

소금, 인산염, pH가 돼지 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 기능적 특성에 미치는 영향

김천제 · 한의수

건국대학교 축산가공학과

Effect of NaCl, Phosphate and pH on the Functional Properties of a Mixed System of Pork Myofibrillar and Plasma Proteins

Cheon-Jei Kim and Eui-Su Han

Department of Animal Products Science, Kon-Kuk University

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of NaCl, pH and phosphate on the functional properties of a mixed system of plasma protein and myofibrillar proteins. The solubility of plasma protein, myofibrillar protein and the mixture (plasma+myofibrillar protein) increased according to the increase of NaCl concentration (0~4%) and pH (4~8). The solubility, emulsifying activity and capacity of the mixture were lower than those of plasma protein, whereas higher than those of myofibrillar protein. The gel strength of the mixture and myofibrillar protein showed a significant increase when NaCl concentration was increased from 2 to 3%. The gel strength of myofibrillar protein increased about four times when 0.3% polyphosphate added to the sample containing 2% NaCl, whereas the moisture loss of the mixture and myofibrillar protein decreased significantly. The gel strength of plasma protein, myofibrillar protein and the mixture increased slightly at 3~5% protein concentration, whereas the gel strength of those increased significantly as the protein concentration increased from 5 to 9%.

Key words: myofibrillar protein, plasma protein, emulsifying activity, gel strength

서 론

가축의 도살시 회수가 용이한 혈액은 약 16~18%의 단백질을 함유하고 있으며 일부가 사료나 식용으로 이용되기는 하지만 대부분 그대로 폐기되어 그 이용도는 낮은 실정이다. 더욱이 이 혈액폐기물은 공해문제까지도 야기하여 이의 처리에도 많은 비용이 소요되고 있다. 따라서 폐기되고 있는 혈액단백질을 개발하여 식품산업에 이용하려는 연구들이 수년 전부터 진행되고 있다.

혈액을 원심분리하여 얻을 수 있는 혈장은 연분홍색의 액체로서, 농축 또는 그대로 동결이나 건조상태로 이용할 수 있다. 이 혈장단백질은 용해성, 유화성, 기포성이 우수하며⁽¹⁻⁶⁾, 가열에 의한 gel 형성도 좋아^(7, 11) 유화형 소시지 제조시 그 단백질 소재로서 가공적성이 우수한 것으로 보고되고 있다^(3, 12, 13).

한편 근원섬유단백질은 육단백질 중 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 육제품의 결착력 및 보수성 등 제품 특성에 가장 중요한 기능적 역할을 하는 것으로 발표되고

있다⁽¹⁴⁾. 따라서 육제품 제조시 단백질을 효과적으로 사용하기 위해서는 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 기능성이 어떠한지를 검토할 필요성이 있다.

본 연구의 목적은 혈장을 식품산업, 특히 육가공산업에 이용하고자 식염, 인산염 및 pH가 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 기능성에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

재료

시료로 사용된 돼지혈액은 가락동 도축장에서 도살 즉시 수거하였으며, 수거시 0.5%의 sodium citrate를 첨가하여 혈액응고를 방지한 후 4°C에서 보관하면서 수거후 10시간 이내에 3,600 rpm, 30분간 원심분리하여 액상혈장을 분리했다. 또한 시료로 사용된 돈육은 Landrace 종으로 등심부위의 *M. longissimus dorsi*를 도살 직후 pH 6.3 이상 24시간 후 pH 5.5~5.7인 정상육을 선별, 지방과 건을 제거하고 분쇄 후 이와 성⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 근원섬유단백질을 추출하였다. 액상혈장과 추출된 근원섬유단백질은 공히 동결건조시켜 Kjeldahl법에 의해 단백질 함량을 측정 후 진공포장하여 -20°C의 냉동실에

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

보관하면서 시료로 사용하였다. 혼합물은 혈장단백질과 근원섬유단백질을 단백질 함량 1 : 1의 비율로 혼합하여 시료로 사용하였다.

pH 측정

돈육의 pH측정은 시료 3g당 증류수 20 ml을 가하여 50초간 균질한 후 측정하였으며, 단백질은 증류수에 1% 농도가 되게 용해하여 직접 유리전극을 넣어 pH를 측정하였다.

단백질 용해성

0~4% NaCl 용액에 단백질 함량이 1%되게 시료를 용해한 후 2 N NaOH와 2 N HCl로 pH를 조절하고 3,000 rpm, 20분간 원심분리하여 상등액의 단백질 함량을 biuret법에 의해 정량하여 단백질 용해성을 측정하였다.

유화활성

Kato⁽¹⁶⁾의 방법에 따라 2% NaCl(pH 6.5) 용액에 단백질 함량이 0.1%되게 시료를 균질, 용해시킨 후 15 ml을 취하여 5 ml의 oil(soybean)을 가하고 Ultra-turrax(Janke, T2S, West Germany)에서 9,500 rpm, 1분간 균질, 혼합하여 유화물 50 μ l을 5 ml의 0.1% SDS 용액에 가하여 교반 후 즉시 500 nm의 흡광도에서 혼탁도의 변화로서 유화활성을 측정하였다.

유화 안정성

유화 안정성은 2% NaCl 용액에 단백질 농도가 5% 되게 건조된 단백질 시료를 가하여 용해시킨 후 분쇄된 돈지방 50%를 가하여 Ultra-turrax로 9,500 rpm에서 1분간 균질한 후 유화물을 75°C, 30분간 가열한 후 분리된 지방의 양을 측정하여 가열전 시료의 지방함량에 대한 감량으로서 산출하였다.

Gel 강도

Gel 강도는 0~4% NaCl 용액에 단백질 농도가 5% 되게 건조된 단백질 시료를 가하여 Ultra-turrax에서 8,000 rpm, 1분간 균질, 용해시킨 후 측정 용기에 시료 10 ml을 취하여 75°C, 30분간 가열 후 5°C에서 40분 냉각시켜 rheometer(NRM-2002J형)를 이용하여 gel 강도를 측정하였다. 이 때의 조건은 시료의 높이 24 mm, 측정속도 6 mm/sec, 침입거리 11 mm, chart speed 12 cm/min, adapter No.9(직경 10 mm)로 하였다.

수분손실

시료를 5% 단백질 용액에 2% NaCl, 0.3% polyphosphate를 가하여 균질시킨 후 시험관에 10 ml 취하여 75°C, 30분간 가열 후 5°C에서 30분간 냉각한 다음 특수 원심분리관에서 550 rpm, 10분간 원심분리하여 중량의 손실을 수분 손실량으로 산출하였다.

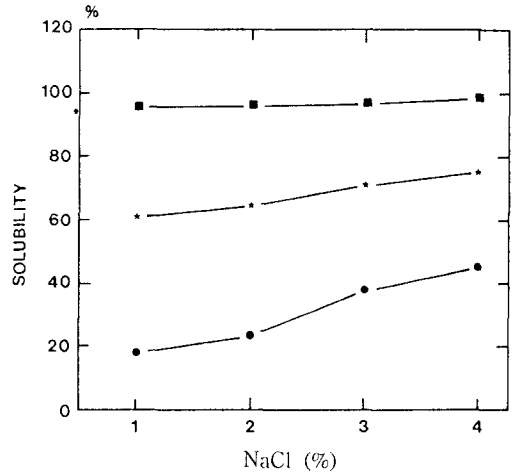


Fig. 1. Effect of NaCl concentration on the solubility of pork blood plasma protein (■), pork myofibrillar protein (●) and plasma + myofibrillar protein (★) at pH 6.5

결과 및 고찰

단백질 용해성

Fig. 1은 pH 6.5에서 NaCl 농도에 따른 각 단백질의 용해성을 나타낸 것이다. 혈장단백질은 실험된 전 영역에서 90% 이상의 높은 용해성을 나타내었으며 NaCl 농도가 증가함에 따라 다소 증가하였으나 크게 영향을 받지 않았다. 혈장단백질과 근원섬유단백질을 단백질 함량 1 : 1로 섞은 혼합물의 단백질 용해성은 혈장단백질 보다는 낮았으나 근원섬유단백질 보다는 높았으며 NaCl 농도가 상승함에 따라 증가하였다. 혼합물의 단백질 용해성이 근원섬유단백질 보다 높은 것은 혈장단백질의 높은 용해성에 의한 것으로 사료되며, NaCl 농도 증가에 따른 혼합물의 단백질 용해성 증가는 근원섬유단백질의 용해성이 증가하기 때문인 것으로 나타났다. 고기유화물의 유화형성에 단백질 용해성은 중요한 역할을 하며 염용성 단백질인 근원섬유단백질의 용해성이 증가할수록 육제품의 조직, 보수력, 유화력이 개선된다고 한다⁽²⁵⁾. 근원섬유단백질은 가장 낮은 단백질 용해성을 나타내었으나 2% 이상의 NaCl에서 급격히 증가하였다.

Fig. 2는 2% NaCl 농도에서 pH변화에 따른 각 단백질의 용해성을 나타낸 것이다. 혈장단백질은 pH 5.0에서 90%에 약간 못미치는 단백질 용해성을 나타내었으나 pH가 상승함에 따라 증가하여 pH 6.0 이상에서 90% 이상의 높은 용해성을 나타내었다. 혼합물의 용해성은 혈장단백질 보다는 낮았으나 근원섬유단백질 보다 2~3 배 높게 나타났으며 pH가 상승함에 따라 증가하는 추세를 나타내었다. NaCl 농도와 pH가 상승함에 따라 단백질 용해성이 증가한 것은 이온강도 증가와 단백질

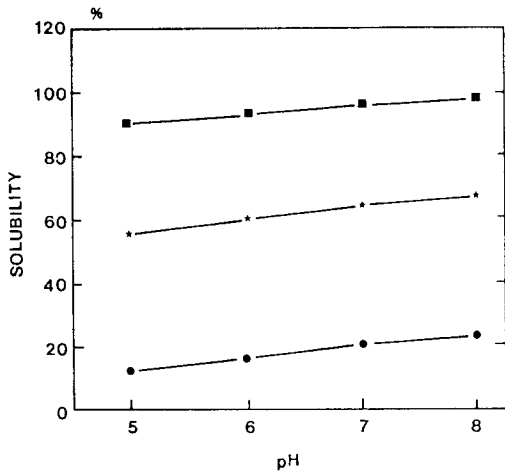


Fig. 2. Effect of pH on the solubility of pork blood plasma protein (■), pork myofibrillar protein (●) and plasma+myofibrillar protein (★) with 2% NaCl

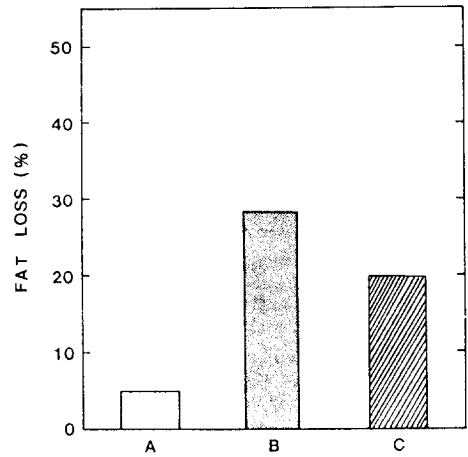


Fig. 4. Fat loss (%) of pork blood plasma protein (A), pork myofibrillar protein (B) and plasma+myofibrillar protein (C) at 75°C for 30 min

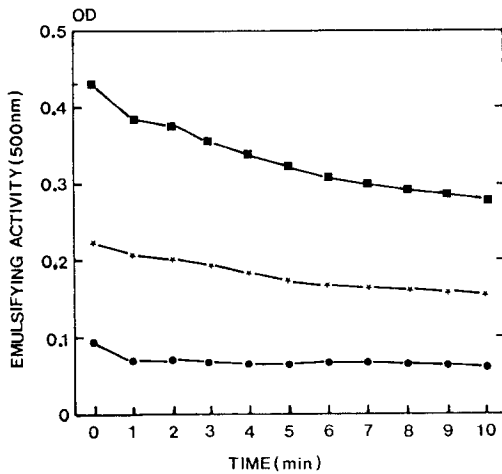


Fig. 3. Changes in the turbidity of emulsions of pork blood plasma protein (■), pork myofibrillar protein (●) and plasma+myofibrillar protein (★) with 2% NaCl

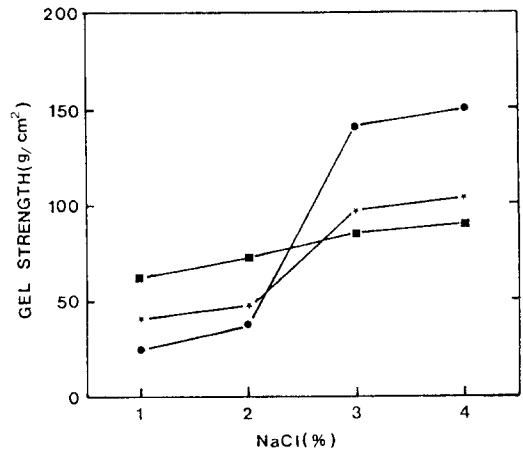


Fig. 5. Effect of NaCl concentration on the gel strength of 5% pork blood plasma protein (■), 5% pork myofibrillar protein (●) and 2.5% plasma+myofibrillar protein (★) at 75°C

전하군 상호작용으로 정전기적 반발이 증가되었기 때문인 것으로 사료된다. Hamm⁽²⁵⁾은 단백질 용해성은 온도, pH, 소금농도에 의하여 영향을 받으며 단백질의 등전점보다 pH가 높을 때 반대 전하그룹 사이의 상호작용이 약해지며, 염은 단백질을 해리시켜 용해성을 증가시킨다고 하였다. 혈장단백질의 용해성은 pH에 크게 영향을 받지 않으며 NaCl 첨가에 의해 이온강도가 증가하여 단백질 용해성이 증가된다고 한다^(24,5).

유화활성과 유화안정성

Fig. 3은 pH 6.5, 20°C에서 각 단백질의 유화활성을 500 nm에서 혼탁도의 변화로서 측정한 것이다. 혈장단백질

의 유화활성은 비교된 다른 단백질에 비하여 매우 높게 나타났으며, 혼합물은 혈장단백질 보다는 낮았으나 근원성유단백질 보다 2배 정도 높았다. 각 단백질의 유화활성은 시간이 경과함에 따라 서서히 감소하였다. 齊藤 등⁽¹⁷⁾은 혈장단백질의 유화활성은 유청단백질과 카제인 보다 높았으며, pH에 거의 영향을 받지 않는 안정한 유화성을 나타내고 이 유화성은 용해성과 아주 유사한 양상을 나타낸다고 하였으며⁽⁵⁾ 용해성과 유화활성은 분자의 표면상태에 의하여 영향을 받는다⁽²⁴⁾. Fig. 4는 각 단백질 시료의 유화안정성을 나타낸 것이다. 혈장단백질의 유화안정성은 용해성, 유화활성과 유사하게 높아 가열 후 분리된 지방함량이 5% 이하로 가장 낮았으며

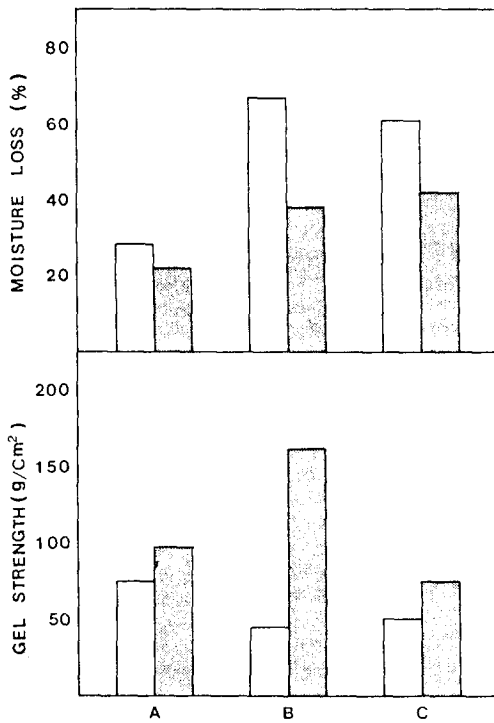


Fig. 6. Effect of phosphate on the moisture loss and gel strength of 5% pork blood plasma protein (A), 5% pork myofibrillar protein (B) and 2.5% plasma+2.5% myofibrillar protein (C) with 2% NaCl

혼합물은 약 20%로 근원섬유단백질 보다 분리된 지방 함량이 적었다. 혈장단백질과 혼합물의 유화활성과 유화안정성이 높게 나타난 것은 단백질 용해성이 높아 보다 안정된 유화물을 형성하기 때문이며^(12,18) 유화형 육제품 제조시 혈장단백질의 첨가는 유화형 육제품의 기능성을 향상시킬 것으로 사료된다.

Gel 강도와 보수성

Fig. 5는 NaCl 농도에 따른 각 단백질의 gel 강도를 나타낸 것이다. 1~2% NaCl 농도에서 근원섬유단백질과 혼합물의 gel 강도는 혈장단백질보다 낮았으나, 3~4% NaCl 농도에서는 급격히 증가하여 혈장단백질보다 높았다. 특히 근원섬유단백질은 NaCl 농도가 2%에서 3%로 높아짐에 따라 3~4배 gel 강도가 증가하였는데 이것은 2~3% NaCl 농도에서 이온강도가 증가하여 단백질의 용해성이 증가하면서 가열 후 gel 강도가 급격히 높아진 것으로 사료된다. Suzuki와 Macfalane⁽¹⁹⁾은 NaCl이 0.1~0.3M의 낮은 농도에서는 gel 강도에 크게 영향을 미치지 않으나 0.4~0.6M NaCl 농도에서는 NaCl이 증가함에 따라 gel 강도가 크게 증가한다고 한 결과와 일치한다. 김과 김⁽²⁰⁾은 가열전 외관상 점도와 가열 후 경도는 밀접한 관계가 있다고 하며 0~2% NaCl 농도에서 돈육

homogenate의 점도는 서서히 증가하다가 2~5% NaCl 농도에서는 점도가 급격히 상승하였다고 한다. 혈장단백질은 낮은 NaCl 농도(1~2%)에서는 근원섬유단백질보다 약 2배 gel 강도가 높았으나 3% 이상의 NaCl 농도에서는 낮았다. 낮은 NaCl(1~2%) 농도에서 혈장단백질의 gel 강도가 높은 것은 혈장단백질은 높은 용해 상태이나 근원섬유단백질은 부분 용해상태이기 때문이며, 3% 이상의 NaCl 농도에서 혈장단백질의 gel 강도가 더이상 증가하지 않은 것은 실험에 사용된 건조혈장단백질의 높은 Na 함량에 의한 것으로 사료된다. Hickson 등⁽²²⁾에 의하면 혈장단백질에 0.2M Na의 첨가는 gel 강도는 상승시켰으나 0.5와 1.0M의 Na 수준에서는 오히려 gel 강도를 떨어뜨렸다고 한다.

Fig. 6은 2% NaCl 농도에서 인산염 첨가에 따른 각 단백질의 gel 강도와 가열감량을 나타낸 것이다. 인산염 첨가에 의해 각 단백질의 gel 강도는 증가하였으며, 수분손실량은 감소하였다. 특히 근원섬유단백질은 인산염 첨가에 의해 약 4~5배 가량 gel 강도가 증가하였다. 이것은 인산염이 근원섬유단백질의 용해성을 향상시켜 결합력을 증가시키고⁽²³⁾, 또한 pH와 이온강도를 증가시켜⁽²⁴⁾ 보수성이 향상된 것으로 사료된다. 본 실험에서 근원섬유단백질은 인산염 첨가에 의하여 pH가 5.8에서 6.5로 크게 증가하였다.

요 약

본 연구는 식품산업 특히 육가공업에 돈혈액의 이용을 위하여 NaCl, pH, phosphate가 혈장단백질과 근원섬유단백질 혼합물의 기능성에 어떠한 영향을 미치는지를 규명하고자 실시하였다. 각 단백질의 용해성은 NaCl 농도(1~4%)와 pH(4~8)가 증가함에 따라 증가하였다. 혼합물(plasma + myofibrillar)의 용해성, 유화활성, 유화력은 혈장단백질 보다는 낮았으나 근원섬유단백질 보다는 높았다. 혼합물과 근원섬유단백질은 NaCl 농도가 2%에서 3%로 증가할 때 gel 강도가 현저히 증가하였다. 0.3% polyphosphate를 첨가시 근원섬유단백질의 gel 강도는 약 4배 증가하였으며, 근원섬유단백질과 혼합물의 수분손실량이 크게 감소하였다. 3~5% 단백질농도에서 각 단백질의 gel 강도는 서서히 증가하였으나 5~9%에서는 단백질농도가 증가함에 따라 gel 강도가 크게 증가하였다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 동물자원연구센터의 지원으로 수행되었으며 이를 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. Tybor, P.T., Dill, C.W. and Lardmann, W.A.: Effect

- of decolorization and lactose incorporation on the emulsification capacity of spray-dried blood protein concentrations. *J. Food Sci.*, **38**, 4(1973)
2. Tybor, R.N., Dill, C.W. and Lardmann, W.A.: Functional properties of proteins isolated from bovine blood by a continuous pilot process. *J. Food Sci.*, **40**, 155 (1975)
 3. Suter, D.A., Sustek, E., Dill, C.W., Marshall, W.A. and Carpenter, Z.L.: A method for measurement of the effect of blood protein concentration on the binding forces in cooked ground beef patties. *J. Food Sci.*, **41**, 1428(1976)
 4. Del Rio De Reys, M.T.E., Constantinides, S.M., Sgarbieri, V.C. and Eldash, A.A.: Chicken blood plasma protein; Physicochemical, nutritional and functional properties. *J. Food Sci.*, **45**, 17(1980)
 5. 中村豊郎, 吉原忠志, 井上志保子: 血清フラスマ分割成分の機能特性. 日本畜産學會誌, **10**, 823(1986)
 6. Etheridge, P.A., Hickson, D.W., Young, C.R., Landmann, W.A. and Dill, C.W.: Functional and chemical characteristics of bovine plasma proteins isolated as a metaphosphate complex. *J. Food Sci.*, **46**, 1782(1981)
 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., Morgan, R.G., Suter, D.A. and Carpenter, Z.L.: A comparison of heat-induced gel strength of bovine plasma and egg albumin 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(1985)
 11. Howell, N.K. and Lawrie, R.A.: Functional aspects of blood plasma proteins. IV. Elucidation of the mechanism of gelation of plasma and egg albumin proteins. *J. Food Technol.*, **20**, 489(1985)
 12. 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 frnakfurters. *J. Food Sci.*, **44**, 1041(1979)
 13. 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)
 14. Acton, J.C., Ziegler, G.R. and Burge, D.L.: Functionality of muscle constituents in the processing of comminuted meat products. *Food Sci. Nutr.*, **18**, 99(1983)
 15. 李由方, 成三慶: 食肉과 肉製品의 分析實驗. 선진문화사, p. 107(1983)
 16. Kato, A., Tanaka, A., Lee, Y., Matsudomi, N. and Kobayashi, K.: Effects of deamidation with chymotrypsin at pH 10 on the functional properties of proteins. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 285(1987)
 17. 齊藤昌義, 清水誠, 山内邦男: 血漿蛋白質의 乳化特性. 日本食品工業學會誌, **34**, 223(1983)
 18. Cldironi, H.A. and Okerman, H.W.: Incorporation of blood proteins into sausage. *J. Food Sci.*, **47**, 405(1987)
 19. Suzuki, T. and Macfarlane, J.J.: Modification of the heat-setting characteristics of myosin by pressure treatment. *Meat Sci.*, **11**, 263(1984)
 20. 김천제, 김정부: 수분첨가비율, NaCl, 단백질 농도가 돈육 homogenate의 물성학적 특성과 열안정성에 미치는 영향. 한국축산학회지, **32**, 43(1990)
 21. 中村豊郎, 吉野裕一, 井相智保子, 永井智子: Preparation of concentrated plasma by ultrafiltration and its application to processed meat products. 日本食品工業學會誌, **30**, 283(1984)
 22. Hickson, D.W., Eill, C.W., Morgan, R.G., Suter, D.A. and Carpenter, Z.L.: A comparison of heat-induced gel strength of bovine plasma and egg albumin proteins. *J. Anim. Sic.*, **51**, 69(1980)
 23. Siegel, D.G. and Schmidt, G.R.: Ionic, pH, and temperature effects of the binding ability of myosin. *J. Food Sci.*, **44**, 1686(1979)
 24. Motoki, M., Nio, N. and Koichi, T.: Functional properties of heterologous polymer; prepared by transglutaminase between milk casein and soybean globulin. *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 237(1987)
 25. Hamm, R.: Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In *Muscle as Food*, Bechtel, P.J.(ed), Academic Press, New York, p. 135 (1986)

(1991년 3월 20일 접수)