

명태 냉동 고기풀의 gel 성상 변화

정우진 · 박성민 · 이강호 · 이근태
부산수산대학교 식품공학과

Changes of Properties of Gel from Frozen Alaska Pollack Meat Paste

Woo-Jin JUNG · Seong-Min PARK · Kang-Ho LEE
and Keun-Tai LEE

*Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,
Pusan 608-737, Korea*

In order to obtain the fundamental factors influencing on gelation of Alaska pollack meat paste during processing, the interactions among hydrophobic residues, disulfide bonds and gel strength were investigated.

Hydrophobic interactions between actomyosin molecules were strengthened when the temperature was raised from 5°C to 65°C, especially between the range from 25°C to 35°C.

Total SH groups were decreased at the higher heating temperature and the severe decreasing occurred from 45°C. However the amounts of free SH groups were increased significantly over 45°C.

서 론

어육연제품은 어육단백질이 갖는 보수성, 지방유화성, 결합성 등의 기능적 성상을 이용한 제품으로 어육단백질·전분·식염의 마쇄물인 연육의 가열에 의한 gel화과 gel의 물성이 중요한 품질요인이 된다. 연제품의 물성은 단백질 자체의 분자구조 변화뿐 아니라 단백질 분자 상호간의 반응에 의해서 결정되기 때문에 연제품의 품질향상과 가공기술의 개발을 위해서는 이들 단백질에 대한 기초적인 연구가 요청된다.

어육단백질의 주성분인 근원섬유단백질, actomyosin 및 myosin 등의 가열gel화 특성과 제품의 물성에 대해서 Samejima 등(1981), Taguchi 등(1987)은 근원섬유단백질을 구성하는 actomyosin의 각 성분별 gel화 특성을 조사하여 myosin의 불가역적 가열gel화 반응은 myosin두부의 열에 의한 불가역적 응집반응에 이어 분자 미부의 부분적인 불가역적 helix-coil 반응에 의해서 합성된 3차원적 망상구조

를 형성하는 것이라고 보고하였다. 이러한 응집반응 및 3차원적 망상구조의 형성에는 주로 disulfide결합 및 소수성결합이 각각 관여하며, 가열된 제품을 냉각함에 따라 수소결합도 관여하게 된다고 설명하였고(Niwa 등, 1985; 1981a, b; 1982a, b, c; 1983; 1986a, b, c; Numakura 등, 1985), Numakura 등(1987a)은 이러한 결합들 중에서도 myosin heavy chain의 교차결합에 의한 고분자화 반응이 망상구조의 형성에 중요한 역할을 담당하는 반응이라고 보고하였으며, Nishimoto 등(1987)은 myosin heavy chain의 가교형성능과 가열고기풀의 gel형성능 간에는 정의 상관관계가 있음을 보고하였다.

본 연구에서는 가열조건에 따른 gel강도를 측정하고, 이러한 가열gel의 형성에 주된 역할을 하는 disulfide결합 및 소수성결합의 정도, SDS-polyacrylamide gel 전기영동에 의한 가교형성의 정도 등을 측정하여 이들 결과간의 상관성을 고찰함으로써 가열조건에 따른 물성변화의 원인을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

실험에 사용한 재료는 정 등(1993)과 같은 명태 냉동 고기풀을 실험에 사용하였다.

2. 어묵의 제조

정 등(1993)의 방법에 따라 제조한 고기풀을 직경 3cm의 film에 충전한 후 실험에 사용하였다. 한편, 냉동 고기풀로부터 추출한 actomyosin은 마쇄하여 동일한 film에 충전 처리하였다.

가열방법으로는 setting만을 행한 시료는 35℃에서 60분간 그리고 setting없이 가열한 시료는 90℃에서 20분간 수조에서 각각 가열하였다. 또한 setting후 가열한 시료는 위의 두 가지 공정을 차례로 행하였다.

3. Gel강도의 측정

Gel강도는 SUN rheometer(CR-17)로 측정하였으며 조작 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Conditions employed for texture profiles of fish meat gel products using the rheometer.

Instrument	SUN rheometer, model CR-17
Sample size	φ 3cm × 3cm (H)
Crosshead speed	60mm/min
Chart speed	60mm/min
Weight of load cell	1kg
Plunger type	Spherical(φ 5mm)
Mode	4

즉, 일정한 규격의 시료(직경 3cm, 높이 3cm)를 직경 5mm의 구형 plunger로써 눌렀을 때 최초로 파괴가 일어날 때의 하중(삽입강도, g)과 깊이(변형, cm)를 측정하여 이들을 곱한 값을 gel강도(g·cm)로 나타내었다.

4. Actomyosin의 조제

Actomyosin은 Fig. 1과 같은 방법으로 추출하였다.

즉, 해동한 명태 냉동 고기풀 약 50g을 200ml의 인산완충액(pH 7.5, 이온강도 0.05)으로 3번 씻어서 수용성 성분을 제거한 후 3,000×g에서 10분간 원심분리하였다.

잔사를 3배 용량의 0.45M KCl-인산완충액(pH

7.5)으로 4℃에서 20시간동안 교반하여 염용성 단백질을 추출한 다음 8,000×g에서 15분간 원심분리하였다.

상층액을 3겹의 가아제로써 여과한 다음 그 여과액을 10배 용량의 냉각수(4℃)로 희석하여 pH를 6.6으로 조절하였다. 이것을 다시 6,000×g에서 10분간 원심분리하여 잔사를 0.6M KCl(pH 6.8) 용액 중에서 12시간 투석한 다음 20,000×g에서 60분간 원심분리하여 얻어지는 actomyosin을 분석에 사용하였다.

Alaska pollack meat paste(50g)

Wash 3 times with 200ml of phosphate buffer(pH 7.5, I=0.05)

Centrifuge at 3,000×g for 10 min

Precipitate

Extract with 3 volumes of 0.45M KCl-phosphate buffer(pH 7.5) for 20 hours at 4℃

Centrifuge at 8,000×g for 15 min

Supernatant

Filter through three layers of gauze

Filtrate

Dilute by slow addition of 10 volumes of cold water

Adjust pH to 6.6 with 5% CH₃COOH

Centrifuge at 6,000×g for 10 min

Precipitated actomyosin

Dissolve into 0.6M KCl

Dialyze against 0.6M KCl(pH 6.8)

Dialyzate

Centrifuge at 20,000×g for 60 min

Actomyosin

Fig. 1. Scheme for preparation of actomyosin from Alaska pollack meat paste.

5. 표면소수성의 측정

Actomyosin용액 10ml(5mg protein/ml)와 0.1% SDS용액 1ml를 투석막에 넣고 이것을 시험관(φ 2.3 cm)에 넣은 후 진탕수조(4℃) 상에서 1시간동안 진탕하였다. 시험관에 2ml의 증류수를 가해서 이것

을 투석의액으로 하여 12시간동안 투석시킨 후 의 액 1ml를 다른 시험관에 취하여 10ml의 chloroform과 2.5ml의 0.0024% (w/v) methylene blue를 가한 다음 격렬히 진탕하였다. 이것을 chloroform과 methylene blue의 두 층이 거의 분리될 때까지 정지한 후 aspirator로써 methylene blue층을 제거한 다음 655nm에서 chloroform층의 흡광도를 측정하였다.

표면소수성은 다음과 같은 수식으로 표시하였다.

$$\text{표면소수성} = \frac{\Delta a_h}{\Delta a_u} \times 100$$

$$\Delta a_h = a_o - a_h$$

$$\Delta a_u = a_o - a_u$$

a_o : actomyosin을 함유하지 않은 0.45M KCl-인산완충액에 위와 같은 처리를 하여 구한 흡광도

a_h : 가열한 시료의 흡광도

a_u : 비가열 시료의 흡광도

6. SH기의 측정

총 SH기는 Buttkus(1971)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 단백질농도가 5mg/ml인 actomyosin용액 0.1ml에 urea용액 2.9ml를 가하여 혼합한 후 5, 5-dithiobis(2-nitro benzoic acid)용액 0.02ml를 가하여 실온에서 40분간 방치한 다음 412nm에서 흡광도를 측정하였다.

또한 유리 SH기는 단백질농도 5mg/ml인 actomyosin용액 2.0ml에 0.5M KCl-인산완충액(pH 8.0, 이온강도 0.025) 8.0ml를 가하여 혼합한 후 그 중 3ml에 대해 DTNB용액 0.02ml를 가하여 30분 후에 412nm에서 흡광도를 측정하였다.

이 때 SH기의 함량은 Ellman(1959)의 방법, 즉,

$$\text{SH기(mole)} = \frac{\text{흡광도 (O.D.)}}{\text{분자흡광계수(13,600/M/cm)} \times \text{희석배수}}$$

로 계산하였다.

7. Urea-SDS용액에 의한 가용화물의 측정 및 전기영동

각 시료 50g을 homogenizer로써 균질화한 다음 그 0.8g을 취하고 이에 15ml의 2% SDS-8M Urea-2% 2-mercaptoethanol-20mM Tris·HCl(pH 8.0)용액을 가한 후 교반한 다음 100℃에서 2분간 가열하였다. 이것을 실온에서 20시간 동안 magnetic stirrer상에서 교반하여 가용화한 0.1% SDS-5mM Na·phosphate 완충액(pH 7.2)으로 투석한 다음

10,000×g에서 20분간 원심분리하여 용액층의 질소량을 정량하고 전질소량에 대한 백분율로 가용화율을 표시하였다.

또한 용해된 단백질용액은 Laemmli(1970)의 방법에 따라 SDS-polyacrylamide gel 전기영동분석을 행하였다. 7.5% polyacrylamide gel을 조제하여 gel당 50μg의 단백질을 가한 뒤 gel당 2mA의 전류를 통하였다.

0.05% Coomassie Brilliant Blue R-250으로 염색한 후 증류수:무수에탄올:빙초산(6:3:1, v/v)용액으로 탈색하여 7% 초산 용액에 보관하였으며, band의 intensity는 spectrophotometer gel scanner로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 표면소수성의 변화

단력의 형성에는 어육 actomyosin의 여러가지 양식에 의한 결합의 형성이 관여하는데 소수결합도 그 중의 하나이다(Niwa, 1975). 소수영역을 gel내부의 전체에 걸쳐서 정량적으로 측정하는 것은 현재로서는 어렵지만, 반정량적으로 단백질의 표면 가까이 존재하는 것만을 검토하는 것은 그다지 곤란하지 않아 ANS(8-anilino-1-naphthalene sulfonate)를 이용한 형광강도의 측정법이 많이 이용되어 왔다(Niwa 등, 1975; 1981; 1983).

그러나 Katoh 등(1984)은 SDS에 의한 표면소수성의 측정법을 개발하였는데, 이 SDS흡착법의 큰 특징은 변성된 단백질도 취급할 수 있다는 점에 있다. 따라서 본 실험에서는 SDS-흡착법을 이용하여 표면소수성을 측정하였다.

이 방법에 의한 표면소수성이 actomyosin의 양에 비례하는지의 여부를 확인하기 위해서 각 농도의 actomyosin용액을 35℃에서 30분간 가열했을 경우의 a_u 및 a_h 를 구해서 Fig. 2에 나타내었다. 어느 농도에서도 가열후의 흡광도차(a_h)가 가열전의 흡광도차(a_u)보다 높았으며, 가열에 의해서 표면소수성이 증가하는 것이 확인되었다. 이것은 가열에 의해서 분자내부의 소수기가 표면에 노출된 결과로 추정된다. 또한 actomyosin의 농도가 6mg/ml이내일 때는 a_u 및 a_h 와 actomyosin농도간에 직선관계가 성립되었으나 그 이후에는 다소 완만한 곡선으로 나타났다. 따라서 본 실험에서는 actomyosin의 농도를 5mg/ml로 하여 측정하였다.

Fig. 3은 표면소수성에 미치는 가열온도의 영향

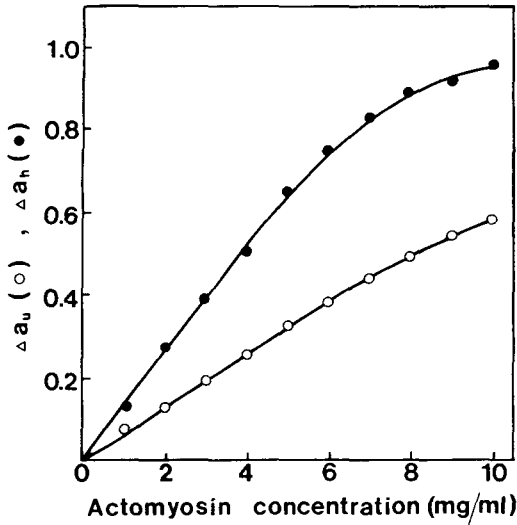


Fig. 2. Changes in the surface hydrophobicity of actomyosin from Alaska pollack meat paste induced by heating at 35°C for 30 min.

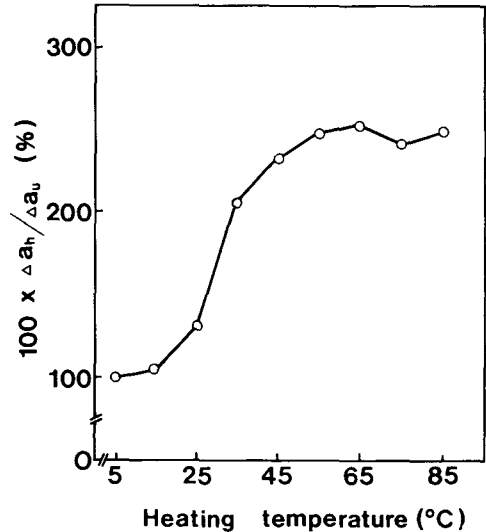


Fig. 3. Changes in the surface hydrophobicity of actomyosin from Alaska pollack meat paste induced by heating for 30 min.

을 측정하기 위해 actomyosin 용액을 각 온도에서 30분간 가열했을 때의 흡광도비를 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 65°C 이하의 온도에서는 온도의 상승에 따라 표면소수성이 증가하였으며, 특히 25~35°C의 범위에서 급격한 증가경향을 나타내었다. 최 등(1986)은 방어 보통육 myosin의 소수성을 ANS법에 의해 측정된 결과, 60°C까지는 비교적 빠른 속도로 소수성잔기가 노출되었으며 60°C 이상에서는 거의 일정한 수준을 유지하였다고 보고하였다. 이 결과는 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내고 있으며, 65°C 이상의 온도에서 큰 변화가 없는 것은 disulfide 결합의 발달 등에 의한 응집으로 인해 소수성잔기의 노출이 다소 둔화된 결과로 추정되었다.

표면소수성에 미치는 가열온도의 영향을 보다 명확히 하기 위해 각 온도에서의 가열시간에 따른 표면소수성의 변화를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 15~55°C의 온도범위에서는 온도가 높을수록 표면소수성이 증가하였으며, 35°C에서는 30분 이내에 급속한 증가를 나타내었다. 그리고 45°C와 55°C에서는 처음 15분 이내에 매우 급격한 증가를 나타내었는데, 이러한 경향은 Fig. 5에서 나타낸 gel 강도의 변화와 잘 대응된다. 따라서 어육단백질의 setting 현상에는 소수성결합이 매우 중요한 역할을 한다는 사실을 추정할 수 있다.

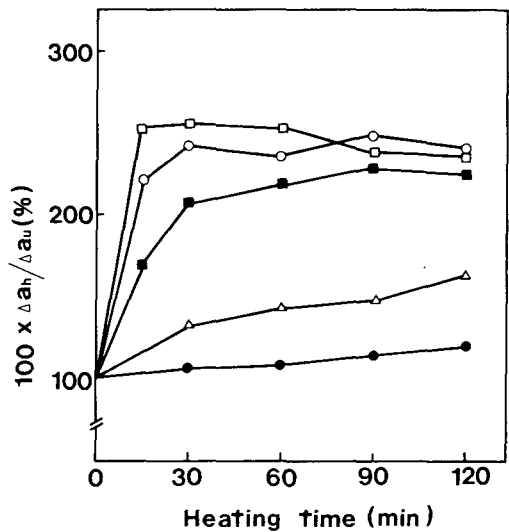


Fig. 4. Changes in the surface hydrophobicity of actomyosin from Alaska pollack meat paste by heating time at various temperature.

●, 15°C; △, 25°C; ■, 35°C; ○, 45°C; □, 55°C.

2. SH기의 변화

일반적으로 어육단백질의 가열에 의한 gel화 현상에는 소수성결합과 아울러 disulfide 결합도 매우 큰 역할을 담당하고 있다는 것은 잘 알려져 있다

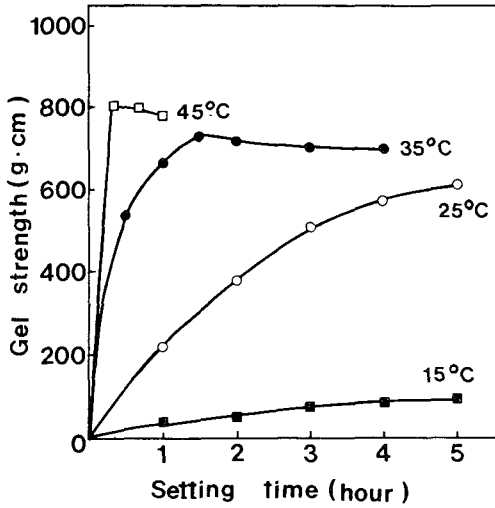


Fig. 5. Changes in gel strength of Alaska pollack meat paste during the setting reaction at fixed temperature in the range of 15~45°C.

(Niwa 등, 1982a, b, c; 1986a, b, c). 따라서 disulfide결합이 어떤 단계에서 어느 정도 형성되는지를 검토하기 위해 가열온도에 따른 전SH기의 변화를 측정하여 Fig. 6에 나타내었다. 각각의 온도에서 60분간 가열한 경우, 5~45°C의 범위에서는 다소 완만하게 감소하였으나 45°C 이상에서 급속히 감소하다가 75°C부터는 다시 완만한 경향을 나타내어 85°C에서는 최소량의 약 20%가 감소하였다. 이와 같은 전SH기의 감소로부터 SH기의 산화로 인하여 그 일부가 disulfide결합을 형성한다는 것을 추정할 수 있다.

Fig. 7은 각 온도에서 setting시켰을 경우, 시간의 경과에 따른 유리 SH기의 변화량을 나타낸 그림이다. 가열전의 유리 SH기는 미변성 전SH기의 28.5%였으며, 5°C에서 setting시킨 경우에는 120분간 거의 변화가 확인되지 않았고, 25°C의 경우는 서서히 증가하는 경향을 나타내었다.

그러나 45°C의 경우에는 15~30분간에 유리 SH기가 급격하게 증가하였으며 120분 후에는 미변성 전SH기의 약 60%에 상당하는 양이 유리되었다. 65°C의 경우에는 처음 약 10분만에 급격히 증가하여 그 이후로는 거의 변화가 없었으며, 85°C의 경우에는 약 10분만에 급격히 증가하였다가 그 이후 약 60분까지는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이 감소 현상은 고온에서는 SH기의 산화량이 많아져서 유리 SH기가 다시 분자내부에 은폐되는 구조 변화가 일어났기 때문으로 추정된다. 이와 같이 45

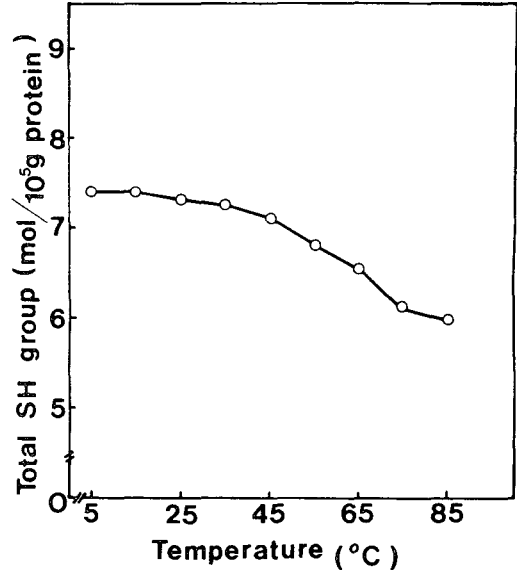


Fig. 6. Content of the total sulfhydryl groups per 10⁵ g protein of the heated actomyosin from Alaska pollack meat paste by heating for 60 min.

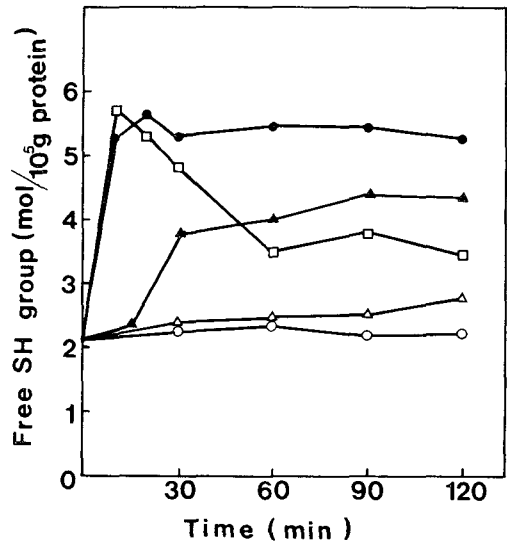


Fig. 7. Changes in the content of free sulfhydryl groups of Alaska pollack actomyosin when heated at various temperature.

○, 5°C; △, 25°C; ▲, 45°C; ●, 65°C; □, 80°C.

°C 이상의 가열에 의해서는 단백질분자의 구조변화가 일어나서 분자내부에 숨어 있던 SH기가 외부로 노출된다. 따라서 disulfide결합은 45°C 이상의 비교

적 고온역에서 형성됨을 추정할 수가 있다.

이상과 같은 결과들을 정리해 보면, 어육단백질의 가열gel화에 있어서 setting과정에는 주로 소수성결합이 관여하며 본 가열시에는 disulfide결합이 관여하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 어육단백질은 setting공정을 거친 소위 2단계가열을 행함으로써 gel강도가 증가한다는 사실을 setting과정 중에 주로 소수성결합에 의해서 비교적 고른 분포의 망상구조를 형성하고 나서 다시 본 가열에 의한 disulfide결합의 형성으로 인해 나타나는 현상으로 추정된다.

망상구조의 분포가 균일하면 탄성이 증가하는 이유는 Niwa 등(1983)이 제안한 용수철이론으로 설명될 수 있다. 즉 길이와 탄성율이 같은 X개의 용수철이 X_1, X_2, \dots, X_n 개씩 조를 이루고 이 각 조의 양끝을 Fig. 8과 같이 매달아서 하나의 큰 용수철로 합성된다. 이 합성용수철의 탄성율은 그림중의 식에 나타낸 것과 같이 각 조의 용수철수의 조합에 따라 당연히 변한다. 따라서 $X_1 = X_2 = \dots = X_n = X/n$ 이 성립될 때 최대가 되며, 이 조건에서 벗어남에 따라 감소한다. 즉, 어떤 조의 용수철수를 많게 하면 그 곳은 국부적으로 강하게 되지만 다른 조에서는 적은 곳이 생기게 되므로 전체로서는 약하게 된다. kamaboko에 있어서도 망상구조의 균형을 용수철의 각 조로 생각하면 쉽게 이해될 수 있을 것이다. 즉, 단백질함량이 동일하다면 균일하게 분산된 망상구조를 형성할수록 탄력이 강하게 되지만 역으로 그 분산상태가 고르지 못할수록 약하게 된다.

3. Myosin heavy chain의 변화와 gel강도 변화와의 비교

앞에서 확인한 setting의 효과와 단백질의 가교결합형성과의 관계를 검토하기 위해 전기영동분석으로 myosin heavy chain의 변화를 측정하여 gel강도의 변화와 비교 검토한 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

본 실험의 온도조건에서는 actin의 양이 거의 일정하기 때문에 actin을 내부기준물질로 간주하여 actin의 양에 대한 myosin heavy chain양의 비를 구해서 그 변화를 백분율로 나타내었다. 또한 전기영동분석용의 시료를 조제하기 위해서 사용한 urea-SDS용액에 대한 가용화율도 함께 그림에 나타내었다.

Urea-SDS용액에 대한 가용화율은 35°C에서 180분간 setting시킨 경우에도 약 95%의 아주 높은

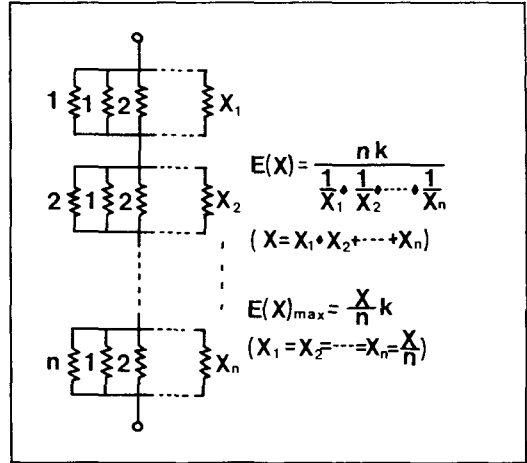


Fig. 8. Elastic modulus of spring composed of various combinations of spring coils by Niwa (1984).

$E(X)$: Elastic modulus of composed spring, which reaches a maximum when X_1, X_2, \dots, X_n are equal to X/n .
 k : Elastic modulus of each spring coil.

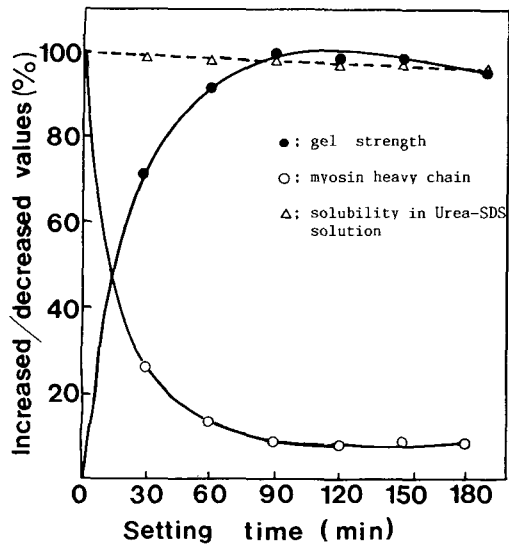


Fig. 9. Comparison of changes in myosin heavy chain and gel strength of Alaska pollack meat paste during setting.

값을 나타내었다. 이 용액에 용해되지 않은 단백질은 가교결합의 형성으로 인하여 거대분자로 되어 불용화된 것으로 추정된다.

또한 그림에 나타낸 바와 같이 명태 연육을 35

℃에서 setting시킨 경우, 먼저 myosin heavy chain의 급격한 감소가 일어나서 약 10분 만에 50%까지 감소하고 약 100분 후에 거의 최대치에 달하였다.

Gel강도는 약 90분 후에 최대치에 달하여 myosin heavy chain의 양이 최대치에 달하는 시간과 거의 일치하는 경향을 나타내었다. 한편, Numakura 등 (1985)은 20℃에서 20시간동안 setting시켰을 때의 고분자화반응을 측정하여 myosin heavy chain은 setting과정중 먼저 2량체에 상당하는 크기로 되고 이어서 이들이 핵이 되어 3~4량체에 상당하는 크기를 거쳐서 거대한 교차결합체를 형성한다고 보고하였다.

따라서 어육단백질은 setting과정중 소수결합, disulfide결합 등으로 인해 주로 myosin heavy chain이 서로 교차결합하여 고분자화됨으로써 gel 강도를 증가시키는 것으로 추정된다.

요 약

어육연제품의 제조시 가열에 의한 gel화 및 물성을 연구하기 위하여 소수성잔기의 노출 및 SH기의 증감 등 단백질의 성장변화를 측정하였다.

표면소수성 잔기는 5~65℃의 범위에서는 온도의 상승에 따라 증가하였으며, 25~35℃의 온도범위에서 가장 급속히 증가하여 35℃에는 처음의 약 2배로 증가하였다.

총SH기는 온도의 상승에 따라 감소하여 85℃에는 처음의 약 80%로 되었으며, 45℃부터 감소속도가 크게 나타난 바니면, 유리 SH기는 45℃ 이상의 가열에 의해 크게 증가하였다.

이상의 결과들로 미루어 보아 소수성결합은 setting온도에 해당되는 35℃ 전후에서 주로 형성되며, disulfide결합은 그보다 높은 45℃ 이상에서 주로 형성됨을 알 수 있었다. 따라서 2단가열을 행함으로써 탄력이 증가되는 원인은 setting과정에서의 소수성결합에 의한 균일한 망상구조의 형성과 본 가열에 의한 disulfide결합의 형성에 기인하는 것으로 추정된다.

참 고 문 헌

Katoh, N., A. Hashimoto, H. Nozaki and K. Arai. 1984. Effect of temperature on the rate for the setting of meat paste from Alaska pollack,

white croaker and tilapia. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 50(12), 2103~2108.

Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 227, 680.

Nishimoto, S., A. Hashimoto, N. Seki, I. Kimura, K. Toyoda, T. Fujita and K. Arai. 1987. Influencing factors on changes in myosin heavy chain and jelly strength of salted meat paste from Alaska pollack during setting, Nippon Suisan Gakkaishi, 53(11), 2011~2020.

Niwa, E. 1975. Role of hydrophobic bonding in gelation of fish flesh paste. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41(8), 907~910.

Niwa, E., K. Sato, R. Suzuki, T. Nakayama and I. Hamada. 1981a. Fluorometric study of setting properties of fish flesh sol. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47(6), 817~821.

Niwa, E., R. Suzuki, K. Sato, T. Nakayama and I. Hamada. 1981b. Setting of flesh sol induced by ethylsulfonation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47(7), 915~919.

Niwa, E., K. Sato and I. Hamada. 1982a. New gelling properties of Alaska pollack frozen mince induced by urea. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 48(5), 629~631.

Niwa, E., Y. Matsubara and I. Hamada. 1982b. Hydrogen and other polar bondings in fish flesh gel and setting gel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 48(5), 667~670.

Niwa, E., Y. Matsubara, T. Nakayama and I. Hamada. 1982c. Participating of SS bonding in the appearance of setting. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 48(5), 727.

Niwa, E., T. Nakayama and I. Hamada. 1983. Effect of setting on the network structure of protein in fish flesh gel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 49(2), 245~249.

Niwa, E. and T. Nakayama. 1984. Theoretical approaches on the strengthening fish flesh gel by setting. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 50(11), 1945~1948.

Niwa, E., T. Nakayama and I. Hamada. 1985. Secondary structural changes in protein during processing fish flesh gel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 51(5), 855.

- Niwa, E., S. Kohda, S. Kanoh and T. Nakayama. 1986a. Exposure of hydrophobic amino acid residues from actomyosin on freezing-reconfirmation by fluorometry. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(6), 1039~1042.
- Niwa, E., H. Mori, T. Nakayama and I. Hamada. 1986b. Contribution of SS bonding to fish flesh gel. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(6), 1103.
- Niwa, E., S. Kanoh and T. Nakayama. 1976c. Setting and sort of ion. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(12), 2121~2125.
- Numakura, T., N. Seki, I. Kimura, K. Toyoda, T. Fijita, K. Takama and K. Arai. 1985. Cross-linking reaction of myosin in the fish paste during setting. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51(9), 1559~1565.
- Numakura, T., N. Seki, I. Kimura, K. Toyoda, T. Fijita, K. Takama and K. Arai. 1987a. Effect of quality of surimi on cross-linking reaction of myosin heavy chain during setting. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(4), 633~639.
- Numakura, T., N. Seki, I. Kimura, K. Toyoda, T. Fijita, K. Takama and K. Arai. 1987b. Changes in the SDS-gel filtration pattern of muscle proteins in salted fish meat paste during setting(suwari). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(11), 2045~2049.
- Samejima, K., M. Ishioroshi and T. Yasui. 1981. Relative roles of the head and tail portions of the molecule in heatinduced gelation of myosin. *J. Food Sci.* 46, 1412~1418.
- Taguchi, T., H. Ishizaka, M. Tanaka, Y. Nagashima and K. Amano. 1987. Protein-protein interaction of fish myosin fragments. *J. Food Sci.* 52(4), 1103~1104.
- 정우진·박성민·이강호·이근태. 1993. 가열에 의한 명태 연육의 Gel화에 관한 연구. 1. 명태 연육의 열특성에 미치는 식염과 전분의 영향. *한국수산학회지*, 26(1), 21~25.

1993년 2월 2일 접수

1993년 3월 6일 수리