

## 배합비를 달리한 고추장의 레올로지 특성

이선미 · 임이종<sup>1</sup> · 유병승\*  
동국대학교 식품공학과, <sup>1</sup>풀무원 기술연구소

### Effect of Mixing Ratio on Rheological Properties of *Kochujang*

Sun-Mi Lee, I-jong Lim<sup>1</sup> and Byoungseung Yoo\*  
Department of Food Science and Technology, Dongguk University  
<sup>1</sup>R&D Center, Pulmuone

Physicochemical characteristics, enzyme activity and rheological properties of *kochujang* samples with various ratios of glutinous rice and meju powder (glutinous rice : meju powder = 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 1, 3 : 1, w/w) were evaluated at different fermentation times (0~12 weeks). Moisture contents of *kochujang* increased up to 6-week fermentation. Reducing sugar contents of *kochujang* decreased with increase in fermentation time above 2 or 4-weeks, while amino nitrogen contents increased. Liquefying amylase, saccharifying amylase, acidic protease, and neutral protease also showed maximum activities at 2 or 4-week fermentation. The magnitudes of consistency index (K) and apparent viscosity ( $\eta_a$ ) of *kochujang* decreased during fermentation but increased irregularly after 2-week fermentation. The magnitudes of the Casson yield stress decreased irregularly, and the storage (G') and loss moduli (G'') increased with increase in fermentation time.

**Key words:** *kochujang*, physicochemical characteristics, enzyme activity, rheological properties

### 서 론

고추장은 옛날부터 전해 내려온 우리나라 고유의 전통적인 대두 발효식품으로 제조과정 중 amylase에 의한 당화작용으로 탄수화물에서 생성된 당류의 단맛, protease의 단백질 분해작용으로 생성된 아미노산의 구수한 맛, lipase의 작용으로 생성된 지방산과 고춧가루의 매운맛, 소금의 짠맛 등의 조화에 의해 특유한 맛을 이룬다<sup>(1)</sup>. 또한 고추장은 된장, 간장 등과 같은 다른 장류들 보다 매년 높은 성장률을 보이고 있는 등 최근 그 수요가 증가하고 있어 다른 전통 소스류 식품들에 비해 상업적으로 매우 중요한 전통 발효식품이다.

고추장의 품질은 제조원료, 혼합비율, 담금방법, 담금시기 등에 따라 상이하고 그 제조방법 역시 일정한 기준이 없이 지역 및 각 가정마다 다르며, 또한 시대에 따라 변화되어 왔다. 그러나 최근 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, 특히

더욱 다양화되고 있는 소비자 욕구를 충족시키기 위해 품질과 기능이 우수한 제품의 개발이 절실히 요구되고 있다<sup>(2)</sup>.

고추장의 주원료는 고춧가루, 메주와 쌀을 포함한 다양한 전분질로 구성되어 있으며 이들 원료가 각각 독특한 맛의 근원이 되고 있다. 고추장의 맛은 주-부재료의 혼합이라기 보다는 혼합된 원재료가 분해되어 생성된 발효 산물에 의한 것으로<sup>(3)</sup> 원부재료의 종류<sup>(4-7)</sup>와 배합비<sup>(8)</sup>에 따라서 품질의 차이가 크며, 각각의 원료, 발효공정 및 발효 미생물 등의 차이에 따라서 풍미와 식품학적 특성 및 기능성 등에 차이를 나타낸다.

우리나라에서 고추장에 대한 연구는 1960년대 초반부터 주로 제조방법이나 성분 등에 관한 연구가 진행되었으나 최근에는 고추장의 제조방법과 품질개선 등이 이루어지면서 발효기간에 따른 미생물과 효소력 등의 변화<sup>(1,4,7,9-11)</sup>, 품질특성 변화<sup>(8,12,13)</sup>, 이화학적 특성 변화<sup>(5,14-16)</sup>, 맛 성분 변화<sup>(6,17)</sup>, 레올로지 특성 변화<sup>(18-23)</sup> 등 여러 각도에서 상당한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 전분질 원료(밀가루)의 배합을 달리한 고추장의 품질 특성 연구<sup>(8)</sup>를 제외하고는 그 동안 고추장의 원료 구성분의 비율과 양에 따른 숙성중 고추장의 품질변화에 대한 심도있는 연구는 없었으며, 특히 배합비를 달리한 고추장의 레올로지 특성변화에 관한 연구는 전무한 상태이다.

고추장은 다른 식품과 달리 장기간의 발효 숙성이라는 과정을 통하여 고추장내에 존재하는 원부재료들이 발효 중 amylase, protease와 같은 효소들에 의해 전분질원과 단백질

\*Corresponding author : Byoungseung 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@dongguk.edu

원을 당류와 아미노산으로 분해시켜 원재료가 분해되면서 생성된 발효 산물에 의해 품질 특성이 결정되며<sup>(9)</sup> 고추장내에 원부재료들의 분해를 주도하는 것은 고추장의 메주와 전분질원에 따라 숙성 중 성장하는 미생물의 종류와 수가 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>(3,11)</sup> 따라서 고추장의 원료 구성 성분의 비율과 양이 고추장의 숙성 중 품질 특성에 크게 영향을 미치리라 생각된다.

본 연구에서는 찹쌀가루와 메주가루의 배합비율을 각각 달리하여 고추장을 제조하고 12주간 숙성하는 동안 고추장의 이화학적 특성과 효소 활성의 변화 및 고추장의 레올로지 특성 변화를 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용된 고추장 원료는 일직 농업협동조합의 안동 청결 고춧가루(수분함량 1.53%), (주)풍미의 메주가루(수분함량 0.72%), 신화식품의 엿기름 가루, 농민 식품의 찹쌀가루(수분함량 1.13%)를 사용하였으며 식염은 유진염업의 꽃소금을 농업협동조합에서 구입하여 사용하였다.

### 고추장의 제조

엿기름 물은 엿기름 가루를 1시간 동안 침지하고 60°C에서 1시간 동안 가열하여 효소를 추출하고 이를 압착하고 여과시켜 제조하였으며, 여기에 전분질원료인 찹쌀가루를 넣어 3시간 동안 삭힌 후 가열하여 전분질을 호화 및 당화시켰다. 최종적으로 이들 물질은 단백질 원료인 메주가루, 고춧가루, 소금과 혼합되어 고추장(총고형분 함량 53%)이 제조되었다<sup>(2)</sup>. 숙성 중 고추장의 품질 변화를 파악하기 위해 고추장은 25°C 항온기에서 12주 동안 숙성시키면서 2주 간격으로 분석되었다. 고추장의 찹쌀가루(G)와 메주가루(M)의 배합비율(무게비)은 1:1(GM11), 1:2(GM12), 1:3(GM13), 2:1(GM21), 3:1(GM31)로 설정한 5개의 고추장 시료를 제조하였으며 담금에 사용된 배합비율은 Table 1에 나타내었다.

### 일반성분 분석

고추장의 수분함량(%)은 105°C 통풍상압건조법, 환원당은 Somogyi변법<sup>(24)</sup>, 아미노태 질소는 Formol법<sup>(25)</sup>을 이용하여 측정하였다.

### 효소 활성측정

시료 2 g을 증류수 100 mL에 녹여 실온에서 30분 방치하고 여과하여 조효소액을 조제하였으며,  $\alpha$ -amylase는 Oh 등<sup>(1)</sup>이 사용한 방법 그리고  $\beta$ -amylase와 protease는 Park과 Oh<sup>(9)</sup>가 사용한 방법에 따라 각각 역가를 측정하였다.

### 정상유동특성 측정

고추장의 정상유동특성은 비뉴턴성 레올로지 모델식을 사용하여 얻어진 레올로지 매개변수로부터 평가되었다. 실험은 TA Rheometer(AR 1000, TA Instruments, USA)의 plate-plate(직경 4 cm) system을 사용하여 1000  $\mu$ m의 gap으로 25°C에서 수행되었으며, 여기서 얻어진 전단응력( $\sigma$ )과 전단속도( $\dot{\gamma}$ ) 데이터로부터 power law 모델식(식 1)과 Casson 모델식(식 2)에 의하여 레올로지 매개변수들이 결정되었다.

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

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

여기서  $\dot{\gamma}$ 는 전단속도( $s^{-1}$ ),  $\sigma$ 는 전단응력(Pa), K는 점조도 지수(consistency index, Pa·sec<sup>n</sup>), n은 유동성 지수(flow behavior index, dimensionless), Casson 항복응력( $\sigma_{oc}$ )은 ( $K_{oc}$ )<sup>2</sup>이며, 겔보기점도(apparent viscosity,  $\eta_{a,10}$ )는 전단속도 10  $s^{-1}$ 에서  $\eta_a = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$ 로부터 결정되었다.

### 동적 점탄성 측정

동적 점탄성(dynamic viscoelasticity) 측정은 정상유동특성과 동일한 실험조건에서 수행되었다. 변형력과 변형률 사이에 선형관계가 나타나는 구간을 결정하기 위하여 torque sweep로부터 1.0 Hz에서 측정된 결과와 20~50 Pa의 변형력 범위에서 선형관계가 성립되었다. 동적 점탄성 실험은 0.1~10.0 Hz 범위내에서 저장탄성률(storage modulus, G')과 손실탄성률(loss modulus, G'')이 측정되었다.

## 결과 및 고찰

### 수분함량의 변화

숙성 중 고추장 시료들의 수분함량은 일정수준(47.4~47.9%)을 유지하다가 숙성 8주에 최대 수분함량을 보였다(Fig. 1).

Table 1. Mixing ratio (% w/w) of raw materials for the preparation of traditional kochujang

Raw materials	GM11 <sup>1)</sup>	GM12	GM13	GM21	GM31
Glutinous rice	16.8	11.2	8.4	22.4	25.2
Meju powder	16.8	22.4	25.2	11.2	8.4
Red pepper powder	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Salt	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
Water+malt extract	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
Total	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup>Sample code: G for glutinous rice; M for meju powder; numeral refers to mixing ratio (GM11: the mixing ratio of G and M=1 : 1; GM12: the mixing ratio of G and M=1 : 2; GM13: the mixing ratio of G and M=1 : 3; GM21: the mixing ratio of G and M=2 : 1; GM31: the mixing ratio of G and M=3 : 1).

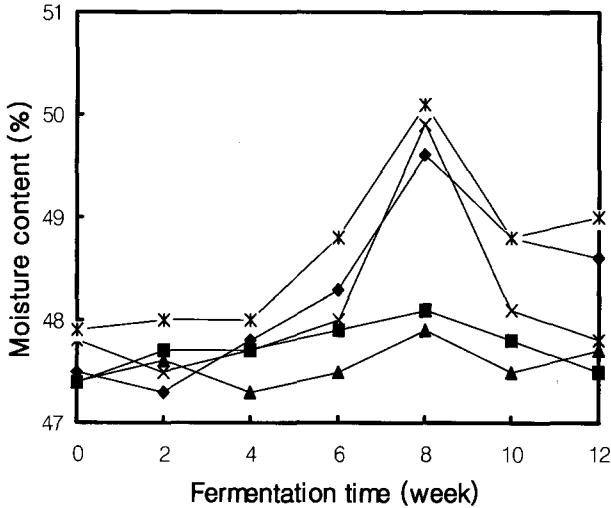


Fig. 1. Changes in moisture contents of kochujang during fermentation. (◆) GM11; (■) GM12; (▲) GM13; (×) GM21; (\*) GM31. Sample code and numeral as in Table 1.

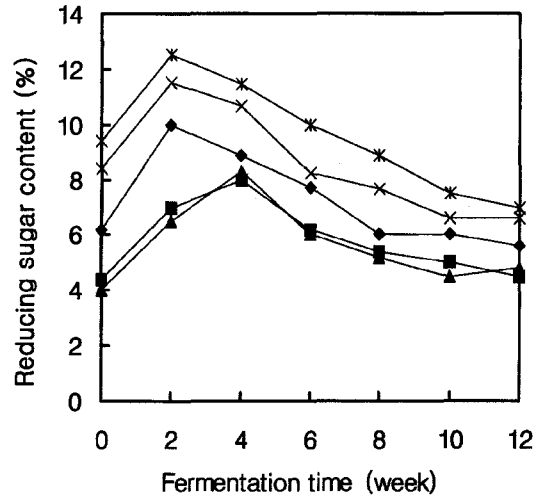


Fig. 2. Changes in reducing sugar contents of kochujang during fermentation. (◆) GM11; (■) GM12; (▲) GM13; (×) GM21; (\*) GM31. Sample code and numeral as in Table 1.

숙성 8주에서 찹쌀가루 비율이 높은 시료들(GM21, GM31)은 메주가루 비율이 높은 시료들(GM12, GM13)에 비해 수분함량이 급격히 증가하는 경향을 보였다. 찹쌀가루 비율이 높은 시료들이 숙성 8주째에 수분함량이 증가하는 이유는 미생물이 분비하는 여러 가지 효소에 의하여 고분자 물질이 분해되면서 생성된 유리수가 증가하기 때문이다<sup>(10)</sup>. Park<sup>(8)</sup>에 의하면 숙성기간이 증가함에 따른 수분함량 증가는 전분질 원료인 찹쌀가루나 맥아당이 가수분해되는데 필요한 물의 양보다 포도당이 유기산이나 알코올 등으로 전환되면서 생성되는 물의 양의 증가로 기인한다고 보고하고 있다. GM11 시료의 수분함량의 변화는 찹쌀가루 비율이 높은 시료들에서 보여준 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 이와 같이 각 시료의 수분함량의 변화는 주로 고추장의 효소활성이나 물리적 특성 차이에 의해 영향을 받는 것으로 추측된다<sup>(21)</sup>.

**환원당 함량의 변화**

Glucose, fructose, maltose 등의 환원당류들은 고추장의 단맛을 부여하는 물질로 이들의 함량은 고추장의 관능적인 품질 평가면에서 대단히 중요하다<sup>(16)</sup>. 따라서 고추장의 환원당 함량 측정은 고추장의 품질 특성에 유용한 방법이라 할 수 있다. 환원당의 변화는 숙성 2~4주에 증가하다가 이후부터는 서서히 감소하였다. 찹쌀가루 비율이 높은 시료에서는 2주에 환원당 함량이 가장 높았으며 메주가루 비율이 높은 시료에서는 4주에 환원당 함량이 가장 높았다(Fig. 2). 따라서 숙성 초기에는 α-amylase와 β-amylase 활성이 높아 전분이 분해되면서 생성되는 환원당양이 많아지고, 숙성 후기에 환원당은 미생물이 발효기질로 이용되거나 알코올, 유기산 등으로 전환되어 감소하는 것으로 생각된다<sup>(6,16)</sup>.

**아미노태 질소함량의 변화**

아미노태 질소함량은 고추장의 원부재료에 함유된 미생물

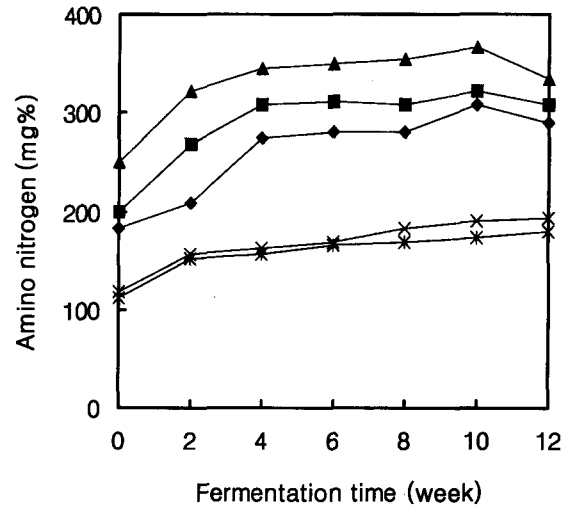


Fig. 3. Changes in amino nitrogen contents of kochujang during fermentation. (◆) GM11; (■) GM12; (▲) GM13; (×) GM21; (\*) GM31. Sample code and numeral as in Table 1.

과 이들이 생성한 단백질 분해효소의 활성에 의존하므로 발효 고추장의 특징이 되고 있다<sup>(23)</sup>. 단백질원인 메주가루 함량이 많은 고추장 시료는 아미노태 질소 함량이 높은 것으로 나타났으며 숙성기간이 증가함에 따라 증가하였다(Fig. 3). 이는 protease 활성에 의해 단백질이 아미노산으로 분해되어 아미노태 질소함량이 점차 증가하기 때문인 것으로 보인다. 따라서 고추장의 아미노태 질소함량의 차이는 고추장의 물성과 미생물의 상태에 따른 protease의 활성차이 때문인 것으로 추측된다<sup>(13)</sup>. 고추장의 법적 규격은 아미노산성 질소의 함량을 150 mg%(단, 찹쌀 또는 쌀 고추장은 100 이상)로 규제하고 있으며 고추장 품질 평가기준으로 아미노산성 질소 함량이 이용되므로 발효과정 동안 아미노산성 질소 함량은 중요한 의미를 갖는다<sup>(6)</sup>.

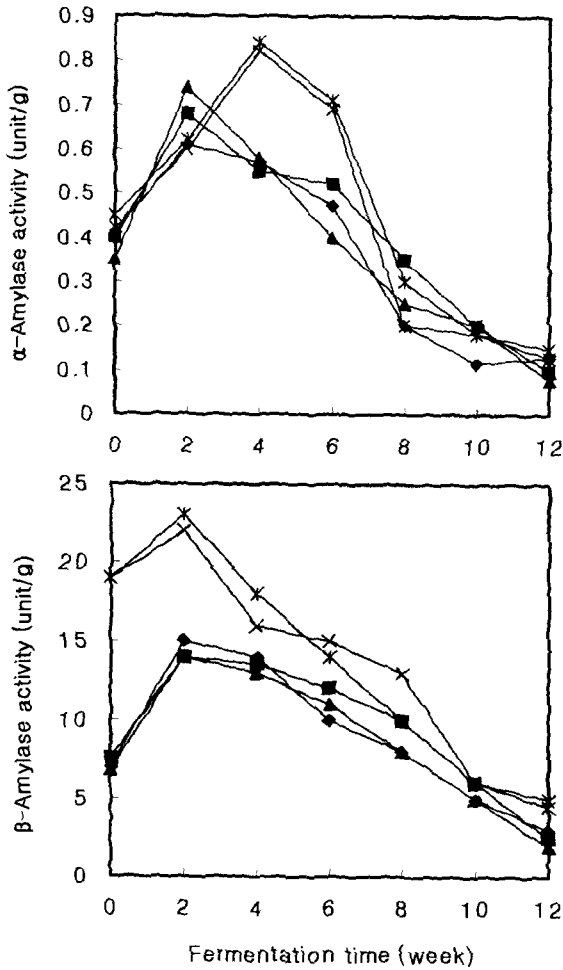


Fig. 4. Changes in the  $\alpha$ -amylase and  $\beta$ -amylase activity of kochujang during fermentation. (◆) GM11; (■) GM12; (▲) GM13; (×) GM21; (\*) GM31. Sample code and numeral as in Table 1.

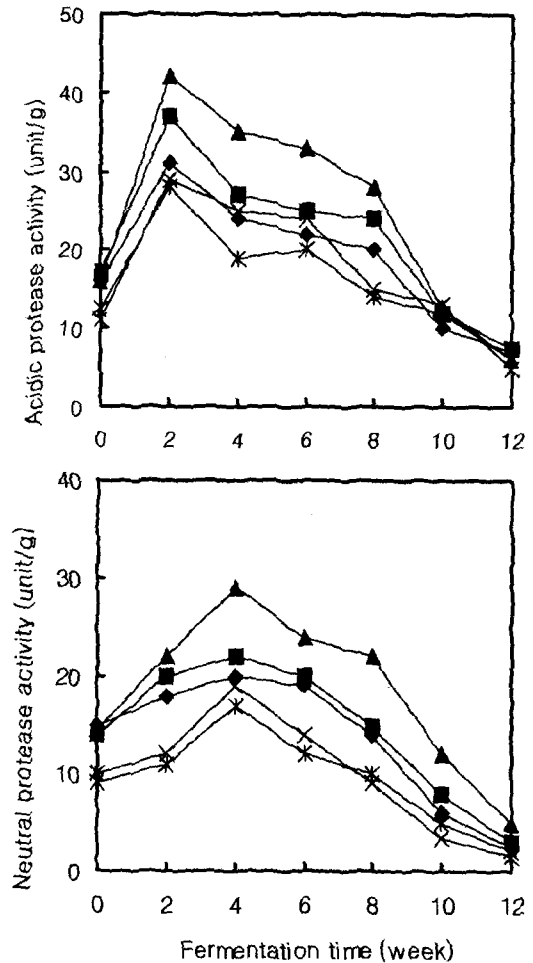


Fig. 5. Changes in the acidic protease and neutral protease activity of kochujang during fermentation. (◆) GM11; (■) GM12; (▲) GM13; (×) GM21; (\*) GM31. Sample code and numeral as in Table 1.

**Amylase의 효소력 변화**

Fig. 4는 배합비를 달리한 고추장 시료들의 숙성기간에 따른  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase의 활성 변화를 보여주고 있다. 메주가루 비율이 높은 시료(GM12, GM13)와 찹쌀가루 비율이 높은 시료(GM21, GM31)의  $\alpha$ -amylase 활성은 각각 숙성 2주와 4주에서 최대 역가를 보였다. 찹쌀가루 비율이 높은 시료에서 비교적 높은 활성을 나타냈으며 4주 이후에는 급격히 낮아지는 경향을 보였다. 메주가루 비율이 높은 시료는 숙성 초기에는 활성이 낮았으나 2주경에 최대치를 보였고 이후 점차 감소하였다. 찹쌀가루와 메주가루 비율이 같은 시료(GM11)는 메주가루 비율이 높은 시료에서의 결과와 유사한 경향을 보여준다.  $\alpha$ -amylase 활성과는 달리  $\beta$ -amylase의 활성은 모든 시료들에 대해 숙성 2주에 최대 역가를 나타냈다. 전분질원인 찹쌀가루가 다량 함유된 시료(GM21, GM31)는 비교적 높은 활성을 나타냈으며 숙성 초기부터 2주까지는 증가하는 경향을 보였으나 이후에는 급격히 감소하였다. 메주가루가 다량 함유된 시료(GM12, GM13)는 숙성 초기에는 활성이 낮았으나 점차 증가하여 완만히 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 GM11 시료와도 유사하였다. 이와 같

이 amylase 활성이 숙성 초기부터 계속 감소하는 원인은 엿기름 사용으로 전분질원이 빠른 속도로 액화 혹은 당화되었기 때문인 것으로 생각된다<sup>(10)</sup>.

**Protease의 효소력 변화**

고추장의 protease 활성은 단백질 분해 특유의 구수한 맛 성분을 유리하고 이들의 숙성도를 나타내는 유리아미노산 함량에 크게 영향을 미친다. Fig. 5는 원료 배합비율을 달리한 고추장의 숙성 중 acidic protease와 neutral protease의 활성도 변화를 보여주고 있다. Acidic protease의 활성도 변화는 발효가 진행됨에 따라 점차 증가 후 감소하였으며 숙성 2주경에 효소력이 가장 우수하였다. Neutral protease의 활성은 acidic protease의 활성도에 비해 미약하였으나 숙성기간 동안 서서히 증가하고 감소하는 경향을 보였으며 숙성 4주에 최대치를 나타냈다. 이들 결과는 전통 고추장의 protease 활성이 15~30일까지 최고치를 보여준 후 약간 감소하는 Lee 등<sup>(10)</sup>의 연구결과와 일치하였다. Acidic protease와 neutral protease는 메주가루가 다량 함유된 시료에서 높은 활성을 보였다. 고추장 숙성기간 동안 amylase의 활성변화 정도는 급격한 증

**Table 2. Power law model parameters, Casson yield stress ( $\sigma_{oc}$ ) and apparent viscosity ( $\eta_{a,10}$ ) for *kochujang* with different mixing ratio during fermentation**

Fermentation time (week)	GM11 <sup>1)</sup>					GM12					GM13					GM21					GM31				
	n (-)	K (Pa · sn)	$\sigma_{oc}$ (Pa)	$\eta_{a,10}$ (Pa · s)	n (-)	K (Pa · sn)	$\sigma_{oc}$ (Pa)	$\eta_{a,10}$ (Pa · s)	n (-)	K (Pa · sn)	$\sigma_{oc}$ (Pa)	$\eta_{a,10}$ (Pa · s)	n (-)	K (Pa · sn)	$\sigma_{oc}$ (Pa)	$\eta_{a,10}$ (Pa · s)	n (-)	K (Pa · sn)	$\sigma_{oc}$ (Pa)	$\eta_{a,10}$ (Pa · s)	n (-)	K (Pa · sn)	$\sigma_{oc}$ (Pa)	$\eta_{a,10}$ (Pa · s)	
0	0.32	471.18	378.06	98.44	0.32	983.96	376.06	205.58	0.25	1487.72	1376.23	272.43	0.36	302.15	216.19	69.22	0.36	302.15	216.19	69.22	0.36	212.93	152.48	48.78	
2	0.26	555.44	482.79	101.07	0.25	1398.49	1260.70	244.25	0.21	1858.64	1703.45	295.98	0.27	357.82	293.85	66.63	0.29	221.45	172.44	43.18	0.29	221.45	172.44	43.18	
4	0.26	511.82	420.34	93.14	0.25	1240.61	1059.47	220.62	0.26	1517.57	1231.90	276.15	0.29	351.69	287.73	68.57	0.29	218.13	162.54	42.53	0.29	218.13	162.54	42.53	
6	0.27	491.12	414.12	91.45	0.27	1192.67	1045.71	217.03	0.26	1514.31	1186.48	275.56	0.28	349.76	286.52	66.65	0.29	207.65	161.89	40.49	0.29	207.65	161.89	40.49	
8	0.29	461.64	370.67	90.03	0.28	1099.07	920.38	209.42	0.25	1292.11	1068.07	229.77	0.28	346.49	285.56	66.02	0.28	205.05	155.00	39.07	0.28	205.05	155.00	39.07	
10	0.26	513.90	431.50	93.51	0.26	1159.80	1095.56	206.24	0.23	1396.19	1161.33	237.11	0.27	345.27	283.59	64.29	0.28	203.27	153.20	38.73	0.28	203.27	153.20	38.73	
12	0.27	521.17	437.04	97.05	0.26	1161.50	1137.62	206.55	0.24	1404.50	1151.43	244.07	0.27	334.14	276.82	62.22	0.27	189.53	147.89	35.29	0.27	189.53	147.89	35.29	

<sup>1)</sup>Sample code and numeral as in Table 1.

**Table 3. Slopes (n' and n'') and intercepts (K' and K'') of ln G' and G'' versus ln  $\omega$  (frequency, rad s<sup>-1</sup>) for *kochujang* samples fermentation time**

Fermentation time (week)	GM11 <sup>1)</sup>					GM12					GM13					GM21					GM31				
	n'	K'	n''	K''	G''	n'	K'	n''	K''	G''	n'	K'	n''	K''	G''	n'	K'	n''	K''	G''	n'	K'	n''	K''	G''
0	0.20	10.15	0.26	2.86	0.18	27.74	0.23	6.91	0.18	39.95	0.21	9.68	0.21	9.68	0.21	5.31	0.28	1.57	0.23	3.19	0.30	1.02	0.30	1.02	
2	0.19	11.71	0.25	3.23	0.18	33.80	0.23	8.05	0.17	44.53	0.22	10.27	0.20	10.27	0.20	7.09	0.26	1.91	0.21	3.54	0.29	1.04	0.29	1.04	
4	0.19	11.62	0.24	3.19	0.18	30.31	0.23	7.72	0.17	40.13	0.22	9.30	0.20	9.30	0.20	7.16	0.26	1.95	0.21	3.60	0.28	1.05	0.28	1.05	
6	0.19	11.53	0.24	3.16	0.19	30.18	0.22	7.60	0.18	39.94	0.21	9.84	0.19	9.84	0.19	7.52	0.25	2.00	0.21	3.78	0.28	1.07	0.28	1.07	
8	0.20	16.99	0.24	5.18	0.19	36.37	0.22	10.88	0.18	55.56	0.22	15.10	0.19	11.22	0.25	3.33	0.25	3.33	0.20	5.95	0.27	1.88	0.27	1.88	
10	0.20	17.83	0.24	5.50	0.19	41.62	0.22	11.28	0.18	55.81	0.22	15.21	0.20	11.41	0.25	3.41	0.25	3.41	0.20	5.95	0.27	1.89	0.27	1.89	
12	0.21	17.96	0.24	5.50	0.20	42.09	0.22	11.93	0.19	56.58	0.21	15.74	0.20	12.47	0.25	3.84	0.25	3.84	0.21	5.66	0.28	1.85	0.28	1.85	

<sup>1)</sup>Sample code and numeral as in Table 1.

가와 감소를 나타내는 반면에 protease 경우는 완만한 증가와 감소를 나타냈다. 이와 같은 완만한 protease의 활성변화는 아미노태 질소함량이 지속적으로 증가하는 경향으로 설명될 수 있다(Fig. 3).

### 정상유동특성

유동특성 매개변수들을 전단응력-전단속도 데이터와 power law 모델식(식 1)에 적용하여 얻어졌다. 고추장의 숙성기간에 따른 유동성 지수( $n$ )는 1.0보다 낮은 0.21~0.36 범위를 나타냈으며 숙성기간이 증가함에 따라  $n$ 값이 감소하였다(Table 2). 낮은  $n$ 으로부터 고추장은 전단 속도가 증가함에 따라 점도가 급격히 감소하는 전단담화(shear-thinning) 거동이 매우 큰 유체임을 알 수 있었다<sup>(26)</sup>. 이와 같은 고추장의 유동거동은 입자와 입자간의 결합으로부터 형성된 입자 집합체를 가진 분산식품에서 나타나는 현상<sup>(25)</sup>으로서 액상매개체 내에 분산된 고체물질인 고춧가루와 전분 및 단백질원으로 사용되는 찹쌀가루와 메주가루 원료에 의해 설명될 수 있다<sup>(20)</sup>.

모든 고추장 시료들의 점도지수( $K$ )는 숙성 2주에 최대수치를 보여주었다. 찹쌀가루 비율이 높은 시료(GM21, GM31)인 경우는 숙성 2주 이후부터 숙성기간이 증가함에 따라 서서히 감소하는 경향을 보여준 반면에 메주가루 비율이 높은 시료(GM12, GM13)인 경우는 숙성기간이 경과함에 따라 감소 후 숙성 10주부터는 다시 약간 증가하였다(Table 2). 메주가루 비율이 높은 시료(GM12, GM13)의 겔보기점도( $\eta_{a,10}$ )는  $K$ 값과 유사한 경향을 보였으며 찹쌀가루 비율이 높은 시료(GM21, GM31)의  $\eta_{a,10}$ 는 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 찹쌀가루와 메주가루 비율이 같은 시료(GM11)의  $K$ 값과  $\eta_{a,10}$ 는 메주가루 비율이 높은 시료들의 경향과 유사하게 나타났다.

메주가루 비율이 높을수록  $K$ 와  $\eta_a$ 는 높은 것으로 나타났으며 시료 간 점도의 차이는 고추장 원료의 배합비율 차이에 의한 것으로 보인다. 또한 이와 같은 점도차이는 제조과정에서 전분질의 함량이 시료마다 다르고 전분질 원료를 호화시킬 때 호화되는 과정에서 이들 전분의 구조적 차이로 인하여 효소에 의한 분해정도가 다르기 때문인 것으로 생각된다. 특히 메주가루 함량이 많은 고추장은 숙성기간에 따라 점도 차이의 변화가 큰 것으로 나타났는데, 이러한 결과, 숙성기간 중 고추장의 점도변화는 전분질원인 찹쌀가루보다는 단백질원인 메주가루에 더 큰 영향을 받는 것으로 생각된다.

고추장의 숙성 중 효소활성과 점도와 관계에서 찹쌀가루 비율이 높은 시료는 전분질 분해 효소와 연관지어 설명될 수 있으며<sup>(5)</sup> Fig. 4에서 보여주고 있듯이 액화효소인  $\alpha$ -amylase가 숙성 4주에 최대 활성을 보이고 이후 감소하는 경향을 나타내고 또한  $\beta$ -amylase는 숙성 2주에 최대활성을 보이고 이후 감소하는 경향을 나타내어 GM21와 GM31 시료에 대한  $K$ 와  $\eta_{a,10}$ 의 경향과 일치한다. 메주가루 비율이 높은 시료는 숙성 2주에  $K$ 와  $\eta_{a,10}$ 가 급격히 증가하였고 protease 활성이 2~4주에 최대치를 나타냈다. 따라서 이들 결과로부터 배합비를 달리한 고추장의 레올로지 특성과 효소활성과는 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

### 항복응력

고추장의 항복응력 측정은 대량 생산을 위한 가공공장에

서 펌프의 동력량 및 압력차 등과 같은 처리조작, 품질관리와 관능검사에 유용하게 적용되며, 특히 Casson 모델(식 2)을 이용한 항복응력 측정은 일반적으로 고추장에 잘 적용되어 왔다<sup>(18,19,21)</sup>. 배합비를 달리한 고추장의 항복응력은 메주가루 비율이 높을 수록 높게 나타났으며 숙성 2주에 급격히 증가하였다(Table 2). 또한 메주가루 비율이 높은 시료(GM12, GM13)의 항복응력은 점차 감소 후 숙성 10주에 급격히 증가한 반면에 찹쌀가루 비율이 높은 시료(GM21, GM31)의 항복응력은 2주째에 증가한 후 지속적으로 감소하였다. 이들 결과는 고추장의 유동 특성 측정치( $K$ ,  $\eta_{a,10}$ )와 유사한 경향을 보여주었다.

고추장의 경우 장기간 발효 숙성 과정을 통하여 단백질 및 전분질 분해 효소가 생성되며 이들 효소의 활성에 의해 원료 성분들간의 구조적 변화의 결과로 인해 항복응력의 변화가 일어나는 것으로 생각된다. 따라서 고추장의 항복응력이 숙성 2주에 급격히 증가하고 이후 다시 감소하는 것은 고추장의 발효 숙성 기간동안 효소활성의 영향을 받은 것으로 생각되며 본 실험에서 측정된 효소들의 활성이 숙성 2~4주에 최대치를 나타낸 것으로 미루어 보아 효소 활성과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 또한 메주가루 비율이 높은 시료(GM12, GM13)는 찹쌀가루가 다량 함유된 시료(GM21, GM31)에 비해 항복응력의 증가와 감소가 컸는데 이는 GM12와 GM13시료들이 전분 분해 효소보다는 단백질 분해 효소의 영향을 더 많이 받는 것으로 생각되며, 특히 숙성 2주에 최대활성을 보인 acidic protease와 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. 그러나 항복응력이 숙성 10주에 다시 증가하였는데 이는 protease활성이 거의 없는 10주 이후에는 고추장 내의 단백질 구조의 재구성 및 원료 성분들간의 구조적 변화로 인해 항복응력이 상승되는 것으로 보인다. Fig. 3과 5에서 보여준 바와 같이 아미노태 질소 함량은 10주 이후 소폭 감소하였으며 protease의 활성은 8주부터 급격히 낮아짐을 나타냈다.

### 동적 점탄특성

배합비를 달리한 고추장 시료들의 동적 점탄성 실험을 통하여 고추장의 저장 탄성률(stroage modulus,  $G'$ )과 손실 탄성률(loss modulus,  $G''$ )을 측정하였다. Table 3은  $\ln G'$  및  $\ln G''$ 와  $\ln \omega$ 와의 직선회귀식들(식 3과 4)로부터 절편( $K'$ ,  $K''$ )과 기울기( $n'$ ,  $n''$ ) 및 결정계수( $R^2$ )를 나타내고 있으며 결정계수가 높은 직선관계를 보여주었다( $R^2 = 0.99$ ).

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

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

고추장의  $G'$ 과  $G''$ 의 기울기는 각각 1보다 작은 0.17~0.23과 0.21~0.30의 범위를 나타내어 고추장은 전단담화 특성이 존재함을 알 수 있었다. 또한 숙성기간이 증가함에 따라 기울기는 감소하였다. 이들 고추장 시료의  $G'$ 과  $G''$ 의 절편은 2주에 증가한 이후 수치의 변화가 거의 없다가 숙성 8~10주에는 급격히 증가하는 경향을 나타냈다. 이와 같은 결과는 고추장의 발효 숙성 기간동안 효소활성의 영향을 받은 것으로 생각되며 본 실험에서 측정된 효소들의 활성이 숙성 2~4주에 최대치를 나타낸 것으로 미루어 보아 효소의 활성과 관련이 있

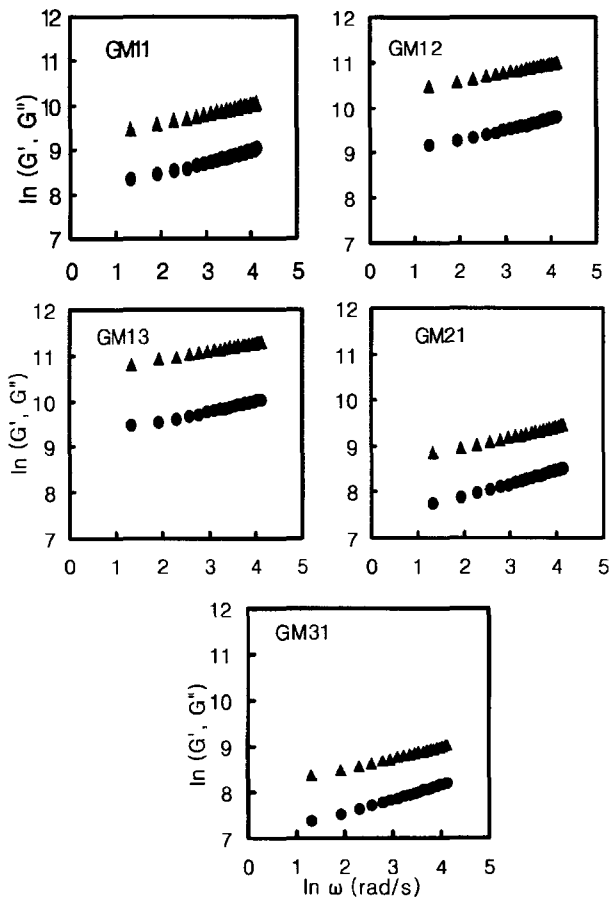


Fig. 6. Plots of  $\ln \omega$ ,  $\ln G'$  (▲) and  $\ln G''$  (●) for *kochujang* with different mixing ratio. Sample code and numeral as in Table 1.

는 것으로 생각된다. 또한 효소활성이 거의 나타나지 않는 숙성 8~10주에 다시  $G'$ 과  $G''$ 의 절편이 증가한 것은 효소활성에 의한 분해작용의 영향이라기 보다는 고추장 원료성분들간의 구조적 변화에 의해 영향을 받는 것으로 추측된다<sup>6)</sup>.

Fig. 6은 고추장 시료들에 대해 각 주파수( $\omega$ )에 따른 저장 탄성률( $G'$ )과 손실 탄성률( $G''$ )의 변화를 나타낸 것이다.  $\omega$ 가 증가함에 함에 따라  $G'$ 과  $G''$ 이 증가하고 있어 고분자 액체의 경우와 같이 각 주파수에 의존적이며 모든 범위에서  $G'$ 이  $G''$ 보다 수치가 높다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에 사용된 모든 시료는 점성적 성질보다 탄성적 성질이 우세함을 알 수 있다. 또한 배합비율에 따라서 각각 다른 경향을 보였는데 메주가루 비율이 높은 시료일수록  $G'$ 과  $G''$ 이 높았으며  $G'$ 과  $G''$ 의 수치 차이가 크게 나타났다. 반면에 찹쌀가루 함량이 많은 시료는 메주가루 비율이 높은 시료에 비해  $G'$ 과  $G''$ 이 낮게 나타났으며  $G'$ 과  $G''$ 의 수치 차이도 적었다. 따라서 고추장은 메주가루 비율의 증가로 인해 탄성적 성질이 증가함을 알 수 있었다.

## 요 약

찹쌀가루와 메주가루의 배합비율(무게비)을 달리한 고추장(찹쌀가루 : 메주가루 = 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 1, 3 : 1)의 숙성 중

품질 변화를 평가하기 위해 12주 동안 숙성시키면서 고추장의 이화학적 특성, 효소 활성 및 레올로지 특성을 연구하였다. 숙성 중 고추장의 수분함량은 47.4~47.9%에서 점차 증가하여 8주에는 최대 수분함량을 보였다. 환원당 함량은 2~4주에 가장 높았으며 이후에는 점차 감소하는 경향을 보였다. 아미노태 질소 함량은 지속적으로 증가하였다.  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase 활성은 숙성 2~4주에 최대 역가를 나타냈다. Acidic protease와 neutral protease는 각각 숙성 2주와 4주에 가장 높은 활성을 보였다. Power law 모델에 의한 유동성 측정에서 고추장은 낮은 유동성지수(flow behavior index,  $n = 0.21 \sim 0.36$ )를 가진 전단담화(shearing-thinning)거동을 보여주었으며, 점조도 지수(consistency index,  $K$ )와 겔보기점도( $\eta_{a,10}$ )는 숙성 2주에 급격히 증가하고 이후에는 감소하였다. Casson 모델식에 의한 항복응력( $\sigma_{oc}$ )은 숙성 2주에 급격히 증가하고 이후에는 감소하였다. 동적 점탄성 측정에서는 저장 탄성률( $G'$ )이 손실탄성률( $G''$ )보다 높은 수치를 나타내었고 주파수(frequency,  $\omega$ )가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주었다. 또한 숙성기간이 경과함에 따라  $G'$ 과  $G''$ 이 증가하는 경향을 나타냈다.

## 감사의 글

본 연구는 동국대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Oh, H.I., Shon, S.H. and Kim, J.M. Changes in microflora and enzyme activities of *kochujang* prepared with *Aspergillus oryzae*, *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces rouxii* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 410-416 (2000)
- Kim, Y.J. and Yoo, B.S. Rheological properties of traditional *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 1313-1318 (2000)
- Kim, M.S., Oh, J.A., Kim, I.W., Shin, D.H. and Han, M.S. Fermentation properties of irradiated *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 934-940 (1998)
- 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 material. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 901-906 (1997)
- Shin, D.H., Kim, D.H., Choi, U., Lim, M.S. and An, E.Y. Physicochemical characteristics of traditional *kochujang* prepared with various raw material. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 907-912 (1997)
- Shin, D.H., Kim, D.H., Choi, U., Lim, M.S. and An, E.Y. Taste components of traditional *kochujang* prepared with various raw materials. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 913-918 (1997)
- Kim, M.S., Kim, I.W., Oh, J.A. and Shin, D.H. Quality changes of traditional *kochujang* prepared with different *meju* and red pepper during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 924-933 (1998)
- Park, W.P. Quality changes of *kochujang* with different mixing ratio of raw starch materials during aging. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 22: 433-436 (1993)
- Park, J.M. and Oh, H.I. Changes in microflora and enzyme activity of traditional *kochujang meju* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 56-62 (1995)
- 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*. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 24: 247-253 (1996)
11. Oh, H.I. and Park, J.M. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *kochujang* prepared with a *meju* of different fermentation period during aging. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1158-1165 (1997)
  12. Oh, H.I. and Park, J.M. Changes in quality characteristics of traditional *kochujang* prepared with a *meju* of different fermentation period during aging. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 1166-1174 (1997)
  13. Choi, J.Y., Lee, T.S. and Noh, B.S. Quality characteristics of *kochujang* prepared with mixture of *meju* and *koji* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 125-131 (2000)
  14. Lee, K.Y., Kim, H.S., Lee, H.G., Han, O. and Chang, U.J. Studies on the prediction of the shelf-life of *kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 588-594 (1997)
  15. Shin, D.H., 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. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 1044-1049 (1997)
  16. Oh, H.I., Shon, S.H. and Kim, J.M. Physicochemical properties of *kochujang* prepared with *Aspergillus oryzae*, *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces rouxii* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 357-363 (2000)
  17. Shin, D.H., Kim, D.H., Choi, U., Lim, D.K. and Lim, M.S. Studies on taste components of traditional *kochujang*. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 152-156 (1996)
  18. Yoo, B.S., Choi, W.S. and Ryu, Y.K. Flow properties of traditional *kochujang*: Effect of fermentation time. J. Korean Soc. Food Nutr. 28: 554-558 (1999)
  19. 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)
  20. Yoo, B.S. and Noh, W.S. Effect of fermentation temperature on rheological properties of traditional *kochujang*. J. Korean Soc. Food Nutr. 29: 860-864 (2000)
  21. Chang, Y.H. and Yoo, B.S. Yield stress of *kochujang* with vane method. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 974-978 (2000)
  22. Yoo, B.S. and Kim, Y.J. Flow properties of *kochujang* using back extrusion method. Food Sci. Biotechnol. 9: 285-287 (2000)
  23. Yoo, B.S. and Lee, S.M. and Chang, Y.H. Rheological properties of *kochujang* as affected by the particle size of red pepper powder. Food Sci. Biotechnol. 10: 311-314 (2001)
  24. Kabayashi, T. and Tabuchi, T. A method employing a tribasic sodium phosphate buffered reagent for estimating seim-micro quantities of reducing sugars. J. Agri. Chem. Soc. Japan 28: 171-180 (1954)
  25. AOAC. Official Method of Analysis, 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1990)
  26. Rao, M.A. and Steffe, J.F. Measuring yield stress of fluid foods. Food Technol. 51(2): 50-52 (1997)

---

(2002년 4월 15일 접수; 2003년 1월 10일 채택)