

가열온도, 가열시간, 단백질농도가 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 gel 특성 및 열안정성에 미치는 영향

김천제·한의수·고원식·최도영*·이치호*·정구용**·최병규
건국대학교 축산대학, *동물자원 연구센터, **상지대학교

Effect of Heating Temperature, Time and Protein Concentration on the Gel Properties and Heat Stability of a Mixed System of Pork Myofibrillar and Plasma Proteins

Cheon-Jei Kim, Eui-Su Han, Won-Sik Ko, Do-Young Choi*,
Chi-Ho Lee*, Ku-Young Joung** and Byung-Kyu Choe

College of Animal Husbandary, Kon-Kuk University

**Animal Resource Research Center*

***Sang-Ji University*

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of heating temperature, heating time and protein concentration on the gel properties and heat stability of a mixed system of pork plasma and myofibrillar to increase the utility of porcine blood as protein resources of the food industry, especially meat processing industry. The solubility of plasma protein and mixture (plasma+myofibrillar protein) decreased significantly at 70°C to 90°C when heating temperature rised, whereas myofibrillar protein decreased slightly at 40°C to 60°C, and the gel strength and the turbidity of those increased significantly at these heating temperatures. The solubility of plasma protein and mixture decreased when the heating time increased at 75°C, whereas the gel strength and turbidity increased, and the solubility, the gel strength and the turbidity of myofibrillar protein showed no changes.

Key words: plasma protein, myofibrillar protein, gel strength, turbidity

서 론

가축 혈액으로부터 분리한 혈장단백질은 가공적성이 우수하여 육제품, 빵제품, 그밖의 다른 식품에 이용은 매우 긍정적인 것으로 평가되고 있다^(1,2). Terrell 등⁽³⁾은 frankfurter 소시지 제조시 혈장단백질의 첨가는 표면강도를 증가시키며, 부스러지며 물러지는 성질을 개선한다고 하였으며, 또한 Seidmann 등⁽⁴⁾은 만육된 beef에 대두 단백질을 대체하여 1%의 혈장단백질을 첨가한 결과 조직, 향미, 기호성이 증진되었다고 한다. Hermansson⁽⁵⁾과 Kim과 Han⁽⁶⁾에 의하면 혈장단백질이 안정된 gel을 형성하기 위해서는 4~5%의 단백질함량이 요구되며 열에 안정하여 75°C 이상의 온도로 가열해야 단단한 gel을 형성한다고 하였다⁽⁷⁻¹⁰⁾.

고기유화물은 최종적으로 열처리 온도에 의해 고정화되며, 육제품의 기능에 중요한 역할을 하는 근원섬유단

백질은 43~56°C 에서 gel이 형성되기 시작하여 65°C 에서 최대의 gel 강도를 나타낸다⁽¹¹⁾. 그러나 혈장단백질은 열에 안정하여 75°C 이상의 온도로 가열해야 단단한 gel을 형성한다고 한다^(9,12).

본 연구의 목적은 혈장단백질을 육가공산업에 효과적으로 이용하기 위하여 가열온도, 가열시간 및 단백질농도가 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 gel 특성 및 열안정성에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 혈장단백질과 근원섬유단백질 그리고 혼합물(혈장단백질+근원섬유단백질)은 전보⁽⁶⁾에서와 같은 방법으로 얻은 시료를 사용하였다.

단백질 용해성

단백질 시료를 2% NaCl 용액에 단백질 함량이 1% 되게 용해한 후 40~90°C 에서 30분간 가열하여 5°C 에서

Corresponding author: Cheon-Jei Kim, Department of Animal Products Science, Kon-Kuk University, Mojin-Dong, Seongdong-Gu, Seoul 133-701, Korea

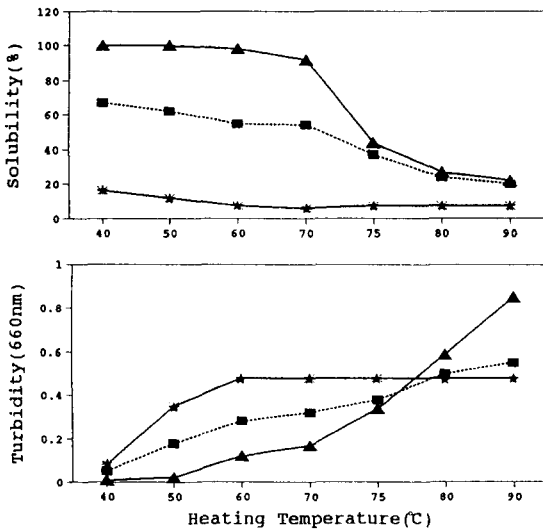


Fig. 1. Effect of heating temperature on the solubility and turbidity of pork blood plasma protein(▲), pork myofibrillar protein(★) and plasma + myofibrillar protein (■) with 2% NaCl concentration

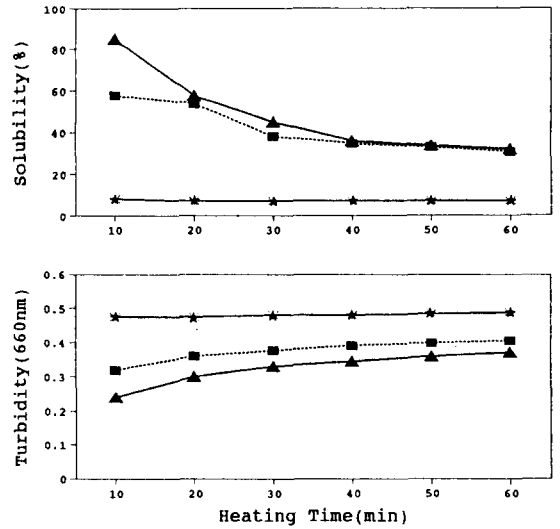


Fig. 2. Effect of heating time at 75°C on the solubility and turbidity of pork blood plasma protein(▲), pork myofibrillar protein(★) and plasma + myofibrillar protein (■) with 2% NaCl concentration

40분간 냉각 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액의 단백질함량을 biuret법에 의해 정량하여 용해성을 측정하였다.

흔탁도

Foegeding 등⁽¹³⁾의 방법에 따라 sample buffer(25.8 mM NaH₂PO₄, 32.5 M Na₂HPO₄, 2% NaCl, 0.02% N₃Na, pH 6.5)에 단백질함량이 0.2%가 되도록 균질, 용해시켜 40~90°C 에서 30분간 가열한 후 5°C 에서 냉각시켜 660 nm에서의 흡광도를 측정하여 흔탁도를 측정하였다.

gel 강도

2% NaCl 용액에 단백질 함량이 5%되게 건조된 단백질(혈장단백질, 근원섬유단백질) 시료를 가하여 Ultraturrax에서 8,000 rpm, 1분간 균질, 용해시킨 후 측정용기에 용해된 시료 10ml을 취하여 water-bath에서 가열 후 5°C 에서 40분간 냉각시키고 Rheometer(NRM-2002형)를 사용하여 gel 강도를 측정하였다. 이때의 조건은 시료의 높이 24 mm/min, adaptor No.9(직경 10mm)로 하였다.

결과 및 고찰

Fig.1은 각 단백질의 열감수성을 검토하기 위하여 2% NaCl 농도에서 가열 온도에 따른 단백질의 용해성과 흔탁도의 변화를 나타낸 것이다.

근원섬유단백질은 열에 매우 민감하여 40~60°C 이상의 온도에서는 더 이상의 용해성감소가 나타나지 않

았다. 혈장단백질과 혼합물의 단백질 용해성은 70°C 이하에서는 서서히 감소하다가 70~80°C 에서는 크게 감소하였다. 혈장단백질과 근원섬유단백질을 함량 1 : 1로 섞은 혼합물의 단백질 용해성이 근원섬유단백질 보다 높은 것은 혈장단백질에 의한 것으로 사료되며, 근원섬유단백질 보다 높은 온도에서 용해성이 감소되었다. 근원섬유단백질의 50% 이상을 구성하고 있는 myosin은 50°C 에서 용해성을 대부분 상실하며⁽¹³⁾, actin은 70~80°C 에서 변성된다고 한다⁽¹⁴⁾. Foegeding 등^(13,15)에 따르면 혈장단백질의 약 60%를 차지하는 albumin은 50~70°C 에서 용해성이 감소하기 시작하여 70~80°C 에서 크게 감소하였으며, 70°C 이상의 온도에서는 albumin의 용해성 상실로 인하여 myosin-albumin 혼합물의 용해성이 크게 감소하였다고 한다.

흔탁도의 변화는 용해성의 변화와는 상반되게 나타나 혈장단백질과 혼합물의 흔탁도는 가열온도가 높아짐에 따라 서서히 증가하였으며, 특히 혈장단백질은 70°C 이상의 온도에서 흔탁도가 크게 증가하였다. 근원섬유단백질은 40~60°C 의 낮은 온도에서 흔탁도가 급격히 증가하였으나, 그 이상의 높은 온도에서는 변화가 없었다. 이와같은 결과는 가열온도가 높아짐에 따라 단백질이 변성되어 응집 및 응고가 일어나 용해성은 감소가 되고, 흔탁도는 증가한 것으로 사료된다. Foegeding 등⁽¹⁵⁾도 단백질의 용해성과 흔탁도와는 밀접한 관련성이 있어 가열에 의해 단백질의 용해성은 감소되는 반면 흔탁도는 증가한다고 하였다.

Fig.2는 가열온도 75°C 에서 가열시간에 따른 단백질의 용해성과 흔탁도의 변화를 나타낸 것이다. 혈장단백질과

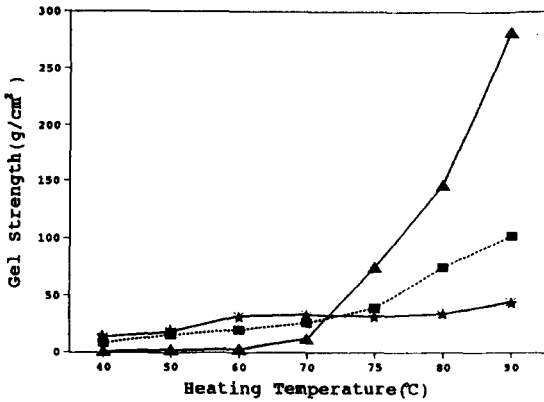


Fig. 3. Effect of heating temperature on the gel strength of 5% pork myofibrillar protein(▲) and 2.5% plasma + 2.5% myofibrillar protein(■) with 2% NaCl concentration

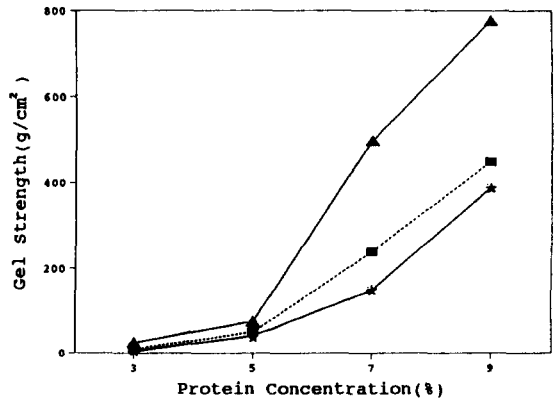


Fig. 5. Effect of protein concentration on the gel strength of 5% pork blood plasma protein(▲), 5% pork myofibrillar protein(★) and 2.5% plasma + 2.5% myofibrillar protein(■) with 2% NaCl concentration

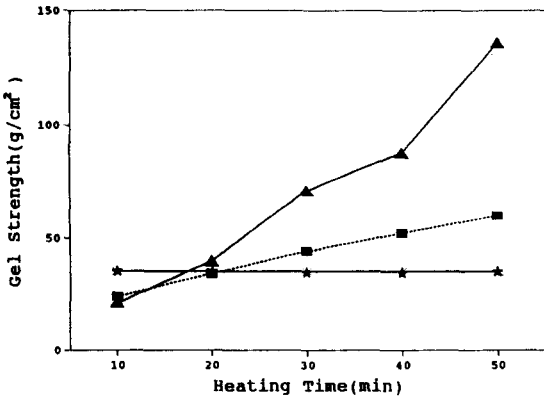


Fig. 4. Effect of heating time at 75°C on the gel strength of 5% pork blood plasma protein(▲), 5% pork myofibrillar protein(★) and 2.5% plasma + 2.5% myofibrillar protein(■) with 2% NaCl concentration

혼합물은 가열시간이 증가함에 따라 용해성은 감소하였고 혼탁도는 증가하였다. 그러나 근원섬유단백질은 75°C로 가열시 가열온도 10분에 이미 혼탁도가 최대에 달하여 가열시간이 경과해도 용해성과 혼탁도의 변화가 거의 나타나지 않았다. 이것은 가열온도 75°C에서 10분간 가열시 이미 근원섬유단백질의 열변성이 최대에 도달하여 가열시간 경과에 따른 용해성과 혼탁도의 변화가 나타나지 않은 것으로 사료된다. Locker⁽¹⁶⁾도 myosin은 53°C에서 82~95%가 응고가 된다고 하였다.

Fig. 3와 Fig. 4는 가열온도 및 가열시간(75°C)에 따른 gel 강도를 나타낸 것이다. 각 단백질의 gel 강도는 혼탁도의 변화와 유사하게 나타났는데 혈장단백질은 60°C까지는 가열에 의해 gel을 형성하지 않다가 70°C에서 농후해지면서 미약한 gel을 형성하였다. 혈장단백질과 혼합물은 70°C 이상의 온도에서 가열온도 및 가열시간(75°C)이

증가함에 따라 gel 강도가 크게 증가하였다. 근원섬유 단백질은 가열온도가 높아짐에 따라 40~60°C에서 gel 강도가 증가를 하였으나 그 이상의 온도에서는 더 이상의 gel 강도의 증가가 나타나지 않았으며, 75°C 가열시 가열 10분 후에 강도가 최대에 도달하여 가열시간이 경과해도 gel 강도의 변화가 없었다. 이와같은 결과는 Howell과 Lawrie⁽¹⁰⁾, Hickson 등⁽⁸⁾, Samejima 등^(17,18)의 보고와 일치하고 있는데 Foegeding 등⁽¹³⁾은 myosin-albumin 혼합물은 85~90°C로 가열시에, 그리고 myosin-fibrinogen 혼합물은 50~70°C에서 강한 gel을 형성한다고 보고하였다. 그러나 fibrinogen은 전혈장(whole plasma)이나 serum의 gel 강도보다 약하며⁽¹⁰⁾, 혈장단백질에는 albumin을 약 60% 함유하고 있어, 보다 단단한 gel 형성을 위해서는 더 높은 온도가 요구된다. 따라서 육제품 제조시에 혈장단백질을 사용할 때는 결합력 상승을 위해 약 75°C의 가열온도가 요구되는 것으로 사료된다. Hermansson⁽⁶⁾도 혈장단백질이 적당한 gel을 형성하기 위해서는 75°C의 가열온도가 필요하다고 보고하였다.

Fig. 5는 2% NaCl 농도에서 단백질 농도에 따른 gel 강도를 나타낸 것이다. 5% 이하의 단백질 농도에서 각 단백질의 gel 강도는 서서히 증가하였으나, 5% 이상의 단백질 농도에서는 직선상으로 gel 강도가 급격히 증가하였다. 혈장단백질의 gel 강도는 같은 농도에서 약 2배정도 gel 강도가 높았으며, 혼합물의 gel 강도는 근원섬유단백질보다 높았다.

요 약

식품산업 특히 육가공산업에 돈혈액의 이용을 위하여 가열온도 가열시간 및 단백질 농도가 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 gel 특성과 열안정성에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하기 위하여 실시되었다.

혈장단백질과 혼합물(plasma + myofibrillar protein)의 용해성은 가열온도가 70°C에서 90°C로 증가함에 따라 크게 감소하였으며, 근원섬유단백질은 40~60°C에서 용해성이 서서히 감소하였다. 또한 gel 강도와 혼탁도는 이 온도범위에서 크게 증가하였다. 가열온도 75°C에서 가열시간이 경과함에 따라 혈장단백질과 혼합물의 용해성은 감소하였으나 gel 강도와 혼탁도는 증가하였다. 근원섬유단백질은 75°C에서 가열시간이 경과함에도 용해성, 혼탁도, gel 강도의 변화가 거의 나타나지 않았다. 근원섬유단백질, 혈장단백질, 혼합물의 gel 강도는 단백질 농도가 5%에서 9%로 증가함에 따라 증가하였다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 동물자원연구센터의 지원으로 수행되었으며 이를 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. 中村豊郎, 昭田正寛, 吉野裕一日, 系澤きみ子: Application of dried plasma to processed meat products, 日本食品工業學會誌, 30, 283(1983)
2. Howell, N.K. and Lawrie, R.A.: Functional aspects of blood plasma proteins. I. Separation and characterisation. *J. Food Technol.*, 19, 289(1984)
3. Terrell, R.N., Weinblatt, D.J., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Dill, C.W. and Morgan, R.G.: Plasma protein isolate effects on physical characteristics of all-meat and extended frankfurters. *J. Food Sci.*, 44, 1041(1979)
4. Seidmann, S.C., Smith, G.C., Carpenter, Z.L. and Dill, C.W.: Plasma protein isolate and texture soy protein in ground beef formulations. *J. Food Sci.*, 44, 1032(1979)
5. Hermansson, A.M.: The function of blood and other proteins in meat products. 24th European Meeting of Meat Research Workers, September 4-8, Kulmbach, West Germany(1978)
6. Kim, C.J. and Han, E.S.: 소금, 인산염, pH가 돼지 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 기능적 특성에 미치는 영향. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23, 428(1991)
7. Harper, J. P., Suter, D.A., Dill, C.W. and Jones, E.R.: Effect of heat treatment and protein concentration on the rheology of bovine plasma protein suspension. *J. Food Sci.*, 43, 1204(1978)
8. Hickson, D.W., Dill, C.W. Morhan, R.G., Suter, D.A. and Carpenter, Z.L.: A comparison of heat-induced gel strength of bovine plasma and egg albumen proteins. *J. Anim. Sci.*, 51, 69(1980)
9. Hermansson, A.M.: Gel characteristics-compression and penetration of blood plasma gels. *J. Food Sci.*, 47, 1960(1982)
10. Howell, N.K. and Lawrie, R.A.: Functional aspects of blood plasma proteins. II. Gelling properties. *J. Food Technol.*, 19, 289(1984)
11. Samejima, K., Egelandsdal, B. and Fretheim, K.: Heat gelation properties and protein extractability of beef myofibrils. *J. Food Sci.*, 50, 1540(1985)
12. Howell, N.K. and Lawrie, R.A.: Functional aspects of blood plasma proteins. III. Interaction with other protein and stabilizers. *J. Food Technol.*, 19, 297(1984)
13. Foegeding, E.A., Dayton, W.R. and Allen, C.E.: Interaction of myosin-albumin and myosin-fibrinogen to form protein gels. *J. Food Sci.*, 51, 104(1986)
14. Cheng, A.P. and Parrish Jr, F.C.: Heat-induced changes in myofibrillar protein of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.*, 44, 22(1979)
15. Foegeding, E.A., Allen, C.E. and Dayton, W.R.: Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibinogen and albumen gels. *J. Food Sci.*, 51, 110(1986)
16. Locker, R.H.: The dissociation of myosin by heat coagulation. *Jiochem. Biophys. Acta.*, 20, 515(1956)
17. Yasui, T., Ishioroshe, M., Nakano, H. and Samejima, K.: Changes in shear modulus, ultrastructure and spin-spin relaxation times of water associated with heat-induced gelation of myosin. *J. Food Sci.*, 44, 1201(1979)
18. Yasui, T., Ishioroshi, M. and Samejima, K.: Heat-induced gelation of myosin in the presence of actin. *J. Food Biochem.*, 4, 61(1980)

(1993년 4월 27일 접수)