*KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.*
*Vol. 30, No. 5, pp. 1085~1091 (1998)*

# 시판 어묵 및 게맛살의 변형력완화 실험을 통한 유변학적 특성

최원석 · 이철호
고려대학교 생명공학원 식품가공핵심기술연구센터

# Determination of Rheological Properties of Surimi Gels and Imitation Crab-leg Products by Stress-Relaxation Test

Won-Seok Choi and Cherl-Ho Lee
*Center for Advanced Food Science and Technology (CAFST)*
*Graduate School of Biotechnology, Korea University, Seoul, 136-701, Korea*

**Abstract**

The purpose of this study was to investigate the rheological properties of surimi gels and imitation crab-leg products by stress-relaxation test and to examine the correlations between stress-relaxation parameters and T.P.A. parameters. The linear viscoelasticity of surimi gels and imitation crab-leg products was observed in the range of the strain of 5~20% at cross-head speed 2.4 mm/sec. The average tensile forces of surimi gels and imitation crab-leg products were similar, 370.4 g and 436.4 g, respectively, but surimi gels showed higher relaxation time and viscous component (17256.1 sec, $1.357\times10^{10}$ poise) than those of imitation crab-leg products (6110 sec, $0.519*10^{10}$ poise). Estimated tensile force of each exponential term in relaxation test was highly related with hardness, gumminess and chewiness of T.P.A. ($r=0.93, 0.93, 0.95, p<0.01$), the relaxation time of each exponential term was rrelated with cohesiveness ($r=0.89, p<0.01$) of T.P.A. and the elastic component of exponential term with gumminess, chewiness and hardness ($r=0.92, 0.94, 0.93. p<0.01$) of T.P.A.. The viscous component of exponential term was related with cohesiveness ($r=0.83, p<0.05$) of T.P.A.. The degree of texturization was negatively related with the relaxation time and viscous component ($r=-0.92, -0.96, p<0.01$).

Key words: surimi gels, imitation crab-leg product, stress-relaxation test

## 서 론

어묵과 게맛살은 고기풀(surimi)을 주원료로 하고 전분 등을 첨가 혼합한 후 가열하여 겔화시킨 대표적인 고기풀 가공제품이다. 고기풀은 생선살을 물로 세척하고 탈수한 후 냉동보호제(cryoprotectant)를 첨가하여 성형한 것으로 독특한 gel화 특성과 수분함유능력을 갖고 있으므로 여러 가지 조직화 단백제품의 원료로 이용되고 있다[1,2].

생선단백질로 만든 이들 고형식품의 점탄성을 측정하는 기계적인 방법은 여러 가지가 있으나, 시료에 일정한 변형(strain)을 주고, 그 변형을 일정하게 유지시키는데 필요한 변형력(stress)의 변화를 시간의 함수로서 측정하는 변형력완화시험(stress relaxation test)이 그중 한 가지이다. 변 등[3]은 양갱의 물성에 관한 연구에서, 홍과 이[4]는 열변성글루텐의 점탄성측정에 관한 연구에서 이 시험방법을 이용하였다. Weinberg와 Angel[5]은 변형력완화시험에 영향을 주는 요소를 조사하였고, Masi[6]는 치즈의 특성에 대한 연구, Sato와 Nakayama[7]는 갈은 고기의 결합력에 관한 연구, Peleg와 Normand[8]는 고체식품의 내부구조에 대한 정보에 관한 연구를 수행하는데 이 방법을 사용하였다. 또한 Ziegler와 Rizvi[9]의 망상구조내의 가교결합측정등, 고체식품의 물성학적 특징을 나타내는데 일반적으로 이 시험방법이 널리 이용되고 있다.

본 실험에서는 변형력완화시험을 통하여 고기풀을 주원료로 하는 시중 게맛살과 어묵의 물성학적 성질을 조사하였다. 더불어, 이들 결과와 관능검사 결과를 유기적으로 연결시켜 식품의 품질을 결정하는 척도로 이용하고자, 전보[10]에서 보고한 어묵 및 게맛살의 조직감 면모분석(Texture Profile Analysis, T.P.A.)값들과

Corresponding author: Cherl-Ho Lee, Center for Advanced Food Science and Technology (CAFST), Graduate School of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

의 상관관계를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 시료는 국내에서 제조판매되고 있는 2종류의 어묵과 5종류의 게맛살을 서울시내 백화점에서 구입하였으며, 시료간 제조년월일의 차이가 ±2일 이하의 것을 사용하였다.

### 변형력완화실험

조직감측정시료는 원래의 포장상태대로 4±0.5°C 냉장고에 보관하여 실험직전에 꺼내 사용하였으며, Texture Analyser (TA-XT2, England)를 이용하여 일정 크기(17×35×10 mm)로 자른맛살을 인장실험(tensile test)용 클램프에 고정시킨 후 클램프사이의 간격을 15 mm로 한 상태에서, 변형속도(cross-head speed) 2.4 mm/sec로 변형율(tensile ratio) 20%가 되도록 상하로 잡아당겨 시간에 따른 변형력 완화를 조사하였다. 측정중 수분의 증발을 방지하기 위하여 시료의 표면에 바세린을 발랐다.

### 변형력완화 곡선의 분석

변형력 완화곡선의 분석은 일반화된 Maxwell model을 사용하였다.

$$\sigma(t)=\varepsilon_0 (Ed_1 e^{-t/T1} + Ed_2 e^{-t/T2} + \cdots + Ed_n e^{-t/Tn} + Ee)$$

여기서

$\sigma(t)$ : 시간 t일때의 변형력
$\varepsilon_0$ : t=0일때의 변형
$Ed_1, Ed_2, \cdots, Ed_n$ : 탄성계수
$T_1, T_2, \cdots, Tn$ : 완화시간을 나타낸다.

본실험에서는 축차잔차법(successive residual method)을 이용하여 변형력 완화곡선을 분석하였다[4,11]. 축차잔차법에 의한 변형력완화 곡선의 분석은 다음과 같은 3개의 Maxwell body가 조합된 일반화된 Maxwell model로 나타내어질 수 있다.

$$\sigma(t)=\sigma_1 e^{-t/T1} + \sigma_2 e^{-t/T2} + \sigma_3 e^{-t/T3}$$

여기서 $\sigma_{1-3}$는 곡선의 직선부에서 외접선으로 그은 직선의 Y축 절편이며, T1-3은 이 외접선의 기울기로 구해진다. Fig. 1은 게맛살의 대표적인 완화곡선에 대해 축차잔차법으로 분석한 예이다.

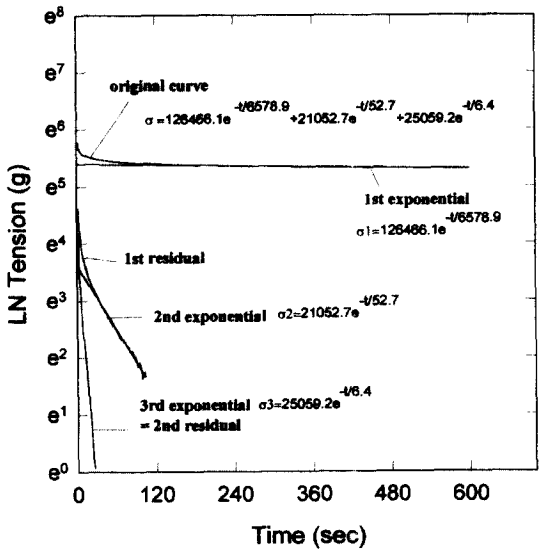


**Fig. 1. Analysis of stress relaxation of a imitation crab-leg product by the method of successive residuals.**

### 결 형성도 측정

근육섬유조직의 결(방향성)형성도를 측정하기 위해서 결이 형성되어있지 않은 어묵과 결이 형성된 게맛살을 비교하였다. 결형성도는 가로, 세로 동일한 크기(17×17×10 mm)의 시료를 변형력 완화시험과 동일한 변형속도(2.4 mm/sec)로 결방향(게 맛살의 경우)과 수직방향에서 절단할 때 드는 힘(F1)과 결방향으로 절단할 때 드는 힘(F2)으로부터 아래와 같이 계산하였다 (Fig. 2).

결 형성도(Degree of Texturization, D.T.) :
[(F1-F2)/F2]
F1 : 결 과 수직 방향의 절단력 (F1) (g)

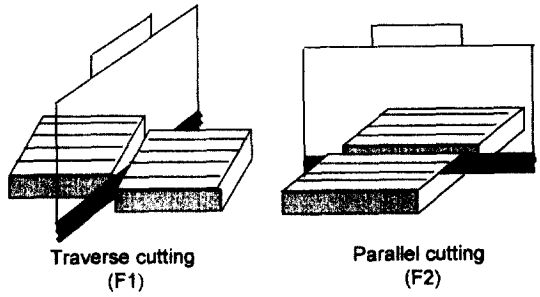


**Fig. 2. Diagram showing the measurement of cutting force to evaluate the degree of texturization of surimi gels and imitation crab-leg products.**

F2 : 결 방향의 절단력 (F2) (g)

즉 결이 형성된 경우 결의 수직방향 절단력이 결과 같은 방향의 절단력보다 커지므로 이 값이 커지게 된다.

조직감 측정(T.P.A.측정)

전보[10]에서 기술된 바와같이 어묵 및 게맛살의 조직감에 대한 기계적 측정을 Bourne[12]의 Texture Profile Analysis (T.P.A.)방법에 따라 texture analyser로 2회 반복 압착시험을 시행하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness) 탄력성(springiness)과 껌성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다.

통계분석

변형력완화실험결과, T.P.A.실험 및 절단실험결과들의 상관관계를 분석하기 위하여 1차 회귀분석을 이용하였으며, 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System)로 처리하였다[13,14].

## 결과 및 고찰

인장율 및 변형속도에 의한 게맛살의 변형력 변화현상

인장율(tensile ratio) 및 변형속도(cross-head speed)가 시료의 점탄성에 미치는 영향을 조사하기 위해서 일정변형속도(2.4 mm/sec)에서 각 인장율(5~40%)에 대한 변형력과, 일정인장율(20%)에서 각 변형속도(0.8~3.2 mm/sec)에서의 변형력을 측정하였다.

변형력완화실험의 수학적해석에 있어서 시료의 균질성과 선형점탄성범위는 중요한 제한 조건이다[15]. 식품은 비교적 불균일한 조직을 가지고 있으며, 물질의 선형점탄성범위는 일반적으로 매우 좁아, 조직의 파괴를 수반하는 식품조직감 측정조건에 맞지 않는다. 따라서 점탄성 특성이 식품의 조직감과 관련되려면 변형율은 선형점탄성의 제한적 범위보다 훨씬 커져야 한다[18].

이러한 제한 조건에도 불구하고 많은 연구자들이 식품의 점탄성 실험치를 Maxwell model에 적용하려는 시도를 해왔으며 그 이유는 식품 gel의 경우 비교적 넓은 변형율범위(~20%)에서 대략적인 선형적점탄성을 관찰할 수 있는 경우가 많기 때문이다[3-5,16,18].

선형점탄성 범위에서 고체는 Hooke의 탄성체처럼 행동하며, stress와 strain은 직선적 관계를 가진다[20]. 본 실험에서는 변형속도 2.4 mm/sec의 경우, 맛살은 인장율(strain) 5~20%, 어묵은 5~25%의 범위에서 엄밀한 의미의 Hooke의 탄성체처럼 행동하지는 않았으나, stress와 strain사이의 관계가 거의 직선에 가깝게(r=0.9991, r=0.9983) 나타났다(Fig. 3). 따라서 재료가 이상적인 단일성분물질이 아닌 여러성분의 복합체인 식품임을 감안하여 이 범위를 대략적인 선형점탄성의 범위라고 간주하였다[16].

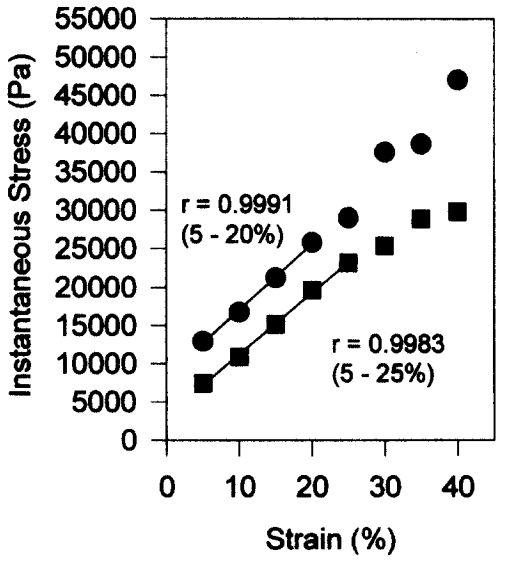


**Fig. 3. Changes in tensile force of surimi gels and imitation crab-leg products measured with various strain levels at the constant cross-head speed (2.4 mm/sec).** ■: surimi gels, ●: imitation crab-leg products

시료에 대한 인장율 및 변형속도가 증가할수록 변형력은 증가하였으며(Fig. 3, 4) 변[3], Weinberg[5], 강[16] 등도 이와 상응하는 결과를 보였다. 변형력이 변형속도에 비례하여 높게 나타나는 것은 stress decay가 적어짐에 따른 것으로 생각된다.

본 실험에서는 대략적인 선형점탄성 범위인 변형속도 2.4 mm/sec, 인장율 20%의 조건에서 실험을 실시하였다.

어묵 및 게맛살의 변형력완화시험 분석 결과

어묵 및 게맛살의 변형력완화시험의 곡선을 축차잔차법으로 분석한 결과를 Table 1, 2에 나타내었다.

Table 1은 어묵 2종과 맛살 5종의 초기인장력과 축차잔차법에 의해서 구한 각 지수항의 직선식에 대한 기울기와 절편값 그리고 직선식의 상관계수를 나타낸 것이다. 각 지수항들이 전체 변형력완화곡선을 설명하는 비율은 첫번째 지수항 까지는 약 70%, 두번째 지수항까지는 약 80% 그리고 세번째 지수항까지는 94~99.9%로 거의 100%를 설명해 주는 것으로 나타났다.

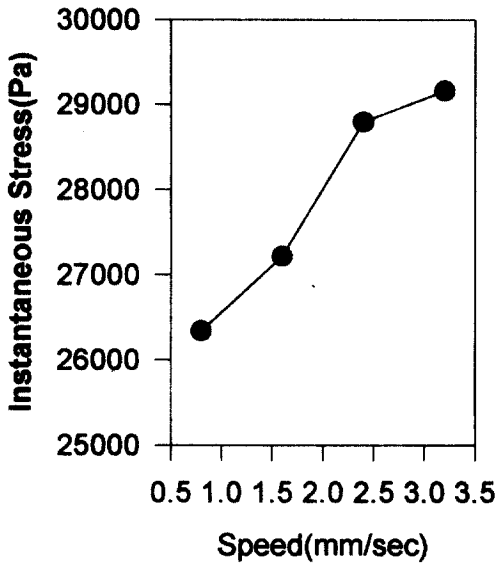


**Fig. 4. Changes in tensile force of a imitation crab-leg products measured with various cross-head speed level at the constant strain (20%).**

따라서 2종류의 어묵 및 5종류의 게맛살의 점탄성은 세개의 Maxwell 모델을 병렬로 연결한 6-element 모델로 설명할 수 있다.

Table 2에는 Table 1의 기울기와 절편으로부터 계산한 변형력완화변수들을 나타내었다. 어묵과 맛살을 비교시, 초기변형력은 2종류 어묵의 평균값이 370.4 g으로 5종류 맛살의 평균값 436.4 g과 그리 큰 차이를 나타내지 않았으나, 변형력완화시간(T1)과 점성성분(η1)을 비교시 어묵의 경우가 각각 17256.1 sec와 $1.357\times10^{10}$ poise로 여러종류의 맛살의 평균값인 6110 sec와 $0.519\times10^{10}$ poise 보다 월등히 높은 값을 나타내었다. 변형력완화시간이 길다는 것은 변형력완화가 완만하게 일어남을 의미하며, 이는 게맛살의 경우가 고기풀로 만든 얇은 판에 틈새를 주어 결형성도(조직화) 공정을 거치므로 인해 전체조직의 치밀도가 떨어지는데 반하여, 어묵의 경우는 결 형성공정을 거치지 않고 일정한 덩어리 형태로 성형하여 gel화 시킴으로 인해 전체조직이 하나의 gel로 연결되어 있기 때문인 것으로 추정된다. 유 등[19]은 사과보다 조직이 치밀한 감자와 고구마의 변형력완화가 느리게 진행됨을 보고하였다.

탄성성분의 경우 어묵은 $0.79\sim1.30\times10^6$ dyne/cm$^2$로 나타난 반면, 맛살은 종류에 따라 변동이 심해 $0.89\sim1.83\times10^6$ dyne/cm$^2$로 어묵과 거의 유사한 경우부터 어묵의 약 1.4배까지 다양한 값을 나타내었다.

한편 강 등[16]은 고기풀을 재료로 한 생선단백질 젤을, 압착율 10.5%, 변형속도 150 mm/min로 변형력완화시험을 한 결과, 4°C와 40°C에서 전처리하여 90°C에서 제조한 생선단백질 젤이 전처리 없이 90°C에서 직접 열처리한 경우보다 높은 탄성성분과 점성성분을 나타냈다고 보고하였다.

### 변형력완화시험 결과와 결 형성도 비교

결 형성도(Degree of Texturization, D.T.)가 변형력완화시험의 결과에 미치는 영향을 조사하였다.

어묵의 경우 결 형성도 값은 게맛살중 가장 작은 결 형성도를 보인 시료의 ~4% 수준밖에 안되는 아주 작은 값을 보였다. 즉, 어묵은 결이 형성되지 않은 전형적인 gel의 구조인 반면 게맛살은 뚜렷한 결을 가진

**Table 1. Tensile force and estimated tensile force and slope of two surimi gels and various imitation crab-leg products**

| SPEED | KIND | 1st | | | | | 2nd | | | | 3rd | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | F[1] | A[2]1 | B[3]1 | R[4]1 | %[5] | A2 | B2 | R2 | % | A3 | B3 | R3 | % |
| 2.4 mm/sec | Sg1[6] | 466.7 | 352.6 | -0.69* | 0.951 | 75.6 | 43.73 | -0.0175 | 0.998 | 84.9 | 53.80 | -0.1235 | 0.991 | 96.4 |
| | Sg2 | 274.0 | 213.0 | -0.52 | 0.915 | 77.7 | 19.87 | -0.0155 | 0.995 | 85.0 | 40.95 | -0.1232 | 0.977 | 99.9 |
| | D1[7] | 605.6 | 403.1 | -0.20 | 0.978 | 66.5 | 72.23 | -0.0181 | 0.999 | 78.5 | 95.16 | -0.1279 | 0.993 | 94.2 |
| | D2 | 407.5 | 279.4 | -0.19 | 0.979 | 68.6 | 45.99 | -0.0183 | 0.998 | 79.9 | 61.97 | -0.1345 | 0.992 | 95.1 |
| | H | 367.5 | 254.4 | -0.17 | 0.972 | 69.2 | 39.85 | -0.0192 | 0.998 | 80.1 | 51.10 | -0.1220 | 0.987 | 94.0 |
| | O | 309.9 | 213.5 | -0.14 | 0.969 | 68.9 | 36.30 | -0.0193 | 0.997 | 80.6 | 51.47 | -0.1568 | 0.991 | 97.2 |
| | S | 491.3 | 350.8 | -0.17 | 0.973 | 71.4 | 55.53 | -0.0195 | 0.997 | 82.7 | 79.51 | -0.1752 | 0.993 | 98.4 |

[1]F : Tensile force (g).
[2]A : Estimated tensile force of each exponential term (g).
[3]B : Slope of each Exponential term.
[4]R : Correlation coefficient of each exponential term.
[5]% : A/Tential force * 100.
[6]Sg1, Sg2 : Surimi gels.
[7]D1, D2, H, O, S : Imitation crab-leg products.

**Table 2. Relaxation time, elasticity and viscosity of surimi gels and various imitation crab-leg products**

| Kind | T[1]1 | E[2]1 | η[3]1 | T2 | E2 | η2 | T3 | E3 | η3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sg1 | 15105.3 | $1.016*10^6$ | $1.531*10^{10}$ | 58.4 | $0.126*10^6$ | $7.344*10^6$ | 8.1 | $1.551*10^5$ | $1.253*10^6$ |
| Sg2 | 19267.8 | 0.614 | 1.183 | 64.4 | 0.057 | 3.688 | 8.1 | 1.180 | 0.956 |
| D1 | 5053.8 | 1.293 | 0.654 | 55.4 | 0.231 | 12.804 | 7.9 | 3.047 | 2.398 |
| D2 | 5494.8 | 0.805 | 0.439 | 54.7 | 0.133 | 7.249 | 7.5 | 1.786 | 1.339 |
| H | 6087.1 | 0.693 | 0.420 | 52.2 | 0.109 | 5.672 | 8.4 | 1.391 | 1.149 |
| O | 7481.8 | 0.615 | 0.461 | 52.0 | 0.105 | 5.432 | 6.4 | 1.484 | 0.946 |
| S | 6130.6 | 1.011 | 0.619 | 51.6 | 0.160 | 8.217 | 6.0 | 2.292 | 1.339 |

[1]T: Relaxation time of each exponential term (sec).
[2]E: Elasticity of exponential term (dyne/$cm^2$).
[3]η: Viscosity of each exponential term (Poise).
[4]Sg1, Sg2: Surimi gels.
[5]D1, D2, H, O, S: Imitation crab-leg products.

**Table 3. Degree of Texturization of surimi gels and imitation crab-leg products**

| | F1[3] | F2[4] | D.T.[5] |
|---|---|---|---|
| Sg1[1] | 1071.2±114.1 g[6] | 1045.8±106.3 g | 0.0243 |
| Sg2 | 1105.2±45.0 | 1063±26.4 | 0.0389 |
| D1[2] | 1704.7±46.5 | 937.7±86.2 | 0.8180 |
| D2 | 1324.9±48.6 | 682.3±57.1 | 0.9418 |
| H | 1161.7±51.6 | 638.8±59.0 | 0.8186 |
| O | 1096.3±45.4 | 523.1±29.4 | 1.0958 |
| S | 980.8±30.7 | 511.3±36.4 | 0.9182 |

[1]Sg1, Sg2: Surimi gels.
[2]D1, D2, H, O, S: Imitation crab-leg products.
[3]F1: Traverse cutting (g).
[4]F2: Parallel cutting (g).
[5]D.T.: Degree of Texturization.
[6]Values are means±standard deviation of over 8 times determination in two surimi gels and five different imitation crab-leg products.

**Table 4. Correlation coefficient and their limits of significance between stress-relaxation value and degree of texturization**

| | D.T.[4] |
|---|---|
| T[1] | -0.92143 (p=0.0032)[5] |
| E[2] | NS[6] |
| η[3] | -0.95783 (p=0.0007) |

[1]T: Relaxation time of each exponential term (sec).
[2]E: Elasticity of exponential term (dyne/$cm^2$).
[3]η: Viscosity of each exponential term (Poise).
[4]D.T.: Degree of Texturization.
[5]p: Probability.
[6]NS: Correlation not significant.

구조임을 나타내었다. 결 형성 정도는 완화시간 및 점성성분의 값과 서로 반비례 관계를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 결 형성 공정을 거치지 않은 어묵의 완화시간과 점성이 게맛살보다 높게 나타났다.

결 형성도에 따른 고기풀제품의 완화시간과 점성, 탄성의 변화를 비교한 결과, 결 형성정도는 완화시간과 높은 부의 상관관계(r=-0.92, p<0.01)를 보였으며. 점성과도 높은 부의 상관관계(r=-0.96, p<0.01)를 보였다. 반면 탄성성분은 결 형성정도와 유의적 상관관계를 나타내지 않았다(Table 4).

따라서 변형력완화시험은 결 형성정도를 알 수 있는 또 하나의 방법으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 변형력완화실험 결과와 T.P.A. 결과 비교

예비실험을 통해 구한 인장율 20%, 변형속도 2.4 mm/sec로 변형력완화시험을 하여 잔차분석법으로 분석한 결과, 각 지수항의 직선식에 대한 절편값(estimated tensile force)은 예상했던대로 TPA실험에서의 경도(hardness)와 높은 상관관계(r=0.93, p<0.01)를 보였으며, 또한 껌성과 씹힘성과도 높은 상관관계(r=0.93, p <0.01 & r=0.95, p<0.01)를 보였다(Table 5). 완화시간은 TPA성분중 응집성과 높은 상관관계(r=0.89, p<0.01)를 나타냈다. Weinberg[5,17] 등의 실험에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다.

완화시간이 TPA 성분중 응집성과 매우 밀접한 관계를 나타낸 것(Table 3)으로 보아 완화시간의 증감을 내부 물질간의 상호결합력과 관계가 있는것으로 이해함으로서 물질내부간의 결합력이 클수록 완화시간이 증가한다고 해석할 수 있겠다.

탄성성분은 TPA의 탄력성과는 의미있는 상관관계를 나타내지 않았으나 껌성, 씹힘성 및 경도와 높은 상관관계를 나타내었다(r=0.92, 0.94, 0.93, p<0.01). 실제 식품에서 껌성이나 씹힘성이 높은 경우 '쫄깃쫄깃하다' 등의 관능적표현을 하며, 이 표현에는 탄성성분을 함축하고 있으므로 탄성성분과 TPA 성분중 껌성, 씹힘성과의 높은 상관관계를 설명하는 데에는 큰 무리가 없을 것으로 생각된다. 점성성분은 TPA의 응집성과 비교적 높은 상관관계(r=0.83, p<0.05)를 나타내었다.

**Table 5. Correlation coefficient between stress-relaxation test parameters and T.P.A. parameters**

| | Hardness | Cohesiveness | Springiness | Gumminess | Chewiness |
|---|---|---|---|---|---|
| A[1)] | 0.93299 (p=0.0022) | NS | NS[5)] | 0.93221 (p=0.0022)[6)] | 0.94611 (p=0.0013) |
| T[2)] | NS | 0.89193 (p=0.0070) | NS | NS | NS |
| E[3)] | 0.92608 (p=0.0027) | NS | NS | 0.92205 (p=0.0031) | 0.93721 (p=0.0018) |
| η[4)] | NS | 0.83425 (p=0.0196) | NS | NS | NS |

[1)]A: Estimated tensile force of each exponential term (g).
[2)]T: Relaxation time of each exponential term (sec).
[3)]E: Elasticity of exponential term (dyne/cm$^2$).
[4)]η: Viscosity of each exponential term (Poise).
[5)]NS: Correlation not significant.
[6)]p: Probability.

## 요 약

본 실험에서는 변형력 완화시험을 통하여 고기풀을 주원료로 하는 시중 게맛살과 어묵의 물성학적 성질을 조사하였다. 또한 변형력완화시험과 T.P.A.값과의 상관관계를 조사하였다. 시료의 내부구조적 변화에 의한 영향을 가능한 한 피하기 위하여 인장율 20%에서, 또한 변형속도는 2.4 mm/sec의 조건에서 실험을 실시하였다. 어묵과 맛살의 변형력완화시험결과 초기변형력의 경우 2종류의 어묵(370.4 g)과 5종류의 맛살의 평균값(436.4 g)은 유사한 값을 나타내었으나, 변형력완화시간과 점성성분은 2종류 어묵의 평균값(17256.1 sec, $1.357\times10^{10}$ poise)이 5종류의 맛살의 평균값(6110 sec, $0.519\times10^{10}$ poise)보다 월등히 높은 값을 나타내었다. 변형력완화시험 결과와 T.P.A.결과를 비교시 지수항의 직선식에 대한 절편값은 T.P.A.실험에서의 경도 및 껌성, 씹힘성과 높은 상관관계(r=0.93, 0.93, 0.95, p<0.01)를 보였으며, 완화시간은 T.P.A.성분중 응집성과 높은 상관관계(r=0.89, p<0.01)를 보였고, 탄성성분은 T.P.A.의 껌성, 씹힘성 및 경도와 높은 상관관계(r=0.92, 0.94, 0.93, p<0.01)를, 점성성분은 T.P.A.의 응집성과 상관관계(r=0.83, p<0.05)를 나타내었다. 변형력완화시험과 결 형성도를 비교시 결 형성도와 완화시간 및 점성성분은 높은 부(-)의 상관관계(r=-0.92, -0.96, p<0.01)를 나타내었다.

## 문 헌

1. Lee, C.M.: Surimi process technology. *Food Technol.*, **38**(11), 69-80 (1984)
2. Lanier, T.C.: Functional properties of surimi. *Food Technol.*, **40**(3), 107-114 (1986)
3. Pyun, Y.R., Yu, J.H. and Jeon I.S.: Studies on the rheological properties of yangeng (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **10**(3), 344-349 (1978)
4. Hong, S.H. and Lee, C.H.: Measurement of viscoelastic properties of heat denatured gluten newtwork (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **20**(2), 148-156 (1988)
5. Weinberg, Z.G. and Angel, S.: Behavior of a formed fish product under the stress-relaxation test. *J. Food Sci.*, **50**(3), 589-591 (1985)
6. Masi, P.: Characterization of history-dependent stress-relaxation behaviour of cheeses. *J. Texture Studies.* **19**, 373 (1989)
7. Sato, Y. and Nakayama, T.: Discussion of the binding quality of minced meats based on their rheological properties before and after heating. *J. Texture Studies.* **1**, 309 (1970)
8. Peleg, M. and Normand, M.D.: Comparison of two methods for stress-relaxation data presentation of solid foods. *Rheol. Acta.*, **22**, 108-113 (1983)
9. Ziegler, G.R. and Rizvi, S.S.H.: Determination of crosslink density in egg white gels from stress-relaxation data. *J. Food Sci.*, **54**(1), 218-219 (1989)
10. Choi, W.S. and Lee, C.H.: Effect of compression test conditions on the textural parameters of imitation crab-leg product (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**(5), 1077-1084 (1998)
11. Mohsenin, N.N.: Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Sci. Pub., New York, (1986)
12. Bourne, M.C.: Texture profile analysis. *Food Technol.*, **32**(7), 62~ 66 (1978)
13. 성내경 : SAS/STAT-회귀분석. 자유아카데미. p201 (1991)
14. SAS : SAS/STAT User's Guide. Release 6.03 ed., SAS institude Inc., Cary, NC (1988)
15. Peleg, M.: Application of nonlinear phenomenological rheological models to solid food materials. *J. Texture Studies.* **15**, 1-22 (1984)
16. Kang, B.S., Kim, B.Y. and Lee, J.K.: Rheological studies

of the fish protein upon the thermal processing (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**(2), 103~109 (1994)
17. Weinberg, Z.G. and Angel, S.: Stress relaxation and tensile strength testing of a processed fish product. *J. Texture Studies.* **15**, 59~66 (1984)
18. Gamero, M., Fiszman, S.M. and Duran, L.: Stress relaxation of fruit gel. Evaluation of models and effects of composition. *J. Food Sci.*, **58**(5), 1125-1128 (1993)
19. Yoo, M.S., Song, W.J., Rho, Y.T. and Pyun, Y.R.: A linearization model of the stress relaxation curves for fruits and vegetables (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**(3), 226-231 (1992)
20. Gladwell, N., Grimson, M.J. Rahalkar, R.R. and Richmond, P.: Rheological behavior of soya oil-water emulsions: Dependence upon oil concentration *J. Food Sci.*, **50**(2), 440-443 (1985)

(1997년 4월 9일 접수)