

## 고온숙성에 의한 저급육의 연도개선과 그 이용

성 삼 경

영남대학교 식품가공학과

### Tenderness Improvement and Utilization of Low Quality Meat by High Temperature Aging

Sam-Kyung Sung

Department of Food Science & Technology, Yeongnam University

#### Abstract

The effect of high temperature aging on the meat tenderness improvement was studied, and also the effect of salt, pyrophosphate and succinic anhydride on binding characteristics of restructured beef were compared. At high temperature aging, shear force value decreased and myofibrillar fragmentation index increased as the aging progressed. From the electronic microscopic observation, the morphological change of myofibril appeared much faster when the meat was aged at high temperature. Added salt increased TBA values and rupture strength while reducing cooking loss. Increase in pyrophosphate decreased cooking loss and increased rupture strength and TBA value. When salt and pyrophosphate were combined, the effects were somewhat additive. Added succinic anhydride increased cooking loss and hardness and decreased color rating, acceptability rating and adhesiveness, but cohesiveness was not significantly different from control group containing salt and pyrophosphate. The results suggest that high temperature aging have greater improving effect of meat tenderness of Korean native male cattle compared to low temperature aging and addition of succinic anhydride in combination with salt and pyrophosphate reduce binding ability of restructured beef.

Key word: tenderness, high temperature aging, restructured meat

#### 서 론

식육의 연도는 기호성에 영향을 미치는 가장 중요한 요인으로, 근육이 사후강직을 경과하여 숙성에 이르는 사이에 서서히 연화가 진행되어 가는 것으로 알려져 있다. 숙성기간과 연도증가와의 관계는 잘 확립되어 있으며, 숙성기간에 따른 연도증가는 근육 내의 고유효소의 작용<sup>(21,32)</sup>, 근원섬유 요소간의 인장강도의 약화<sup>(7)</sup>, 그리고 사후강직 중 근섬유의 단축<sup>(6)</sup> 등의 요인에 의한 것으로 이해되고 있다. Jeremiah와 Martin<sup>(15)</sup>, Yu와 Lee<sup>(35)</sup> 등은 쇠고기 등심육으로 사후숙성 중의 pH, 온도 등에 따른 형태적, 기계적 특성을 검토하였고, 온도와 숙성효과와의 관계는 Smith 등<sup>(30)</sup>, Parrish 등<sup>(23)</sup> 많은 연구가 있으나, 대개의 경우 연구

재료의 한계성을 가지고 있다. 성 등<sup>(31)</sup>은 한우소스의 도살직후 고온숙성에 의하여 연도가 개선된다는 것을 물리적, 형태적 변화를 측정함으로써 확인하였으나 역시 재료의 한계성을 극복하지 못하였다. 즉, 이들의 성과는 연구재료가 비교적 경제적 가치가 높은 부분을 사용하였다.

식육가공산업에서 잔육과 저급육의 이용은 이들 생선품이 뛰어난 단백질식품이며, 영양이 풍부함에도 불구하고 업계에서 항상 경제적 문제가 되어왔다. 식육단백질자원의 고도이용화의 한 가지 방법인 재구성육(restructured meat)은 massaging 또는 tumbling을 이용한 고기의 품질특성을 개선하는 비교적 새로운 방법이다.<sup>(2,16)</sup> 재구성육의 제조상 중요한 문제점의 하나는 결합력이며, Macfarlane 등<sup>(18)</sup>과 Siegel과 Schmidt<sup>(28)</sup>는 단백질 특히 염용성 단백질의 추출이 많은 경우에 결합력의 개선에 가장 좋다고 주장하였다. 또한 제조 중 소금과 인산염의 첨가효과가 다각도로 검

Corresponding author: Sam-Kyung Sung, Department of Food Science & Technology, Yeongnam University, Kyungsan, Korea, 713-749

투되었다.<sup>(20,27)</sup>

본 연구는 저급육을 고온숙성 처리에 의하여 그 사후 강직의 강도를 억제하여 양호한 연도의 고기를 얻는 육질개선 효과를 검토하고 병행하여 축육의 고도이용을 저급육의 고급화 방안으로 재구성육을 만들기 위하여 고기의 결합성을 개선하는 방법을 시도하였다.

### 재료 및 방법

#### 재 료

도살된 한우숄소의 앞다리를 방혈 즉시 절단하고 5 mM sodium azide 용액으로 처리하여 16±2°C의 항온실에서 고온숙성하였다. 경시적으로 꺼내서 2±2°C의 저온에서 24시간 저장하여 고온숙성이 연도개선에 미치는 효과를 검토하였다. 또한 24시간 고온숙성 후 0°C의 저온에서 24시간 냉각한 다음, 적육을 분리하여 0.7mm의 두께로 세절하고(meat slicer, Watanabe Co.), tumbler(Rhule, MTR 75)를 이용하여 Fig. 1과 같은 과정으로 재구성육을 조제하였다. 시료의 처리는 NaCl(0, 0.5, 1.0%), pyrophosphate(0, 0.3, 0.5%), 그리고 이들의 혼용효과를 검토하였고, 또한 소금(0, 5%)과 피로인산염(0.3%)을 혼용한 원료에 succinic anhydride(0, 0.1, 0.2, 0.3%)를 처리하여 석신산의 첨가효과를 검토하였다.

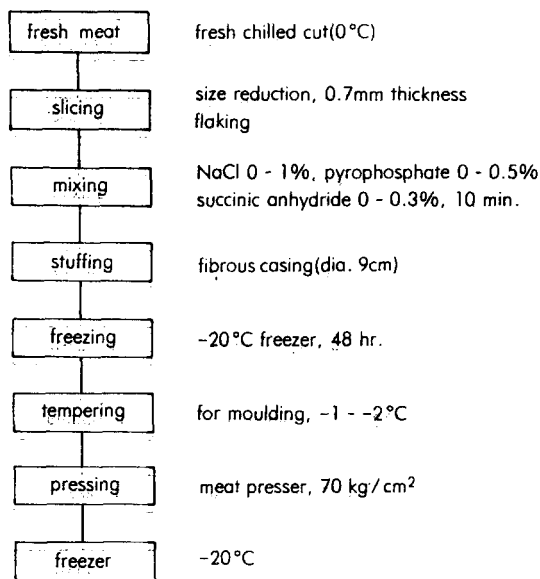


Fig. 1. Processes of restructured meat production.

#### 방법

##### 연도개선효과의 검토

근원섬유 소편화지수(myofibrillar fragmentation index : MFI)는 Olson과 Parrish<sup>(22)</sup>의 방법에 따라 측정하였다. 시료를 2°C로 냉각한 분리액(100mM KCl, 20mM K-phosphate buffer pH 7.0 1mM NaN<sub>3</sub>)으로 근원섬유를 분리하고, 이 근원섬유를 분리액으로 0.5±0.05mg/ml의 농도로 희석한 다음, 540 nm에서 흡광도를 측정하여 200을 곱하여 MFI로 하였다. 전단력(shear force value)은 전단력측정기(Warner-Bratzler shear device, GE Co.)에 의하여 일반적인 방법으로 측정하였고, 각 시료는 3회씩, 한 시료에서 5개의 core를 측정하였으며, lbs/in<sup>2</sup>로 표시하였다. 전자현미경 관찰은 Chang 등<sup>(6)</sup>의 방법에 의하여 시행하였다. Ultramicrotome(LKB)으로 초박편하여 uranyl acetate와 lead citrate로 염색하고, 전자현미경(Hitachi-H 600)으로 검경하였다.

##### 재구성을 절단육편의 결합력측정

파단응력(rupture strength)과 조직학적 특성은 rheoner(RE-3306, Yamaden)을 사용하여 compression test를 시행하였다. 측정조건은 시료높이 10 mm, 플린저 접촉면적 2.25cm<sup>2</sup>, clearance 5mm, 측정속도 5mm/sec로 하였다. 제품의 조리수율은 fibrous casing에 충전된 재구성육을 75°C의 열탕에서 조리하고, 중심온도가 63°C에 도달한 후, 30분간 계속 가열한 다음 꺼내서 실온에서 20분간 방냉하여 가열전 후의 중량의 차이를 백분율로 나타내었다. TBA 기는 2-thiobarbituric acid를 사용하여 Tarladgis 방법<sup>(33)</sup>에 의하여 수행하였다.

### 결과 및 고찰

#### 고온숙성에 의한 저급육 연도개선 효과

식육의 연도는 결합조직의 양과 질에 의한 background toughness와 근원섬유단백질인 actin과 myosin의 상태에 의한 actomyosin toughness에 의하여 결정되며<sup>(11)</sup>, 보통 기계적으로 절단하는데 드는 힘(전단력)으로 정량화하여 지표로 이용된다. 한우숄소의 앞다리육 숙성온도에 따른 전단력의 변화를 그림 2에 나타내었다. 저온숙성의 경우, 숙성 1일째 가장 높았으나(11.3lbs/in<sup>2</sup>), 숙성이 진행함에 따라서 서서히 감소하였다. 저온숙성인 경우에는 1일째에 사후강직의 영향으로 전단력이 높게 나타나지만, 고온숙성의 경우

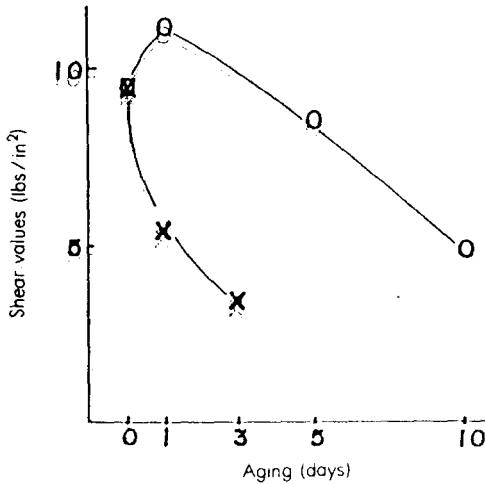


Fig. 2. The effect of aging temperature on shear force values.  
symbol, O; 2 ± 2°C, x; 16 ± 2°C

에는 강직이 억제되어 1일째 5.5 lbs/in<sup>2</sup>, 3일째 3.6 lbs/in<sup>2</sup>로 급격히 감소하였다. Will 등<sup>(36)</sup>은 16°C에서 완만냉각한 경우와 1°C에서 냉각한 것과의 사이에 연도의 유의차가 없다고 하여 본 실험의 결과와는 차이를 보였다. 그러나 Martin 등<sup>(19)</sup>, Culp 등<sup>(5)</sup> 그리고 Petaja 등<sup>(26)</sup>의 결과와는 같은 경향이었다.

숙성 중 기계적 처리 후에 일어나는 근원섬유 길의 감소는 근원섬유 미세구조의 약화에 기인하며, 연도와 직접적인 관계가 있다<sup>(6)</sup>. 이러한 근원섬유의 길이의 감소(소편화)는 근원섬유 현탁액의 흡광도를 측정함으로써 정량화할 수 있다<sup>(22)</sup>. 그림 3은 근원섬유소편화지수의 숙성이 진행함에 따라서 증가하는 것을 나타내었다. 저온숙성의 경우는 완만하게 진행되었으나(10일째 54.6), 고온숙성의 경우는 저온숙성이 경우보다 빠르게 진행되는 것을 알 수 있었고(3일째 75.4), 전단력의 결과와 완전히 일치하는 결과를 나타내었다. 또한 Olson과 Parrish<sup>(22)</sup>, Culler 등<sup>(4)</sup>의 결과와도 잘 일치하였다.

그림 4는 한우숫소의 앞다리 근육의 도살직후의 전자현미경 사진으로 전형적인 미세구조를 나타내었다. 굵은 필라멘트와 가는필라멘트가 질서정연하게 배열되어 있으며, 정상적인 A-밴드, I-밴드 그리고 A-밴드 중앙부분에 뚜렷하게 H역과 M-선을 관찰할 수 있었다. 또한 전형적인 Z-선과 미토콘드리아, 근소포체가 정연하게 배열되어 있음을 볼 수 있었다. 그림 5(a)는 저온숙성 3일째의 것으로 사후강직에 의한 수축된 형태를

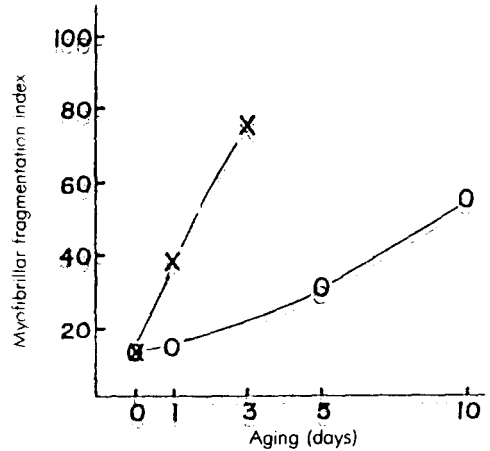


Fig. 3. The effect of aging temperature on myofibrillar fragmentation index.  
symbol, same as Fig. 2

볼 수 있었으나, 전반적으로 보아 근원섬유의 분해나 파괴는 보이지 않았다. 그러나 숙성 5일째(그림 5(b))에는 부분적인 근원섬유의 균열이 나타났으며, Z-선의



Fig. 4. Unaged muscle fiber.  
Z: Z-line, M: M-line, Mitk; mitochondria, SR; sarcoplasmic reticulum. (magnification, ×10,000)  
All the typical structures of skeletal muscle fiber are present.

분해가 보였고, 근원섬유의 길이는 거의 강직전의 상태로 되었다. 숙성 10일째(그림 5(c))에는 이러한 현상이 두드러졌다. 고온숙성의 경우에는 이러한 변화가 현저하게 빨리 진행되는 것을 관찰할 수 있었다. 그림 6(a)는 고온숙성 1일째의 사진인데 저온숙성의 경우와는 달리 근원섬유가 완전히 이완되어 있을 뿐 아니라, 이미 Z-선의 부분적인 분해가 시작되었으며, 근원섬유 사이의 균열이 상당히 진행되고 있음을 관찰할 수 있었

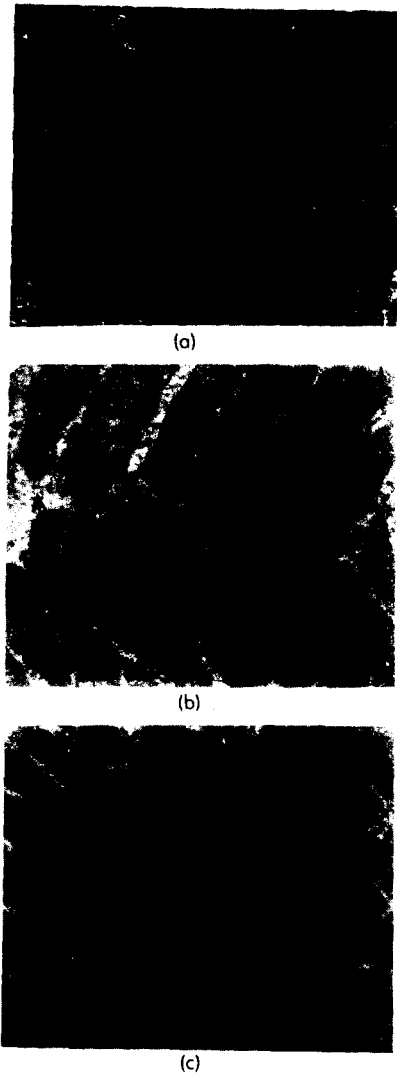


Fig. 5. Meat aged at 2°C. (a) for 3 days: Shortened fiber appeared largely. (b) for 5 days. (c) for 10 days: Disappearance of Z-lines and fragmentation of myofibrils were seen. (arrow) (magnification,  $\times 10,000$ )

다. 숙성 5일째(그림 6(b))에는 근원섬유가 심하게 붕괴되어 소편화되고 있음을 관찰할 수 있었다. 이러한 전자현미경에 의한 형태학적 관찰은 전단력과 근원섬유 소편화도의 결과와 정확하게 일치함을 알 수 있었다.

재구성육의 결착력에 미치는 소금, 인산염 및 석시닐산의 효과

Tumbling 과 massaging 은 근원섬유막의 파괴를

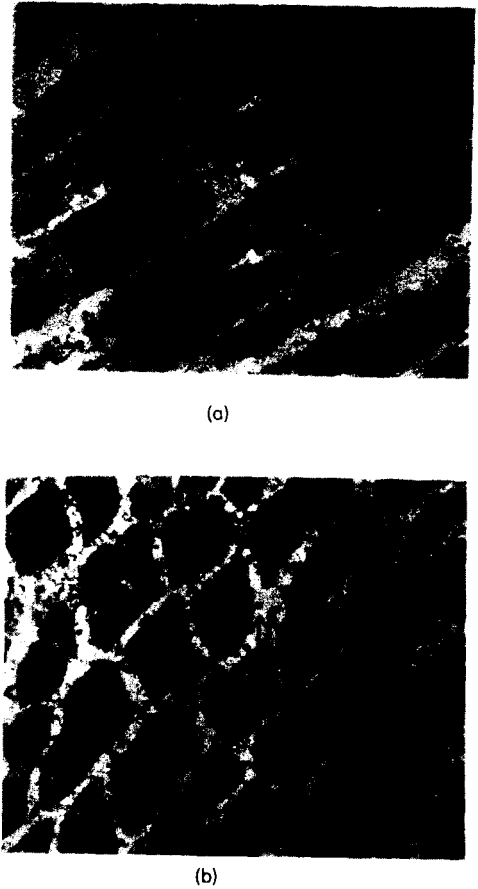


Fig. 6. Meat aged at 16°C. (a) for 1 day: Longitudinal splitting between myofibrils and breakage of Z-lines were seen at some area. (arrow) (b) for 3 days: Longitudinal splitting between myofibrils and fragmentation of myofibrils were evident. (arrow) (magnification,  $\times 10,000$ )

Table 1. Effect of salt and pyrophosphate on TBA value, cooking loss and rupture strength of restructured meat

Treatment trait	TBA value mg / kg	Cooking loss (%)	Rupture strength (dyne/cm <sup>2</sup> )
control	0.15	15.5	2.8551
salt 0.5%	0.46	10.2	3.7095
1.0%	0.73	8.3	5.0833
pp <sup>a)</sup> 0.3%	0.24	8.0	4.9176
0.5%	0.26	6.2	5.5897
salt 0.5% +pp 0.3%	0.26	3.5	6.8304

a) pyrophosphate

촉진시키며 육편의 내부와 표면에 근원섬유단백질의 분포와 농도, 용해 추출을 용이하게 하며<sup>(1,2,25)</sup>, 그 자체만으로도 육편의 결착을 개선할 것으로 예상된다. 표 1은 재구성육의 TBA 가, 조리수율과 파단응력에 미치는 소금과 인산염의 효과를 나타낸 것이다. TBA 가는 소금의 첨가수준에 비례하여 높아지고, 인산염도 다소 상승효과가 있었다. 그러나 소금과 인산염을 혼용할 경우에는 인산염 단독사용의 경우와 차이가 없었다. Neer 와 Mandigo<sup>(20)</sup>, Schwartz 와 Mandigo<sup>(27)</sup> 등은 소금이 산화를 촉진시킨다고 보고하였으며 본 실험의 결과와 일치하였다. 인산염은 오히려 산화를 감소시킨다는 연구도 있으나<sup>(10,17)</sup> 본 실험의 결과와는 상이하였다.

재구성육의 파단응력은 무첨가구의 경우가 2.8991 dyne/cm<sup>2</sup>이나, 소금과 인산염의 첨가수준이 높을수록 증가하였고, 인산염의 경우는 약간 높은 경향을 나타내었다. 특히 소금과 인산염을 혼용한 경우는 6.8304 dyne/cm<sup>2</sup>로서 현저히 증가하였다. 이러한 결과는 조리수율의 결과와 잘 일치하였으며, Pepper 와 Schmidt<sup>(25)</sup>가 인산염과 소금의 첨가가 beef roll의 결착력을 현저하게 개선한다는 결과와 같은 경향이었으며, Siegel 등<sup>(29)</sup>의 결과와도 잘 일치하였다.

일반적으로 결착력이 나쁘면 조리수율이 낮다.

결착력의 간접적인 지표인 조리수율은 무첨가구가 가장 높고, 소금 첨가수준이 높을수록, 인산염의 첨가수준이 높을수록 낮아지는 경향이었다. 특히 소금과 인산염을 병용한 경우가 가장 높았다. Neer 와 Mandigo<sup>(20)</sup> 와 Schwartz 와 Mandigo<sup>(27)</sup>는 돈육재구성육에 소금과 인산염의 첨가수준이 증가할수록 조리수율이 감소한다고 보고하였고, 혼용할 경우 상승효과가 인정된다고 하였으며, 본 실험의 결과도 이를 뒷받침하였다. 이러한 결과는 소금첨가가 이온강도를 증가시켜 정전기반발과 근원섬유구조의 해리효과<sup>(13,24)</sup>, 인산염 첨가에 의한 pH 증가, 이온강도증가, 액토마이오신 해리<sup>(34)</sup> 등의 효과에 기인된다고 판단되었다.

재구성육 조제에 있어서 succinic anhydride 첨가효과는 표 2와 같다. 조리수율은 무첨가구가 3.9%이었으나, 석신산의 첨가수준이 높을수록 비례하여 현저하게 떨어져, 0.3% 첨가구는 19.4%에 달하였다. 또한 관능적으로 평가한 색깔의 점수는 무첨가구가 4.5이었으나, 석신산 0.2%, 0.3% 첨가구는 1.0, 1.1로서 낮았다. 재구성육의 조직학적 특성을 살펴보면 무첨가구의 경도는 1.1733(10<sup>5</sup> dyne/cm<sup>2</sup>)이었으나, 0.1% 첨

Table 2. Effect of succinic anhydride on cooking loss, sensory rating and textural properties of restructured meat

Trait	Treatment <sup>a)</sup>	Succinic anhydride(%)			
	0	0.1	0.2	0.3	
Cooking loss(%)	3.9	8.1	12.6	19.4	
Color <sup>b)</sup>	4.5	2.9	1.0	1.1	
Acceptability <sup>b)</sup>	4.6	3.0	1.5	1.0	
Hardness (10 <sup>5</sup> dyne/cm <sup>2</sup> )	1.1733	4.0781	4.5060	4.9449	
Cohesiveness(10 <sup>-1</sup> )	5.2691	4.8995	5.4322	5.8136	
Adhesiveness (10 <sup>5</sup> dyne/cm <sup>2</sup> )	3.9574	2.2371	1.7281	1.8927	

a) all treatment groups were added 0.5% salt and 0.3% pyrophosphate.

b) excellent-5, very poor-1.

가구가 4.0781로서 첨가수준에 비례하여 높아졌다. 응집성은 석신산 첨가에 따른 차이가 보이지 않았으며, 부착성은 석신산의 첨가에 의하여 현저하게 떨어졌다. 이들 결과는 석신산의 첨가가 오히려 재구성육의 질을 현저하게 저하시킨다는 것을 의미한다. Eisele 과 Brekke<sup>(8)</sup>, Eisele 등<sup>(9)</sup>은 소심장 근원섬유단백질을 화학적 수식을 함으로써 영양학적 성질과 기능적 특성을 개선한다고 하였으며, Groninger 와 Miller<sup>(12)</sup>, Hatano 등<sup>(14)</sup>도 어육의 근원섬유단백질을 석시닐화하여 여러가지 기능적 특성을 개선한다고 하였다. 본 실험의 경우 이러한 개선은 전혀 나타나지 않았는데, 이것은 실험재료가 단백질수준과 고기수준이라는 차이에서 기인한듯하다. 또한 석시닐화의 조건인 pH 9.5 정도는 재구성육 제조 공정에 적용하기가 어려운 것으로 판단되었다.

요 약

저급육인 한우소스의 앞다리고기를 도살직후 16±2°C에서 고온숙성하여 연도개선 효과를 검토하였다. 또한 24시간 고온숙성한 후, 재구성육을 조제하여 결착성 개선방법을 모색하였다. 시료의 처리는 소금(0, 0.5, 1.0%), pyrophosphate(0, 0.3, 0.5%)와 이들의 혼용효과를 검토하였고, 소금(0.5%)과 pyrophosphate(0.3%)를 혼용한 원료에 succinic anhydride(0, 0.1, 0.2, 0.3%)를 첨가하여 석시닐산의 첨가효과를 검토하였다. 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 고온숙성은 저온숙성에 비하여 전단력이 낮았고, 근원섬유소편화지수가 높았으며, 연도개선의 효과가 뛰어나다. 전자현미경에 의한 형태학적 변화의 결과도 이들 결과와 일치하였다.
2. 재구성육의 파단용력은 소금과 인산염의 첨가수준이 증가할수록 높아졌고, 소금과 인산염을 혼용할 경우, 현저히 증가하였다.
3. 조리수율은 소금과 인산염의 첨가수준이 증가할수록 낮아졌고, 소금과 인산염을 혼용할 경우, 현저하게 감소하였다.
4. TBA 가는 소금 첨가수준에 비례하여 증가하였으며, 인산염 및 인산염과 소금혼용의 경우는 약간 증가하는 경향이였다.
5. 석신산은 재구성육의 결착력과 품질개선에 전혀 도움이 되지 않았다.

### 감사의 글

이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 이루어진 연구의 일부입니다.

### 문헌

1. Babji, A.S., Froning, G.W. and Ngoka, D.A.: The effect of short term tumbling and salting on the quality of turkey breast muscle. *Poultry Sci.*, **61**, 300 (1982)
2. Cassidy, R.D., Ockerman, H.W., Kral, B., Van Room, P.S., Plimpton, R.F. Jr. and Cahill, V.R.: Effect of tumbling method, phosphate level and final cook temperature on histological characteristics of tumbled porcine muscle tissue. *J. Food Sci.*, **43**, 1514 (1978)
3. Chang, M.U., Arai, K., Doi, Y. and Yora, K.: Morphology and intercellular appearance of orchid fleck virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.*, **42**, 156 (1976)
4. Culler, R.D., Parrish, F.C. Jr., Smith, G.C. and Cross, H.R.: Relationship of myofibril fragmentation to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. *J. Food Sci.*, **43**, 1177 (1978)
5. Culp, G.R., Carpenter, Z.L., Smith, G.C. and Davis, G.W.: Post rigor aging effects on beef tenderness. *J. Ani. Sci. (abstr.)*, **12**, 145 (1973)
6. Davey, C.L. and Gilbert, K.V.: Studies in meat tenderness. 7. Change in the fine structure of meat during aging. *J. Food Sci.*, **34**, 69 (1969)
7. Davey, C.L. and Gilbert, K.V.: Shortening as a factor in meat aging. *J. Food Technol.*, **2**, 53 (1967)
8. Eisele, T.A. and Brekke, C.J.: Chemical modification and functional properties of acylated beef heart myofibrillar proteins. *J. Food Sci.*, **46**, 1095 (1981)
9. Eisele, T.A., Brekke, C.J. and McCurdy, S.M.: Nutritional properties and metabolic studies of acylated beef heart myofibrillar proteins. *J. Food Sci.*, **47**, 43 (1982)
10. Farr, A.J. and May, K.N.: The effect of polyphosphates and sodium chloride on yields and oxidative stability of chicken. *Poultry Sci.*, **49**, 268 (1970)
11. Goll, D.E., Stromer, M.H., Olson, D.C., Dayton, W.R., Suzuki, A. and Stromer, R.M.: The roll of myofibrillar protein in meat tenderness. *Proc. Meat Ind. Res. Conf.*, Chicago. p.75 (1974)
12. Groninger, H.S. Jr. and Miller, R.: Preparation and aeration properties of an enzyme-modified succinylated fish protein. *J. Food Sci.*, **40**, 327 (1975)
13. Hamm, R.: Interaction between phosphates and meat proteins. In "Symposium; phosphates in food processing", Deman, J.M. and P. Melnychm ed. AVI pub. Co. Westport, CT., p.65 (1970)
14. Hatano, M., Takano, H., Takama, K., Cabling, F. Jr. and Zama, K.: Developments in protein utilization of abundantly caught fatty fish. 2. Some chemical and functional properties of succinylated myofibrillar protein from sardins. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries.*, **45**, 861 (1970)
15. Jeremiah, J.E. and Martin, A.H.: Comparison of different post mortem temperatures and dissection procedure on shear values of unaged and aged avian and ovine muscles. *J. Food Sci.*, **41**, 237 (1978)
16. Kruse, R.J., Ockerman, H.W., Krol, B., Moerman, P.C. and Plimpton, R.F. Jr.: Influence of tumbling, tumbling time, trim and sodium tripolyphosphate

- on quality and yield of cured ham. *J. Food Sci.*, **43**, 853 (1978)
17. Lamkey, J.W.C., Mandigo, R.W. and Calkins, C.R.: Effect of salt and phosphate on the texture and color stability of restructured beef steaks. *J. Food Sci.*, **51**, 873 (1986)
  18. Macfarlane, J.J., Schmidt, G.R. and Turner, R.M.: Binding of meat pieces: a comparison of myosin, actomyosin and sarcoplasmic proteins as binding agents. *J. Food Sci.*, **43**, 1603 (1977)
  19. Martin, A.H., Eredeem, H.T. and Weiss, G.N.: Tenderness of beef longissimus dorsi muscle from steers, heifers and bulls as influences by source, postmortem aging and carcass characteristics. *J. Food Sci.*, **36**, 619 (1971)
  20. Neer, K.L. and Mandigo, R.W.: Effects of salt, sodium tripolyphosphate and frozen storage on properties of a flaked, cured pork products. *J. Food Sci.*, **42**, 898 (1977)
  21. Okitani, A.: 肉の熟成中のフロテオリソス, 化學と生物, **19**, 108(1981)
  22. Olson, D.G. and Parrish, F.C. and Parrish, F.C. Jr.: Relationship of myofibrillar fragmentation index to measures of beef steak tenderness. *J. Food Sci.*, **42**, 506 (1977)
  23. Parrish, F.C. Jr., Young R.B., Miner, B.F. and Andersen, L.D.: Effect of postmortem conditions on certain chemical morphological and organoleptic properties of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **38**, 690 (1973)
  24. Paterson, B.C., Parrish, F.C. Jr. and Stromer, M.H.: Effects of salt and pyrophosphate on the physical and chemical properties of beef muscle. *J. Food Sci.*, **53**, 1258 (1988)
  25. Pepper, F.H. and Schmidt, G.R.: Effect of blending time salt phosphate and hot boned beef on binding strength and cook yield of beef rolls. *J. Food Sci.*, **40**, 227 (1975)
  26. Petaja, E., Kukkonen, E. and Puolanne, E.: Effect of postmortem temperature on beef tenderness. *Meat Sci.*, **12**, 145 (1985)
  27. Schwartz, W.C. and Mandigo, R.W.: Effect of salt, sodium tripolyphosphate and storage on restructured pork. *J. Food Sci.*, **41**, 1976 (1976)
  28. Siegel, D.G. and Schmidt, G.R.: Ionic, pH and temperature effects on the binding ability of myosin. *J. Food Sci.*, **44**, 1686 (1979)
  29. Siegel, D.G., Theno, D.M. Schmidt, G.R. and Northon, H.W.: Meat massaging: The effects of salt, phosphate and massaging on cooking loss, binding strength and exudate composition in sectioned and formed ham. *J. Food Sci.*, **43**, 331 (1978)
  30. Smith, G.C., Culp, G.R. and Carpenter, Z.R.: Post-mortem aging of beef carcasses. *J. Food Sci.*, **43**, 823 (1978)
  31. Sung, S.K., Ahn, D.H. and Kim, S.M.: Effect of high temperature aging on physical and morphological characteristics of korean male beef. *Kor. J. Ani. Sci.*, **30**: 667 (1988)
  32. Suzuki, A.: Z帶の弱化和Ca<sup>2+</sup>活性化フロテアーゼ, 化學と生物, **19**, 182(1981)
  33. Tarladgis, B.G., Watt, B.M. and Younathan, M.T.: A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde on rancid food. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **37**, 44 (1960)
  34. Trout, G.R. and Schmidt, G.R.: The effect of phosphate type, salt concentration and method of preparation on the binding in restructured beef rolls. *J. Food Sci.*, **49**, 687 (1983)
  35. Yu, L.P. and Lee, Y.B.: Effects of postmortem pH and temperature on bovine muscle structure and meat tenderness. *J. Food Sci.*, **43**, 823 (1986)
  36. Will, P.A., Henrickson, L. and Morrison, R.D.: The influence of delay chilling and hot bonning on tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.*, **41**, 1102 (1976)

---

(1989년 6월 15일 접수)