KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 35, No. 2, pp. 206~210 (2003)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

NaCl 첨가가 DFD육 및 정상육 batter의 이화학적 특성에 미치는 영향

김천제* · 이의수 · 정종연 · 권택상
건국대학교 축산가공학과

The Effects of NaCl on the Physicochemical Properties of DFD and Normal Pork Meat Batter

Cheon-Jei Kim*, Eui-Soo Lee, Jong-Yoen Jeong and Taeg-Sang Kweon
Department of Animal Products Science, Konkuk University

Effects of NaCl concentration (0, 1, 2, and 3%) on the physico-chemical characteristics of dark, firm, dry (DFD) and normal meat batter were examined. Before heating, pH values of DFD and normal meat batter decreased up to 0.23 (DFD) and 0.2 (normal) units, which after heating increased up to 0.16~0.28 and 0.17~0.23 units, as NaCl concentration increased from 0 to 3%. Cooking loss and diameter reduction of DFD meat batter were lower than those of nomal meat batter and decreased, whereas protein solubilities and emulsion stabilities of DFD and normal meat increased, with increasing NaCl concentration. Protein solubility and emulsion stability of DFD meat were higher than those of nomal meat ($p<0.05$). Viscosity and hardness of DFD meat batter were higher than those of normal meat batter and increased as NaCl concentration increased from 0 to 3%.

Key words: DFD, NaCl, batter, pH, cooking loss, viscosity

서 론

가축은 생소한 환경에 접하게 되면 흥분하고 피로하게 되며 체온이 높아지는 등의 생리적 변화를 가져온다. 돼지의 경우 그 정도가 심하여 장거리 운송, 갑작스런 온도의 변화, 도축장에서의 부주의한 취급 등으로 인하여 PSE(Pale, Soft, Exudative)육이나 DFD육(Dark, Firm, Dry)과 같은 이상돈육의 발생빈도가 높아 문제시 되고 있다. 특히 도축전 장기간의 스트레스는 글리코겐 고갈의 원인이 되며, 결과적으로 최종 pH가 높은 DFD육이 발생하게 된다[1,2]. DFD육은 육색이 짙고 견고하며 건조한 외관을 갖는데, 이는 주로 높은 pH로 인하여 보수성이 높기 때문이다[3]. DFD돈육의 발생빈도는 Australia의 경우 3.1%에 달하나[4] 우리나라의 경우는 아직까지 정확한 발생빈도를 조사한 자료가 없다. 일반적으로 DFD육은 정상육에 비하여 보수성 및 연도가 높고, 가열감량과 전단력가는 낮게 나타난다[5]. 돈육의 pH는 부위에 따라 다양하며, 경우에 따라서 pH 6 이상을 나타내는 근육도 있을 수 있고 이러한 육이 육제품의 원료육으로 이용되는 경우가 있다[6]. DFD육의 이용에 있어서 주된 문제점은 정상적인 최종 pH를 갖는 육에 비하여 미생물에 대한 안전성이 낮다는 것이며, 반면에 높은 보수력은 유화형 sausage의 제조에 유리하다[7,8]. 육제품 제조에 있어서 중요한 것은 pH에 좌우되는 보수력, 염지, 풍미, 품질 등이며 따라서 원료의 pH는 육제품 제조에 결정적인 영향을 미친다.

육가공에 이용되는 소금(NaCl)은 육제품의 관능적 특성과 결착 및 보수성 등 기능성을 개선하기 위하여 첨가된다. Cl^- 이온은 초원섬유에 침투하여 초원섬유를 팽윤시키는 역할을 하며, Na^+이온은 초원섬유 주변에 이온층을 형성한다[9]. 인산염을 첨가하지 않은 소시지에서 보수력은 약 4% 소금농도까지는 보수력이 직선적으로 증가한다[10]. Matulis 등[11]은 소시지의 관능적 경도는 pH 6.0에서 최대가 되며, 지방함량이 증가함에 따라 더 높은 pH에서 최대 경도를 나타냈다고 하였다. 소금이 첨가될때, Cl^- 이온의 결합력은 pH가 증가함에 따라 감소하는 반면, Na^+이온의 결합력은 증가한다[10]. Kim[12]에 의하면 DFD-homogenate의 보수성은 NaCl을 첨가하지 않았을 때는 정상육에 비교하여 큰 차이가 나지 않았으나 NaCl 첨가에 의하여 크게 증가하였다고 한다.

지금까지 DFD육에 대한 많은 연구들이 진행되었으나 주로 그 발생원인과 신선육으로 이용하기 위한 육색개선과 저장성을 높이기 위한 포장방법 등에 관한 연구들이 대부분 이었으며 DFD육의 가공적성에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 NaCl 농도에 따라 DFD육 batter

*Corresponding author: Cheon-Jei Kim, Animal Resources Research center, Konkuk University, 1 Hwayang-dong, Kwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea
Tel: 82-2-450-3684
Fax: 82-2-444-6695
E-mail: kimcj@konkuk.ac.kr

를 제조하여 pH, 단백질용해성, 점도, 보수력, 유화안정성, 물성변화를 정상육 batter와 비교 조사하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에 사용한 돈육은 등심부위(M. *longissimus dorsi*)로서 도살 24시간후의 pH가 정상육인 경우 pH 5.5~5.7, DFD육의 경우 pH 6.5 이상인 육을 선별하여 사용하였다. 채취된 육은 눈에 보이는 지방과 건을 제거하고 적당하게 자른 다음 8 mm plate의 grinder(Seydelmann, Model No. WD 114, Germany)를 사용하여 분쇄하였다. 분쇄한 원료육 1,000 g을 silent cutter(Seydelmann, Model No. K-21-Ras, Germany)에서 30초간 세절한 후 처리구에 따라 최종 batter의 식염농도가 각각 0, 1, 2, 3%가 되도록 NaCl을 첨가하여 30초간 세절하고, 375 g의 얼음을 가하여 2분간 더 세절, 혼합하였다. 이어서 grinding한 돈지방 375 g을 가하여 3분간 계속 세절, 혼합하였다. 유화된 batter는 hand stuffer를 사용하여 직경 22 mm의 PVDC film casing에 100±5 g씩 충진하여 실온에서 1시간 방치한 후 75°C water bath에서 30분간 가열하고 흐르는 물에서 30분간 냉각한 후 4°C의 냉장고에 보관하면서 공시재료로 사용하였다. 또한 batter의 일부는 가열하지 않는 상태로 4°C의 냉장고에 보관하면서 공시재료로 사용하였다.

pH

시료 5 g을 취하여 증류수 20 mL와 혼합한 후 Ultra-Turrax(Janke & Kunkel, Model No. T 25, Germany)를 이용하여 8,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 시료용액에 직접 유리전극을 넣어 pH를 측정하였다.

가열감량

특별히 고안된 원심분리관에 시료 30 g을 취하여 75°C에서 30분간 가열후 분리된 수분의 양을 측정하였으며, 가열전후의 시료의 중량차이를 측정하여 백분율로 나타내었다.

직경감소율

Batter를 22 mm PVDC film에 충진하여 75°C에서 30분 가열후 냉각하여 다음 공식에 의하여 산출하였다.

$$\text{직경감소율}(\%) = \frac{\text{가열전 직경} - \text{가열후 직경}}{\text{가열전 직경}} \times 100$$

단백질 용해성

0, 1, 2, 3% NaCl이 첨가된 각각의 batter 5 g에 증류수 30 mL을 첨가한 후 Ultra-Turrax를 이용하여 8,000 rpm에서 1분간 균질하고, 이 시료들을 3,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상등액의 단백질 함량을 biuret법에 의해 정량하여 용해성을 측정하였다.

유화안정성

유화안정성은 특별히 고안된 원심분리관에 시료 30 g을 취하여 100°C에서 30분간 가열후 특수 원심분리관에 모인 지방층의 양을 측정하여 전체 시료무게에 대한 지방감량(%)을 구하였으며, 이를 이용하여 다음 공식에 의하여 유화안정성을 나타내었다.

$$\text{유화안전성}(\%) = 100 - \text{지방감량}(\%)$$

점도측정

Batter의 점도는 회전식 Viscometer(HAAKE, VT 500, Germany)를 사용하여 측정하였으며, 실린더에 충진하는 시료의 양은 8 g으로 하였다. 이때 조건은 adapter No. 13, 실온(20±2°C)으로 하였다. Batter의 측정온도를 20°C로 유지하기 위하여 Cryostat(Lauda, Model No. RKS-20-D, Germany)를 점도계의 상부에 연결하여 20°C의 methanol을 순환시켜 온도를 유지하면서 측정하였다.

경도측정

Hardness는 PVDC film casing에 충진된 시료를 75°C에서 30분간 가열후 24시간 동안 4°C의 냉장고에서 보관하였으며, 이를 실온에서 30분간 방냉한 후 Rheometer(Fudoh, Model NRD-202J)를 이용하여 측정하였다. 이때의 조건은 maximum load: 2,000 g, 측정속도: 1 m/sec, chart speed: 120 mm/min, 시료높이: 25 mm, adapter No. 5, 침입거리: 1 cm로 하였다.

통계분석

실험결과의 통계처리는 SAS(statistical analysis system) package[13]를 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 NaCl농도에 따른 정상육과 DFD육 batter의 가열전·후의 pH 변화를 나타낸 결과이다. 가열전 NaCl 무첨가 DFD육 batter의 pH는 6.58로서 정상육(pH 5.8)보다 높게 나타났으며($p<0.05$), 정상육과 DFD육 batter 모두 NaCl 농도가 0%에서 3%로 증가함에 따라 정상육은 0.2 unit, DFD육은 0.23 unit 정도 pH가 감소하였다. Puolanne 등[14]은 가열전·후 batter의 pH는 소금이 첨가됨에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 그 감소정도는 소금 1%당 0.1 pH unit 정도라고 하였다. 또한 이러한 pH의 감소정도는 소금농도가 낮을수록, 원료의 pH가 높을수록 가열처리에 따라 다소 증가한다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다.

가열후 batter의 pH는 정상육은 0.16~0.28, DFD육은 0.17~0.23 unit 정도 가열전보다 상승하였으며, NaCl 농도가 증가함에 따라 가열전과 같은 추세로 감소하였다. 가열후 pH가 전반적으로 상승하는 것은 가열에 의해 아미노산 histidine에 있는 imidazolium과 같은 염기성 활성기가 외부로 노출되기 때문이며 이와 같은 가열에 의한 pH 상승은 가열온도가 높을수록 더 빨리, 더 높은 수치로 올라가는 것으로 알려져 있다[15]. 가열에 의하여 근육 pH 상승과 단백질 등전점의 변화가 일어나는데 이것은 단백질의 변성으로 인하여 수소결합이 약해지고 많은 양이온 group이 유리되기 때문이다.

가열소시지의 pH는 사용된 원료의 완충능력과 pH에 영향

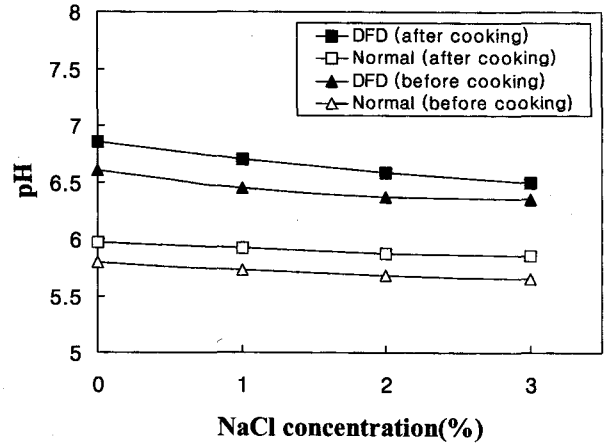

Fig. 1. Changes of pH in DFD and normal pork meat batter according to cooking and NaCl concentration.

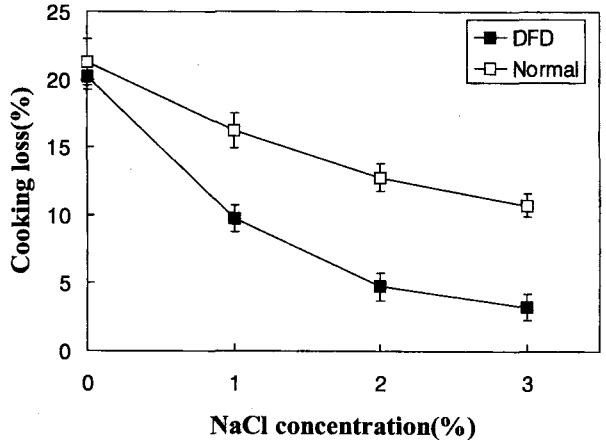

Fig. 2. Effects of NaCl concentration on the cooking loss of DFD and normal pork meat batter.

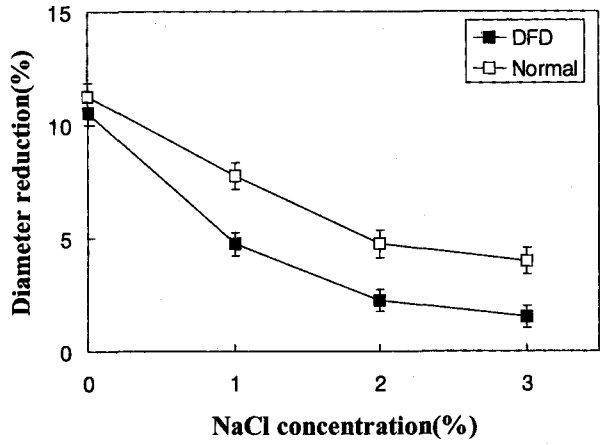

Fig. 3. Effects of NaCl concentration on the diameter reduction of DFD and normal pork meat batter.

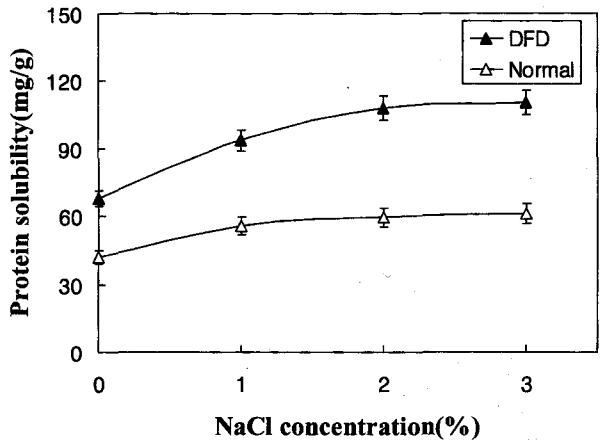

Fig. 4. Effects of NaCl concentration on the protein solubility of DFD and normal pork meat batter.

을 받게 되며, 일반적으로 소시지 유화물의 가열전·후 pH 차이는 0.0~0.4 unit정도로 알려져 있다[10,16]. Puolanne 등[14]은 batter를 가열한 후 pH가 약 0.0~0.2 unit 증가하며, 일반적으로 원료육의 pH가 낮은 육보다는 pH가 높은 원료육에서 그 증가폭이 적었다고 하였다.

Fig. 2와 3은 NaCl 농도에 따른 정상육과 DFD육 batter의 가열감량과 직경감소율을 나타낸 것이다. 가열감량의 경우 NaCl 무첨가구에서는 DFD육과 정상육 사이에 큰 차이가 없었으나, NaCl 농도가 증가함에 따라 DFD육은 2% 이상의 NaCl 농도에서 5%이하의 가열감량을 나타냈으나 정상육은 약 10~15%의 가열감량을 나타냈다. 직경감소율은 가열감량과 같은 추세로 DFD육이 적었다. Kim과 Kim[17]은 NaCl 첨가수준이 증가함에 따라 가열감량과 직경감소율이 감소하였다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였으며, Young 등[18]도 가열감량이 증가함에 따라 직경감소율이 증가한다고 하였다. Fig. 4는 정상육과 DFD육의 NaCl 농도에 따른 단백질용해성을 나타낸 것으로 NaCl 농도가 증가함에 따라 정상육과 DFD육 모두 단백질용해성이 증가하였으며, DFD육의 단백질용해성이 정상육보다 높은 것으로 나타났다. Hunt와 Hedrick[19] 등은 DFD육의 단백질 용해성이 높다고 하였으며, Warner 등[20]도 DFD 돈육이 PSE, RSE, RFN 돈육에 비하여 근장단백질, 근원섬유단백질, 총단백질용해성 모두 다소 높았다고 하였다.

단백질용해성은 pH 및 염농도에 의하여 영향을 받으며, 염농도를 증가시킴에 따라 근원섬유단백질의 용해도는 다소 증가한다. NaCl 농도가 증가함에 따라 용해성이 증가하는 것은 각 단백질의 음이온에 NaCl의 친화력이 단백질분자 사이의 반발력을 증가시켜 단백질분자의 수화력이 증가했기 때문이다. Samejima 등[21]과 Siegel과 Schmidt[22]에 따르면 근원섬유단백질은 용해성 단백질로서 NaCl, KCl 등을 첨가하면 단백질의 용해성이 증가하고 polyphosphate와 같은 인산염의 첨가는 actomyosin을 actin과 myosin으로 해리시켜 myosin의 용해성이 증가하며 증가된 용해성은 육단백질의 결착력을 증가시킨다고 하였다.

Meat emulsion에서 적육은 용출된 염용성 단백질에 의하여 세절된 지방구를 안정시키는 유화기능을 하며 수분은 유화제인 근육단백질을 용출, 희석, 분산시켜 전체의 유화상태를 촉진시켜 준다[23,24]. 본 실험에서 유화안정성의 측정 결과는 Table 1에 나타난 것과 같이 DFD육 batter가 정상육 batter보다 높았으며 NaCl 농도가 증가할수록 지방분리가 적어 유화

Table 1. Emulsion stability (%)[1] of DFD and normal pork meat batters as influenced by the addition of different amounts of NaCl

Meat quality	NaCl concentration (%)			
	0	1	2	3
DFD	88.87±1.82[a1)]	94.87±0.83[b]	98.88±0.44[c]	99.49±0.24[d]
Normal	87.37±2.04[a]	93.62±1.25[b]	95.37±0.78[bc]	96.44±0.69[c]

[1)]Emulsion stability (%) = 100−fat loss(%).
[2)]Values are average±standard deviation.
[a-d]Values on the same row with different superscripts were significantly different at $p<0.05$.

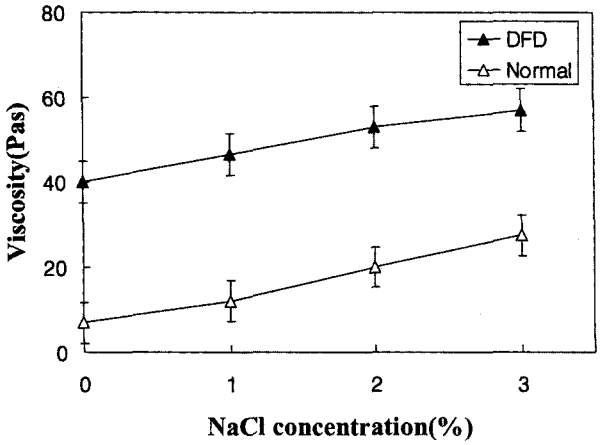

Fig. 5. Effects of NaCl concentration on the viscosity of DFD and normal pork meat batter.

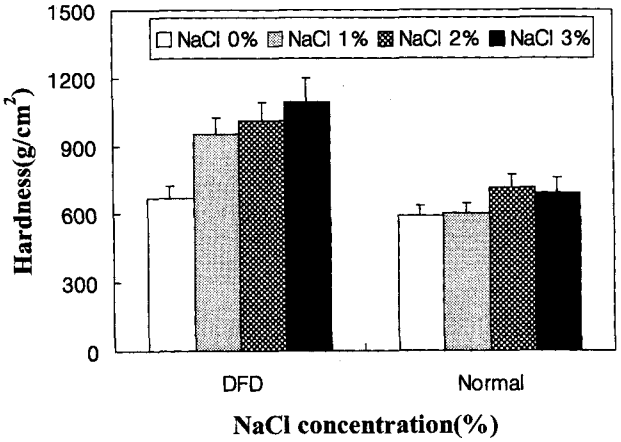

Fig. 6. Effects of NaCl concentration on the hardness of DFD and normal pork meat batter.

안정성이 높아지는 것으로 나타났다. DFD육의 높은 유화안정성은 높은 pH에 의하여 단백질용해성이 높기 때문인 것으로 사료되며, NaCl 농도가 증가할수록 유화안정성이 좋아지는 것은 NaCl 농도가 증가함에 따라 더 많은 염용성 단백질이 용출되었기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 5는 NaCl 첨가량에 따른 정상육과 DFD육 batter의 점도 변화를 나타낸 것이다. DFD육의 점도가 정상육보다 높은 것으로 나타났으며 NaCl 농도가 증가함에 따라 점도가 증가하였다. DFD육 batter가 정상육보다 높은 점도를 나타내는 것은 원료육의 높은 pH에 의한 것으로 사료되는데 Kim 등[25]에 의하면 돈육 homogenate의 겉보기 점도는 pH가 상승함에 따라 증가하였으며 50%의 지방을 첨가한 homogenate는 20%의 지방을 첨가한 구보다 겉보기 점도가 높다고 하였다. NaCl 첨가에 의한 점도의 증가는 Hamm 과 Deatherage[26]에 의하면 NaCl은 육단백질의 팽윤을 증가시켜 입자간의 마찰을 크게하기 때문이라고 하였다. Hamm[27]은 이온강도 0.5 이상에서는 근원섬유단백질의 actomyosin 용해성의 증가와 근원섬유단백질의 높은 내부마찰이 액상상태의 점도를 상승시킨다고 하였다.

Fig. 6은 NaCl 농도에 따른 정상육과 DFD육 batter의 경도를 나타낸 것이다. 경도는 NaCl 농도가 증가함에 따라 정상육과 DFD육 모두 증가하였으며, 일반적으로 식염의 첨가비율이 일정 수준까지 높아질수록 염용성 단백질의 용해도가 높아지며, 이에따라 주위의 지방입자와 육입자의 결착이 용이하게 된다. Whiting[28]도 고기유화물의 소금첨가비율이 높아짐에 따라 gel 강도가 증가한다고 하였다. 원료육에 따른 경도는 DFD육이 정상육에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며, 이는 원료육의 pH가 낮을수록 단백질의 용해도가 낮아지는 것과 관련되는 것으로 사료된다.

요 약

DFD육의 가공적성과 NaCl 농도에 따른 batter의 이화학적 변화를 연구하기 위하여 NaCl 농도(0~3%)를 다르게 하여 DFD육 batter와 정상육 batter를 제조한 후 pH, 가열감량, 직경감소율, 단백질용해성, 유화안정성, 점도 및 경도를 조사하였다. DFD육 batter와 정상육 batter는 NaCl 농도가 0%에서 3%로 증가함에 따라 가열전 pH가 DFD육은 0.23, 정상육은 0.2 unit 감소하였으며, 가열후 batter의 pH는 정상육과 DFD육 모두 가열전에 비해 다소 증가하였다. DFD육 batter의 가열감량과 직경감소율은 정상육 batter보다 낮았으며 NaCl 농도가 증가함에 따라 감소하였다. 단백질 용해성은 DFD육과 정상육 모두 NaCl 농도가 증가함에 따라 증가하였으며 DFD육의 단백질용해성이 정상육보다 높은 것으로 나타났다. 유화안정성에 있어서 DFD육 batter는 NaCl 농도가 증가함에 따라 지방분리가 급격히 감소하였으며, 정상육 batter에 비교하여 유화안정성이 다소 우수한 것으로 평가되었다. DFD육 batter의 점도는 정상육 batter보다 높게 나타났으며 NaCl 농도가 증가함에 따라 증가하였다. 또한 DFD육 batter의 경도는 NaCl 농도가 증가함에 따라 증가하였으며, 정상육 batter보다 높았다. 본 실험의 결과를 종합해 볼때 육제품 원료육으로서 DFD육의 이용가치는 매우 우수한 것으로 사료된다.

문 헌

1. Lister, D. Muscle metabolism and animal physiology in the dark cutting condition, pp. 19-25. In: Dark-cutting in Cattle and Sheep Proceedings of an Austalian Workshop. Fabiansson, S.U., Shorthose, W.R. and Warner, R.D. (eds.). Australian Meat and Livestock Research and Development Corporation, Sydney, Australia (1989)
2. Tarrant, P.V. Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition, pp. 8-18. In: Dark-cutting in Cattle and Sheep Proceedings of an Austalian Workshop. Fabiansson, S.U., Shorthose, W.R. and Warner, R.D. (eds.). Australian Meat and Livestock Research and Development Corporation, Sydney, Australia (1989)
3. Bendall, J.R. and Swatland, H.J. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. Meat Sci. 24: 85-126 (1988)
4. Dobrenov, B. Studies on DFD and PSE pigment in Australia-state of Queensland. Fleischwritschaft 69: 869 (1989)
5. Park, B.Y., Yoo, Y.M., Kim, J.H., Lee, J.M., Kim, S.T., Cho, S.H., Kim, Y.K. and Park, G.B. Physico-chemical properties of dark firm dry meat in Hanwoo cattle. Korean J. Anim. Sci. 40: 637-642 (1998)
6. Linke, H. and Heinz, G. Qualitatsabweichungen bei Schweinefleisch-Topographie der Farbeaufhellung bei wassrigen blassem Fleisch. Fleischwirtschaft 52: 208-212 (1972)
7. Cross, H.R. and Seidelman, S.C. Use of electrical stimulation for hot borning of meat. In: Advances in Meat Reseach. Pearson, A.M. (ed.). AVI Publishing Co., Westport, CT, USA (1986)
8. List, D., Gregory, N.G. and Warriss, P.D. Stress in meat animals. In: Developments in Meat Science-2. Lawrie, R.A. (ed.). Applied Science Publischers, New York, USA (1981)
9. Offer, G. and Knight, P. The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In: Development in Meat Science. Lawrie, R.A. (ed.). Elsevier Applied Science, London, UK (1983)
10. Hamm, R. Kolloidchemie des Fleisches. Berlin: Paul Parey Co. (1972)
11. Matulis, R.J., McKeith, F.K., Sutherland, J.W. and Brewer, M.S. Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH. J. Food Sci. 60: 42-47 (1995)
12. Kim, C.J. Veränderungen im Schweinemuskel nach dem Schlachten und deren Bedeutung für Wasserbindungsvermögen und Verarbeitungseigenschaften des Fleisches. Ph.D. Dissertation, Justus Liebig University, Giessen, Germany (1984)
13. SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA (1992)
14. Puolanne, E.J., Ruusunen, M. H. and Vainionpää. Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. Meat Sci. 58: 1-7 (2001)
15. Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A. Principles of meat processing, pp. 190-226. In: Principles of Meat Science, W.H. Freeman and Company, San Francisco, CA, USA (1975)
16. Kivikari, R. Buffering capacity of meat. EKT-series 1048. Ph. D. thesis, University of Helsinki, Finland (1996)
17. Kim, C.J. and Kim, C.B. Studies on rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate. I. Effect of added water, NaCl and protein concentration on the rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate. Korean J. Anim. Sci. 32: 43-48 (1990)
18. Young, L.L., Lyon, C.E., Searcy, G.K. and Wilson, R.L. Influence of sodium tripolyphosphate and sodium chloride on moisture-retention and textural characteristics of chicken meat patty. J. Food Sci. 52:571-574 (1987)
19. Hunt, H.C. and Hedrik, H.B. Chemcal, physical and sensory characteristics of bovine muscle from four quality groups. J. Food Sci. 42: 716-720 (1977)
20. Warner, R.D., Kauffman, R.G. and Greaser, M.L. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. Meat Sci. 45: 339-353 (1997)
21. Samejima, K., Egelandal, B. and Fretheim, K. Heat gelation properties and protein extractability of beef myofibrills. J. Food Sci. 50:1540-1543, 1555 (1985)
22. Siegel, D.G. and Schmidt, G.R. Crude myosin fraction as meat binders. J. Food Sci. 44: 1129-1132 (1979)
23. Saffle, R.L. and Galbreath, J.W. Quantitative determination of salt soluble protein in various types of meat. Food Technol. 18: 119-120 (1964)
24. Saffle, R.L. Meat emulsion. In: Advances in Food Research. Chichester, C.O., Mark, E.M. and Stewart, G.F. (eds.). Academic Press, New York, USA (1968)
25. Kim, C.J., Moon, S.W., Han, E.S., Park, T.K., Han, S.H. and Choe, B.K. Studies on rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate. II. Effect of pH, phosphate and fat level on the rheological properties and heat stability of pork muscle homogenate. Korean J. Anim. Sci. 32: 339-344 (1990)
26. Hamm, R. and Deatherage, E.F. Changes in hydration, solubility, and charges of muscle proteins during heating of meat. Food Res. 25: 587-610 (1960)
27. Hamm, R. On the rheology of minced meat. J. Texture Stud. 6: 281-296 (1975)
28. Whiting, R.C. Stability and gel strength of frankfurter batters made with reduced NaCl. J. Food Sci. 49: 1350-1354, 1362 (1984)

(2002년 12월 28일 접수; 2003년 4월 14일 채택)