장의 숙성기간에 따른 n은 1.0보다 훨씬 낮은 0.20~0.34 범위의 수치를 보여주고 있어 고추장은 명백히 pseudo-plastic 유체임을 알 수 있었다. 특히 PP viscometer의 경우 숙성기간이 증가함에 따라 n 값이 감소하므로 숙성정도가 증가함에 따라 보다 강한 pseudoplastic 유체 성질을 나타내고 있음을 알 수 있었으며, 반면에 RC viscometer의 경우는 숙성기간에 따른 뚜렷한 경향을 보여주지 않았다.

고추장의 K값은 4주 숙성기간까지는 감소하였고 이후 12주 숙성기간 동안 서서히 증가하는 경향을 보여주었다. RC viscometer에 의한 K값은 PP viscometer에 비해 4주 숙성기간까지 급격히 감소하는 경향을 보였는데 이는 Table 1에서 보여주고 있듯이 고추장의 수분함량의 급격한 증가에 따른 K값의 감소로 판단된다.

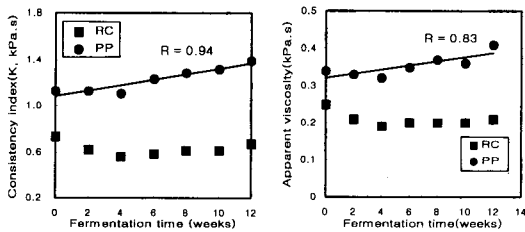
두 종류의 viscometer에 의해 측정된 K값과 숙성기간에 따른 상관관계에서는 RC viscometer 경우 K값의 초기 4주간 급속한 감소로 인해 상관관계가 거의 없었으며 반면에 PP viscometer방법에 의한 측정결과는 좋은 상관관계( $r=0.94$ )를 보여주었다(Fig. 1).

RC viscometer와 PP viscometer에 의한 K값의 비교에서는 PP viscometer가 RC viscometer보다 평균 2배 정도의 높은 K값을 나타냈는데 이는 Brookfield viscometer 측정시 cylindrical spindle이 고추장에 주입될 때 고추장과 spindle간의 불안정한 접촉면적 즉, 공간 발생 및 spindle에 의한 slip effect(9) 등이 원인으로 낮은 수치의 전단응력이 얻어졌기 때문인 것으로 사료된다.

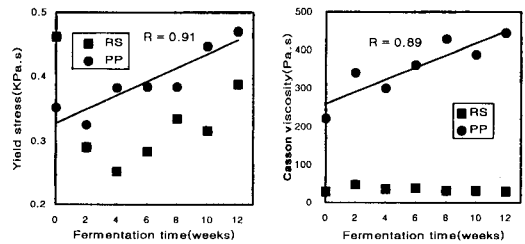
숙성기간에 따른 apparent viscosity( $\eta, s$ )는 power law 모델을 이용해  $\eta_a=K\dot{\gamma}^{n-1}$ 로부터 결정되었다. Apparent viscosity는 K값과 유사한 경향을 보여주고 있

**Table 2. Power law model parameters and apparent viscosity ( $\eta_a$ ) measured by rotational cylindrical(RC) and plate-plate(PP) viscometric methods for *kochujang* during fermentation**

Fermentation time (weeks)	RC			PP		
	n(-)	K(kPa.s <sup>n</sup> )	$\eta_a$ (kPa.s)	n(-)	K(kPa.s <sup>n</sup> )	$\eta_a$ (kPa.s)
0	0.33	0.73	0.25	0.25	1.13	0.34
2	0.34	0.62	0.21	0.23	1.13	0.33
4	0.31	0.56	0.19	0.24	1.10	0.32
6	0.33	0.58	0.20	0.22	1.23	0.35
8	0.30	0.61	0.20	0.22	1.29	0.37
10	0.31	0.61	0.20	0.20	1.31	0.36
12	0.29	0.69	0.21	0.20	1.43	0.40



**Fig. 1. Consistency index and apparent viscosity measured by rotational cylindrical(RC) and plate-plate(PP) viscometric method for *kochujang* during fermentation.**



**Fig. 2. Casson yield stress and viscosity measured by rotational cylindrical(RC) and plate-plate(PP) viscometric method for *kochujang* during fermentation.**

으며 RC viscometer와 PP viscometer에 의한 apparent viscosity 값의 비교에서도 PP viscometer에 의한 apparent viscosity 값이 평균적으로 1.5배 정도의 높은 수치를 보여주었다. 두 종류의 viscometer에 대해 숙성기간에 따른 apparent viscosity와의 상관관계에서는 K값과의 상관관계와 유사하게 RC viscometer 측정방법의 경우 상관관계가 전혀 없는 반면에 PP viscometer에서는 좋은 상관관계( $r=0.83$ )를 보여주었다(Fig. 1).

따라서 이와같이 고추장 숙성과정 중 유동성 변화를 power law 모델에 적용한 결과 PP viscometer 방법이 RC viscometer 방법에 비해 높은 K값 및 apparent viscosity 값을 보여주었으며 숙성기간에 따른 상관관계에서도 우수했다.

**Casson 모델에 의한 유동성**

고추장의 항복력 측정은 가공공장에서의 품질관리 및 관능분석 등에 유용하게 적용되고 있으며, 특히 Casson 모델을 이용한 항복력 측정은 지금까지 여러 분산식품 등에 잘 적용되어 왔다(18). 또한 Casson plastic viscosity는 shear thinning 분산체의 infinite shear viscosity와 동등하기 때문에 Casson plastic viscosity는 분산식품의 점도 측정에 유용하게 사용되고 있다(19, 20). Fig. 2는 두 종류의 viscometer를 사용하여 숙성기간 중 Casson 항복력과 Casson plastic viscosity의 변화를 보여주고 있는데 고추장 숙성기간 중 항복력의 변

화에서는 PP viscometer에 의한 측정방법에서 숙성기간이 증가함에 따라 항복력이 증가하는 경향( $r=0.91$ )을 보여준 반면에 RC viscometer에 의한 측정방법에서는 숙성기간에 따른 어떠한 경향도 없이 4주 숙성기간까지는 급격하게 감소하다가 증가하였다. 일반적으로 과일 푸레나 농축물 등과 같은 분산식품에 액화효소를 처리하면 조직구조가 작은 조각으로 분해되어 단단한 구조를 생성하거나 유지하지 못하게 되어 이들 구조의 변화에 의해 항복력이 감소하게 된다(21). 그러나 고추장의 Casson 항복력이 숙성기간에 따라 약간의 기복을 보여주면서 증가하는 경향을 보여주고 있는데 이는 Shin 등(5)이 지적했듯이 고추장의 원료성분의 환원당 생성이나  $\alpha$ -amylase활성에 의한 단순한 전분질원의 분해 작용이 아닌 고추장 원료성분들간의 복잡한 구조적 변화에 의해 영향을 받는 것으로 추측된다. 한편, 고추장 숙성기간에 따른 Casson viscosity의 변화에서는 PP viscometer에 의한 측정방법에서 숙성기간이 증가함에 따라 Casson viscosity가 증가하는 경향( $r=0.89$ )을 나타낸 반면에 RS viscometer에 의한 측정방법에서는 거의 증감이 없이 숙성기간에 따른 차이가 없었다.

따라서 Casson 모델을 이용한 고추장의 유동성 측정에서는 PP viscometer 방법이 RS viscometer 방법에 비해 숙성기간에 따른 Casson 항복력과 Casson plastic viscosity에서 좋은 상관관계를 보여주고 있음을 알 수 있었다.

## 요 약

채래식 고추장의 숙성기간에 따른 유동특성은 rotational cylindrical(RC) viscometer와 serrated plate-plate (PP) viscometer를 이용하여 power law 모델 및 Casson 모델에 의해 결정되었다. 고추장의 숙성기간에 따른 수분함량과 수분활성도 변화에서는 숙성초기 4주까지 수분함량이 급속하게 증가한 반면에 반대로 수분활성도는 6주까지 감소하다가 일정하게 유지되는 경향을 나타냈다. Power law 모델에 의한 유동성 측정에서 숙성기간에 따른 flow index(n)는 1.0보다 훨씬 낮은 0.20~0.34 범위에 있어 명백히 고추장은 pseudoplastic 유체임을 알 수 있었으며, RC viscometer와 PP viscometer를 사용한 숙성기간에 따른 consistency index(K)의 상관관계에서는 PP viscometer에 의한 방법이 RC viscometer 방법보다 좋은 상관관계( $r=0.94$ )를 보여주었다. 한편, power law 모델을 이용해서 얻은 apparent viscosity와 숙성기간과의 상관관계에서도 RC viscometer 측정방법은 전혀 상관관계가 없는 반면에 PP viscometer에 의한 측정방법은 좋은 상관관계( $r=0.83$ )를 보여 주었다. 전반적으로 PP viscometer 방법이 RC viscometer에 비해 1.5~2.0배의 높은 K값 및 apparent viscosity값을 나타냈다. 또한 Casson 모델에 의해 얻어진 항복력 및 Casson viscosity와 숙성기간과의 상관관계에서도 PP viscometer에 의한 측정방법이 RS viscometer 측정방법보다 좋은 상관관계들( $r=0.91, 0.89$ )을 각각 나타내 주었다.

## 감사의 글

본 연구는 1998년도 동국대학교 신입교원연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- 윤숙자 : 한국전통발효음식. 신광출판사 p.54(1997)
- 한국식품년감. 농수축산신문사 p.560(1998)
- Moon, T. W. and Kim, Z. E. : Some chemical physical characteristics and acceptability of *kochujang* from various starch sources. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **31**, 387-393(1988)
- Lee, K. Y., Kim, H. S., Lee, H. G., Han, O. and Chang, U. J. : Studies on the prediction of the shelf-life *kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 588-594(1997)
- Shin, D. H., Kim, D. H., Choi, U., Lim, M. S. and An, E. Y. : Changes in microflora and enzymes activities of traditional *kochujang* prepared with various raw materials. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 907-912(1997)
- Shin, D. W., Kim, D. H., Choi, U., Lim, M. S. and An, E. Y. : Effect of red pepper varieties on the physicochemical characteristics of traditional *kochujang* during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 1044-1049(1997)
- Lee, J. S., Kwon, S. J., Chung, S. W., Choi, Y. J., Yoo, J. Y. and Chung, D. H. : Changes of microorganisms, enzyme activities and major components during the fermentation of Korean traditional *doenjang* and *kochujang* (in Korean). *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **24**, 247-253(1996)
- Shin, D. W., Kim, D. H., Choi, U., Lim, M. S. and An, E. Y. : Changes in microflora and enzymes activities of traditional *kochujang* prepared with various raw materials. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 901-906(1997)
- Rao, M. A. : Measurement of flow properties of fluid foods—developments, limitations, and interpretation of phenomena. *J. Texture Studies*, **8**, 257-282(1977)
- Holdsworth, S. D. : Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. *J. Texture Studies*, **2**, 393-396(1971)
- Rao, M. A. : Rheology of liquid foods—a review. *J. Texture Studies*, **8**, 135-168(1977)
- Chhinnan, M. S., McWatters, K. H. and Rao, V. N. M. : Rheological characterization of grain legume pastes and effect of hydration time and water level on apparent viscosity. *J. Food Sci.*, **50**, 1167-1171(1985)
- 유병승 : 농축토마토의 리올로지 특성. 식품과학과 산업, **31**, 81-90(1998)
- Yoo, B. S. and Lee, C. M. : Rheological relationships between surimi sol and gel as affected by ingredients. *J. Food Sci.*, **58**, 880-883(1993)
- Shin, D. W., Kim, D. H., Choi, U., Lim, D. K. and Lim, M. S. : Studies on the physicochemical characteristics of traditional *kochujang*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 157-161(1996)
- Kum, J. S. and Han, O. : Changes in physicochemical properties of *kochujang* and *doenjang* prepared with extruded wheat flour during fermentation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 601-605(1997)
- Jung, S. W., Kim, Y. H., Koo, M. S., Shin, D. B., Chung, K. S. and Kim, Y. S. : Changes in physicochemical properties of industry-type *kochujang* during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 403-410(1994)
- Duran, L. and Costell, E. : Rheology of apricot puree: characterization of flow. *J. Texture Studies*, **13**, 43-58(1982)
- Metz, B., Kossen, N. W. F. and van Suijdam, J. C. : The rheology of mould suspensions. In "Advances in biochemical engineering" Springer Verlag, New York, p.103(1979)
- Krieger, I. J. : Rheology of polymer colloids. In "Polymer colloids" Elsevier Applied Science, New York, p.219(1985)
- Castaldo, D., Palmieri, L., Lo Voi, A. and Costabile, P. : Flow properties of babaco (*Carica pentagona*) purees and concentrates. *J. Texture Studies*, **21**, 253-264(1990)