

## 압착실험조건이 어육연제품의 조직감 면모분석에 미치는 영향

이영승 · 유병승  
동국대학교 식품공학과

### Effect of Compression Test Conditions on Texture Profile Analysis of Surimi-based Products

Young-Seung Lee and Byoung-Seung Yoo  
Department of Food Science and Technology, Dongguk Univ., Seoul 100-715, Korea

#### Abstract

The texture profile analysis (TPA) parameters of commercial surimi-based products were evaluated at various compression test conditions. Cylindrical specimens of diameter to length (D/L) ratio of 1.0, 1.5, 2.0 cm/min were compressed to 50, 65 and 80% using crosshead speeds of 1.7, 3.3, 6.7 cm/min. TPA parameters of three surimi-based products (hardness-1, hardness-2, cohesiveness, springiness, chewiness and gumminess) were analyzed statistically. The TPA parameters were modified by dividing with cross section area and strain. The TPA parameters were affected by D/L and compression ratio except for crosshead speed for all three surimi-based products. The recommended test conditions for TPA of surimi-based products seem to be D/L of 1.5, compression ratio of 80%, and crosshead speed of 1.7 to 6.7 cm/min.

Key words : texture profile analysis, surimi-based product, compression ratio, crosshead speed.

#### 서 론

냉동고기풀(surimi)은 생선을 채육, 수세하여 지방, 수용성 단백질 기타 협잡물을 씻어내고 잘게 다진 후 장기간의 냉동저장을 위해 냉동변성 방지제(cryoprotectant)를 첨가한 어육을 말하며 이에 적당량의 식염, 전분 등 부재료, 조미료 등을 섞어 고기갈이를 하여 얻은 배합육(surimi paste)을 일정한 모양으로 성형하고 가열하여 젤화한 제품이 어육연제품(surimi-based product)이다<sup>(1,2)</sup>. 이와같이 냉동고기풀은 어육연제품의 제조를 위한 중간 생산물로서 고농도의 근원 섬유 단백질을 함유하고 있어 가열시 계살, 새우살, 조갯살 등과 유사한 씹힘성과 탄력성있는 조직감을 부여한다.

식품의 품질을 결정하는 주요 관능요소인 식품의 조직감, 풍미, 외관<sup>(3)</sup> 중에 조직감은 어육연제품의 품질을 평가하는 가장 중요한 요소라 할 수 있다. 이와 같은 조직감 평가의 중요성 때문에 최근 조직감과 관련된 기계적 성질을 평가하기 위한 객관적이고도 정확

한 실험방법에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다<sup>(4)</sup>.

Friedman 등<sup>(5)</sup>은 조직감 면모분석(TPA, texture profile analysis)방법과 TPA 매개변수를 측정하기 위한 General Foods(GF) texturometer를 개발, 발전시켰으며, Bourne<sup>(6)</sup>이 식품의 TPA 측정을 위해 Instron Universal Testing Machine(Instron co., U.S.A)을 처음 사용한 이후 Instron이 널리 사용되어왔다. 최근에는 컴퓨터 프로그램화된 TA-TX2 Texture Analyzer와 Instron을 이용하여 TPA를 기계적으로 측정하고 있다. 그러나 TPA 측정시 부적절한 실험 조건, 실험계획 및 통계 분석 등으로 인하여 연구자에 따라 TPA 매개변수를 얻기 위한 측정조건들이 달라서 실제적으로 이들 실험 결과들을 서로 비교할 수 없는 것이 문제점으로 지적되었으며<sup>(7)</sup>, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 시료의 종류에 따라 적절한 TPA 실험조건이 제시되어야 한다. Table 1은 어육연제품의 조직과 유사한 젤 시료의 TPA를 분석하기 위해 많은 연구자들<sup>(8-19)</sup>이 사용했던 실험조건들을 요약한 것이다. 이들은 시료의 높이(L) 12-30 mm, 직경(D) 15-50 mm, 압착율(compression ratio) 20-86%, 변형속도(cross-head speed) 48-450 mm/min 등 다양한 실험조건을 제시하고 있다.

본 연구에서는 압착실험조건이 어육연제품의 TPA

Corresponding address : Byoung-Seung Yoo, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, 3 Pil-dong, Chung-gu, Seoul 100-715, Korea

**Table 1. Texture profile parameters used by various investigators for gel products**

Investigator(s)	Product	L(cm)	D(cm)	D/L	Compression ratio(%)	Crosshead speed (mm/min)	Instrument
Toda et al(1971)	Plant protein gels	2.0	3.0	1.5	85	408	GF Texturometer
Yasumatsu et. al(1972a)	Soybean derived gels	2.0	3.0	1.5	85	408	GF Texturometer
Yasumatsu et al(1972b)	Kamaboko with soybean ingredients	2.0	3.0	1.5	85	408	GF Texturometer
Szczesniak(1975b)	Gel systems	2.2	5.0	2.27	86	450	GF Texturometer
Szczesniak and Hall (1975)	Gels	2.2	5.0	2.27	86	450	GF Texturometer
Kobayashi and Nakahama (1986)	Mixed gels: $\kappa$ -carrageenan/gelatin and agar/gelatin	1.2	3.0	2.5	83.3	240	Rheometer
Munoz et al(1986a)	Gelatin gels	2.0 (cm <sup>3</sup> )			40,75,85 70,85	50, 200	Instron
Munoz et al(1986b)	Gelatin, sodium alginate and $\kappa$ -carrageenan gels	2.0 (cm <sup>3</sup> )		20,80		200	Instron
Trzeciecki et al(1992)	Agar,pectin,gelling starch and gelatin gels	3.0	3.8	1.23	20		Instron
Konstance(1993)	Calcium caseinate gels	1.5	1.5	1	50	50	Instron
Tang et al(1995)	Whey protein concentrate gel	2.0	2.5	1.25	50	50	Instron

매개변수들에 미치는 영향을 평가하여 어육연제품의 TPA 측정을 위한 최적조건들을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험의 시료로는 현재 시판 중에 있는 어육연제품 중 시료간에 조직감의 차이가 있는 세 가지 제품 (A, B, C)을 선택하여 사용하였다. 이들 제품 중 A와 B제품은 튀긴 어묵이고, C제품은 찐어묵에 속한다. A 제품의 재료의 구성비율은 냉동연육 46.7%, 소맥전분 12.4%, 돈지방 18.7%, 정제수 21.7%, 기타(정제염, 조미료, pH 조정제 등) 0.5%이고, B제품의 재료 구성비율은 냉동연육 47.3%, 소맥전분 14.2%, 대두단백 1.2%, 정제수 33.1%, 기타(정제염, 조미료 등) 4.2%이다. 또한 찐어묵인 C제품의 재료는 냉동연육 60.1%, 소맥전분 6.1%, 정제수 29.1%, 기타(정제염, 조미료, pH 조정제 등) 4.7% 비율로 구성되어 있다. 이들 어육연제품은 충분한 양의 균일한 시료를 확보하기 위해 한 batch로 제조되었으며, 제조 즉시 -25°C에서 냉동 보관되었다. 실험시료로 사용 시에는 냉동제품을 24시간 전에 4°C 냉장고에서 해동시켜 그 다음날 사용하였다.

### 압착실험

시료는 steel bore를 사용하여 원주형으로 만들었으며 시료의 높이와 직경의 비율(D/L)을 1.0, 1.5, 2.0로 구분하기 위해 시료의 높이(L)는 1 cm로 일정하게 유지하고, 직경(D)은 1.0, 1.5, 2.0 cm로 하였다. 시료들은

실온에서 Texture Analyser (TA-TX2, England)를 사용하여 1.7, 3.3, 6.7 cm/min의 변형속도로 시료 본래의 높이에 대해 50, 65, 80% 압착율(compression ratio)로 압착하였으며, 3회 반복 실험하였다.

### 조직감 면모분석 (TPA)

TPA 매개변수로는 경도-1(hardness-1), 경도-2(hardness-2), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 등이 결정되었다. 경도-1은 Fig. 1에서 보여주고 있듯이 첫 번째 압착에서 가장 높은 압착힘(B)을 의미하고, 경도-2는 두 번째 압착에서 가장 높은 압착힘(G)을 말한다. 탄력성은 첫

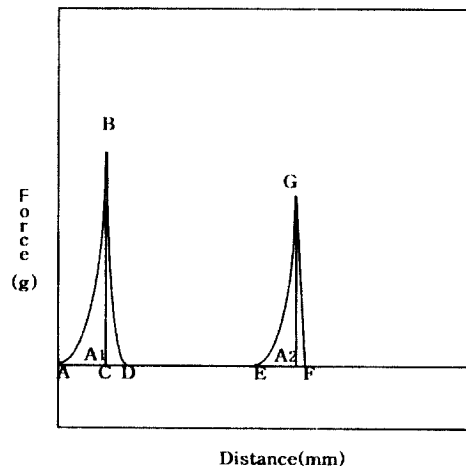


Fig. 1. Typical force-distance curve in TPA test.

Table 2. Duncan's test results for the TPA parameters of sample A

Mean values						
	H1(N/cm <sup>2</sup> )	H2(N/cm <sup>2</sup> )	E(cm <sup>-2</sup> )	COH	GUM(N/cm <sup>2</sup> )	CHEW(J/cm <sup>4</sup> )
<b>D/L</b>						
<b>2.0</b>	27.79ab	24.05ab	0.253c	0.605a	15.74a	3.84c
<b>1.5</b>	31.28a	27.13a	0.463b	0.598a	17.26a	7.55b
<b>1.0</b>	19.97b	17.47b	0.976a	0.542a	9.52b	9.10a
<b>Speed(cm/min)</b>						
<b>6.7</b>	27.51a	22.93a	0.561a	0.578a	14.63a	7.19a
<b>3.3</b>	26.11a	23.45a	0.561a	0.584a	14.31a	6.84a
<b>1.7</b>	25.41a	22.32a	0.548a	0.560a	13.57a	6.47a
<b>Compression(%)</b>						
<b>50</b>	11.88c	10.63c	0.640a	0.684a	8.16c	4.84b
<b>65</b>	22.65b	19.89b	0.567a	0.616b	14.03b	7.40a
<b>80</b>	44.50a	37.34a	0.477a	0.435c	20.31a	8.26a
<b>Correlation coefficients</b>						
<b>D/L</b>	0.11(0.31)	0.20(0.07)	-0.94(***)	0.19(0.08)	0.37(**)	-0.89(***)
<b>Speed</b>	0.05(0.60)	0.01(0.86)	0.01(0.89)	0.01(0.93)	0.05(0.59)	0.09(0.39)
<b>Comp.</b>	0.88(***)	0.86(***)	-0.20(0.06)	-0.86(***)	0.72(***)	0.46(***)
<b>Range</b>	7.78-62.89	6.91-56.00	0.195-1.220	0.30-0.725	5.38-36.21	2.06-13.41

D/L = diameter to length ratio; Comp. = compression; \*\*\*=  $p \leq 0.0001$ ; \*\*=  $p \leq 0.001$ ; H1 = hardness-1

H2 = hardness-2; E = springiness; COH = cohesiveness; GUM = gumminess; CHEW = chewiness;

TPA = texture profile analysis.

a,b,c = Data with the same letter in a column, within a category, are not significantly at  $p > 0.05$  level.

Numbers in the brackets are the probabilities that there is no correlation.

번째 압착 후에 다시 회복되는 시료의 높이(EF/AC), 응집성은 면적(A2/A1)의 비율, 씹힘성(chewiness)은 [경도-1×탄력성×응집성], 껌성은 [경도-1×응집성]으로 나타났다. 일반적으로 경도, 응집성, 껌성, 씹힘성은 압착율이 증가할수록 압착힘이 증가하며<sup>(20)</sup> 이들 TPA 매개변수의 증가율은 또한 매우 다양하다. 특히, 경도의 증가율이 압착율의 증가로 가속화되므로 이런 압착에 의한 효과를 보완할 필요가 있다<sup>(21)</sup>. 따라서 본 실험에서는 응집성을 제외한 나머지 매개변수들은 시료의 횡단면적과 변형율(strain)로 나누어 수정하였다. 여기서 얻어진 경도-1, 2와 껌성의 단위는 N/cm<sup>2</sup>(force/area), 탄력성의 단위는 cm<sup>2</sup>, 씹힘성의 단위는 J/m<sup>4</sup>로 각각 표시되었다.

#### 통계분석

통계적 분석은 Statistical Analysis System<sup>(22)</sup>을 이용하여 분산분석을 위한 ANOVA, 상관관계를 위한 CORR 그리고 다범위 검증을 위해 DUNCAN Test가 사용되었다.

### 결과 및 고찰

압축실험조건에 따른 시료간의 조직감 차이

시료 A: Table 2는 탄력성과 씹힘성이 D/L이 감소함에 따라 증가함을 보여주고 있다. 경도와 껌성의 측정치는 D/L 2와 D/L 1.5에서 유의적인 차이를 보여주지 않았으며, D/L 1에서는 가장 낮은 측정치를 나타냈다. 한편, 탄력성과 응집성을 제외한 나머지 매개변수들은 압착율의 증가로 인해 증가했다. 반면에 모든 매개변수들의 측정치들은 변형속도의 변화에 의해 영향을 받지 않았다. 따라서 TPA의 매개변수는 시료의 크기와 변형율에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. Peleg<sup>(23)</sup>는 시료의 반경이 좁은 시료에서는 시료의 변형이 실제적으로 높은 변형율에서 일어나기 때문에 반경이 넓은 시료에 비해 높은 경도 측정치를 보여준다고 보고하고 있다. 이와 같이 압착실험 조건에 따라 매개변수의 측정치가 달라지기 때문에 하나의 적절한 압축실험 조건에서 측정된 매개변수들만이 서로 비교가 가능하다고 할 수 있다. A시료의 경도 측정치가 세 시료 중 가장 높게 나타났는데(Table 2-4) 이는 시료 A가 높은 함량의 돈지방을 함유하고 있어 시료의 경도에 영향을 미친 것으로 보인다.

시료 B: Table 3은 탄력성을 제외한 모든 매개변수들이 압착율에 따라 다른 측정치를 보여주고 있으며,

Table 3. Duncan's test results for the TPA parameters of sample B

	Mean value					
	H1(N/cm <sup>2</sup> )	H2(N/cm <sup>2</sup> )	E(cm <sup>-2</sup> )	COH	GUM(N/cm <sup>2</sup> )	CHEW(J/cm <sup>4</sup> )
<b>D/L</b>						
2.0	17.38a	14.21a	0.264c	0.408a	6.99a	1.76c
1.5	18.49a	15.16a	0.472b	0.419a	7.51a	3.50b
1.0	12.33b	9.37b	1.055a	0.393a	4.41b	4.86a
<b>Speed(cm/min)</b>						
6.7	17.16a	13.29a	0.621a	0.412a	6.87a	3.81a
3.3	16.01a	13.07a	0.600a	0.414a	6.45a	3.49a
1.7	15.03a	12.51a	0.567a	0.394a	5.58a	2.82a
<b>Compression(%)</b>						
50	9.55c	6.96c	0.645a	0.492a	4.74b	2.73b
65	11.95b	9.72b	0.596a	0.341b	4.68b	2.49b
80	26.70a	22.03a	0.550a	0.345b	9.48a	4.90a
	<b>Correlation coefficients</b>					
<b>D/L</b>	0.24(0.02)	0.26(0.01)	-0.94(***)	0.07(0.50)	0.36(**)	-0.65(***)
<b>Speed</b>	0.10(0.35)	0.04(0.71)	0.06(0.58)	0.07(0.48)	0.17(0.12)	0.19(0.07)
<b>Comp.</b>	0.84(***)	0.85(***)	0.41(***)	-0.67(***)	0.67(***)	0.45(***)
<b>Range</b>	5.56-35.44	3.99-30.06	0.191-1.340	0.272-0.594	2.44-13.66	1.15-9.50

D/L = diameter to length ratio; Comp. = compression; \*\*\*=  $p \leq 0.0001$ ; \*\*=  $p \leq 0.001$ ; H1 = hardness-1  
H2 = hardness-2; E = springiness; COH = cohesiveness; GUM = gumminess; CHEW = chewiness;  
TPA = texture profile analysis.

a,b,c = Data with the same letter in a column, within a category, are not significantly at  $p > 0.05$  level.  
Numbers in the brackets are the probabilities that there is no correlation.

또한 응집성을 제외한 다른 매개변수들은 D/L에 의해 영향을 받고 있음을 보여주고 있다. 시료 A와 마찬가지로 모든 매개변수들의 측정치들은 변형속도의 변화에 의해 영향을 받지 않았다. 경도와 씹성의 측정치 또한 D/L 2와 1.5에서 유의적인 차이를 보여주지 않았으며, D/L 1에서는 가장 낮은 측정치를 나타냈다. 탄력성은 D/L의 증가로 감소하였으며, 반면에 응집성은 D/L의 변화에 어떠한 영향도 받지 않았다. 경도 측정치가 세 시료 중 가장 낮게 나타났는데(Table 2-4), 이는 시료 B가 시료 A와 C에 비해 낮은 함량의 단백질로 구성되어 있기 때문으로 추정된다.

시료 C: 시료 A, B와 마찬가지로 모든 매개변수들의 측정치들은 변형속도의 변화에 의해 영향을 받지 않았다(Table 4). 경도-1과 경도-2를 제외한 모든 매개변수들은 D/L에 의해 영향을 받았으며, 특히 탄력성과 씹힘성은 D/L이 증가함에 따라 감소하였다. 경도-1, 2와 씹성은 압착율이 증가함에 따라 증가하였으나 응집성은 감소한 반면에 탄력성과 씹힘성에는 어떠한 영향도 미치지 않았다. 압착율에 따른 경도의 측정치가 시료 A와 같이 높게 나타났는데 이는 시료 C가 구성 성분 중 냉동연육이 60%이상 들어있기 때문인 것으로

판단된다. A, B 시료와 마찬가지로 경도와 씹성의 측정치들은 D/L 2와 1.5에서 유의적인 차이를 보여주지 않았으며, D/L 1에서는 가장 낮은 측정치를 나타냈다(Table 2-4).

#### 압착실험 조건의 영향

압착율 : 일반적으로 젤 제품들의 경우 70-80% 이상의 압착율에서는 시료가 완전히 파괴된다고 보고되고 있다<sup>(19)</sup>. 본 실험에서 세 시료 모두 압착율의 증가(50-80%)로 경도의 값이 비례적으로 증가했는데 이는 세 시료 모두 압착율 80%까지 시료의 내부구조가 완전히 파괴되지 않은 것으로 판단된다. 특히, 경도의 측정치의 증가는 시료 B의 경우 50-65% 보다는 65-80%로 증가할 때 2.2배 증가하였으나 세 시료 모두 압착율이 탄력성에는 영향을 미치지 않았다. 탄력성의 측정치를 비교해 보면 시료 A와 B는 거의 비슷했으며 시료 C가 가장 높은 것으로 나타났다. 씹힘성은 경도-1, 응집성, 탄력성의 결과이기 때문에 시료 C가 모든 압착율에서 가장 높은 씹힘성 측정치를 보여주었다. 시료 B의 80%를 제외하고는 응집성은 모든 시료에 대해 압착율의 증가로 감소하였다.

Table 4. Duncan's test results for the TPA parameters of sample C

	Mean values					
	H1(N/cm <sup>2</sup> )	H2(N/cm <sup>2</sup> )	E(cm <sup>-2</sup> )	COH	GUM(N/cm <sup>2</sup> )	CHEW(J/cm <sup>4</sup> )
<b>D/L</b>						
2.0	27.08a	23.24a	0.282c	0.572ab	14.65a	4.18c
1.5	27.91a	23.45a	0.541b	0.593a	14.95a	7.46b
1.0	23.94a	18.42a	1.125a	0.505b	10.97b	12.35a
<b>Speed(cm/min)</b>						
6.7	22.93a	21.57a	0.648a	0.559a	14.26a	8.78a
3.3	23.45a	21.49a	0.632a	0.555a	13.09a	7.56a
1.7	22.32a	22.05a	0.621a	0.556a	13.23a	7.65a
<b>Compression(%)</b>						
50	14.91c	13.06c	0.664a	0.726a	10.87c	7.12a
65	23.40b	17.82b	0.632a	0.536b	12.70b	7.75a
80	40.57a	33.22a	0.605a	0.408c	16.99a	9.12a
	<b>Correlation coefficients</b>					
<b>D/L</b>	0.11(0.31)	0.20(0.07)	-0.94(***)	0.19(0.08)	0.37(**)	-0.89(***)
<b>Speed</b>	0.08(0.46)	-0.01(0.88)	0.03(0.78)	0.01(0.93)	0.11(0.29)	0.13(0.21)
<b>Comp.</b>	0.92(***)	0.88(***)	-0.06(0.55)	-0.90(***)	0.62(***)	0.21(0.05)
<b>Range</b>	12.11-53.84	10.21-47.02	0.257-1.330	0.30-0.79	7.94-29.16	2.57-15.45

D/L = diameter to length ratio; Comp. = compression; \*\*\*=  $p \leq 0.0001$ ; \*\*=  $p \leq 0.001$ ; H1 = hardness-1  
H2 = hardness-2; E = springiness; COH = cohesiveness; GUM = gumminess; CHEW = chewiness;  
TPA = texture profile analysis.

a,b,c = Data with the same letter in a column, within a category, are not significantly at  $p > 0.05$  level.  
Numbers in the brackets are the probabilities that there is no correlation.

변형속도 : 변형속도는 세 시료 모두 통계적으로 유의적 차이를 나타내지 않았다. 따라서 변형속도 1.7-6.7 cm/min의 범위에서는 어떤 변형속도로 실험을 해도 시료 모두가 유의적인 차이가 없이 TPA 매개변수 측정치를 갖는다는 것을 의미하였다.

시료 크기(D/L): D/L 비율은 시료 A와 B의 응집성, 시료 C의 경도를 제외한 모든 매개변수들에 영향을 미쳤으며, 시료 B의 경우는 탄력성과 씹힘성을 제외하고는 D/L 1.5와 2에서 유의적인 차이를 보여주지 않았다. 시료가 압착될 때 시료의 옆이 팽창되면서 동시에 시료의 수축이 나타나는데, 이는 높은 D/L 비율에서 더 큰 팽창을 초래하여 시료의 총 탄력성이 감소하게 된다<sup>(21)</sup>. 이런 탄력성의 감소는 변형율(strain)의 증가와 이에 상응하는 경도를 의미하며, 따라서 D/L 비율의 증가로 경도가 증가하는 것이다. 또한 높은 D/L에서는 시료의 구조적 안정성으로 인해 시료의 입자 결합이 쉽게 파괴되지 않는다. 따라서 낮은 D/L ( $\leq 1$ )에서는 시료의 측면의 팽창으로 인한 시료조직의 영향은 무시될 수 있다. 탄력성은 D/L에서의 증가로 감소했는데 이는 D/L이 증가할수록 더 나은 구조적 안정성 때문에 처음 압착 이후에 시료높이의 회복이 잘

안되기 때문이다<sup>(21)</sup>.

결론적으로 TPA 매개변수들은 세 가지 형태의 어육연제품 모두에서 D/L과 압착율에 의해 주로 영향을 받은 것으로 나타나 어육연제품에 대한 TPA 실험은 D/L = 1.5, 압착율 = 80%, 압착속도 = 1.7-6.7 cm/min의 실험조건에서 측정하는 것이 바람직하다고 본다.

## 요 약

세 가지 시판 어육연제품에 대한 TPA 매개변수들이 여러 압착조건들에 의해 평가되었다. 지름(D)과 높이(L)의 비율(D/L)이 1, 1.5, 2인 시료가 1.7, 3.3, 6.7 cm/min의 속도로 50%, 65%, 80% 압착되었다. TPA 매개변수인 경도, 응집력, 탄력성, 껌성, 씹힘성이 얻어졌으며 통계분석에 의해 비교 분석되었다. TPA 매개변수는 시료의 단면적으로 나뉘어 수정되었다. 본 실험결과 TPA 매개변수들은 세 가지 형태의 어육연제품 모두에서 D/L과 압착율에 의해 크게 영향을 받으므로 시료의 크기, 변형의 정도 그리고 변형속도 등의 압착 실험조건이 시료간에 크게 차이가 나면 각 시료들의 TPA 매개변수들은 서로 비교될 수 없음을 보여 주었으며, 어육연제품에 대한 TPA 최적 실험 조건들은 D/

L = 1.5 , 압착율 = 80%, 압착속도 = 1.7-6.7 cm/min로 나타냈다.

### 감사의 글

본 연구는 동국대학교 연구비 지원에 의하여 연구 되었으며 이에 감사 드립니다.

### 문 헌

1. Lee, C.M. Surimi process technology. Food Technol. 38: 69-80 (1984)
2. Okada, M. History of surimi technology in Japan, pp. 3-22. In: Surimi technology. Lanier, T.C. and Lee, C.M. (Ed.). Marcel Dekker, Inc., New York, USA (1992)
3. Bourne, M. C. Texture profile analysis. Food Technol. 33: 62-66, 72 (1978)
4. Szczesniak, A. S. Sensory Texture Profiling-Historical and Scientific Perspectives. Food Technol. 52: 54-57 (1998)
5. Friedman, H. H., Whitney, J. E. & Szczesniak, A. S. The texturometer-a new instrument for objective texture measurement. J. Food Sci. 28: 390-396 (1963)
6. Bourne, M. C. Texture profile of ripening pears. J. Food Sci. 33: 223-226 (1968)
7. Breene, W. M. Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. J. Texture Studies 6: 53-82 (1975)
8. Toda, J., Wada, T., Yasumatsu, K. and Ishii, K. Application of principal component analysis to food texture measurement J. Texture Studies 2: 207-219 (1971)
9. Yasumatsu, K., Toda, J., Wada, T., Misaki, M. Ishii, K. Studies on the functional properties of food-grade soybean products. III, properties of heat-coagulated gels from soybean products. Agr. Biol. Chem. 36: 537-543 (1972)
10. Yasumatsu, K., Misaki, M., Tawada, T., Sawada, K., Toda, J. and Ishii, K. Utilization of soybean products in fish paste products. Agr. Biol. Chem. 36: 737-744 (1972)
11. Szczesniak, A. S. Textural characterisation of temperature sensitive foods. J. Texture Studies. 6: 139-156 (1975)
12. Szczesniak, A.S. and Hall, B. J. Application of the General Foods Texturometer to specific food products. J. Texture Studies 6: 117-138 (1975)
13. Kobayashi, M. and Nakahama, N. Rheological properties of mixed gels. J. Texture Studies 17: 161-174 (1986)
14. Munoz, A. M. Pangborn, R. M. and Noble, A. C. Sensory and mechanical attributes of gel texture I. Effect of gelatin concentration. J. Texture Studies 17: 1-16 (1986)
15. Munoz, A. M. Pangborn, R. M. and Noble, A. C. Sensory and mechanical attributes of gel texture. II. Gelatin, sodium alginate and  $\kappa$ -carrageenan gels. J. Texture Studies 17: 17-36.(1986)
16. Rzeciecki, M., Swiderski, F. and Fedorowicz, E. Studies on selection of methods for comparative estimation of gelling properties of vegetable hydrocolloids and gelatine. Fruit Process. 2: 173-175 (1992)
17. Konstance, R. P. Axial compression properties of calcium caseinate gels. J. Dairy Sci. 76: 3317-3326 (1993)
18. Tang, Q., McCarthy, O. J. and Munro, P. A. Effects of pH on whey protein concentrate gel properties-comparisons between small deformation(dynamic) and large deformation(failure) testing. J. Texture Studies 26: 255-272 (1995)
19. Choi, W.S. and Lee, C.H. Effect of compression test conditions on the textural parameters of imitation crab-leg product. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1077-1084 (1998)
20. Pons, M and Fiszman, S.M.: Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. J. Texture Studies 27: 597-624 (1996)
21. Mittal, G.S., Nadulski, R., Barbut, S. and Negi, S.C. Textural profile analysis test conditions for meat products. Food Res. Int. 25: 411-417 (1992)
22. SAS Institute Inc. SAS User's Guide, Cary, NC. USA (1985)
23. Peleg, M. The role of the specimen dimensions in uniaxial compression of food materials. J. Food Sci. 42: 649-651, 659 (1977)

(1999년 7월 22일 접수)