

Ficin 처리시 우육의 단백질 분해에 관한 연구

V. 투과형 전자현미경에 의한 관찰

김정숙

안양전문대학 식품영양과

(1989. 9.20 수리)

Studies on the Digestion of Beef by Ficin Treatment :

V. A Transmission Electron Microscopic Observation

Kim, Jung-Sook

Department of Food and Nutrition

An-Yang Junior College

(Received September, 20, 1989)

ABSTRACT

The morphological changes of fresh beef treated with ficin(0.1% : 2 hrs, 6 hrs) were examined with transmission electron microscope(TEM), the results obtained were as follows ;

Connective tissue protein in fresh beef treated with ficin became gradually fragmentation and was occurred solubilization with time.

The length of sarcomere in myofibrillar protein was elongated, M-line became dim, and the I-band of Z-line was broken and became fragmentation with time.

I. 서론

식육의 연도, 풍미, 맛 등의 기호성은 육축의 생산에서부터 도살·가공·조리 및 급식에 이르는 여러 가지 조건에 좌우되지만 이 중에서도 연도는 큰 비중을 차지하고 있다¹⁾.

연도를 증진시키는 방법에는 숙성·근육조직

을 기계적으로 변화시키는 것, 냉각시켜 경직이 시작되기 전에 근육을 자르는 것, 효소에 의한 처리·냉동·pH의 변화·가열·산, 염 및 당을 가열할 때에 첨가하는 것 등이 있다.

이들 중에는 단백질 분해효소에 의한 처리방법이 널리 사용되며, 미국에서는 경정맥을 통해 주사하거나 도살후 도체에 처리하는 방법들이

특허를 받고 있다. 도살전 가축에게 주입된 효소들은 종종 림프腺이나 간 등에 물려있게 되어 체내에 끌고루 퍼지지 않기 때문에 조리시 부분적으로 과도한 연화현상이 일어나 끈적끈적한 덩어리가 되어 고기가 아닌 것처럼 보일때가 있다. 따라서 도살후 즉시 도체중량의 3%의 물을 펌프주사기로 주입시키면 효소의 체내 분포가 촉진되어 좋으나, 조리시 실온이나 조리실의 따뜻한 환경에 오랫동안 노출시켜 두면 과도한 연화가 일어나는 결점이 있다. 또 효소를 고깃덩어리 표면에 작용시키면 표면이 가루와 같이 되든가 표면의 대단히 얇은 층에만 변화가 일어난다¹⁾고 한다.

한편 소매절단육에서는 주로 여러가지 효소들과 양념이나 첨가제들의 배합제를 신선육의 연화제로 사용하는데 여기에는 trypsin, pepsin, 그리고 식물성 효소인 papain·ficin·bromelin·asclepane·aracane 등이 있고 또 단백질 분해 효소를 생산하는 곰팡이(*Thamnidium elegans*, *Aspergillus niger* 균사를 사용), 박테리아類(*Pseudomonas* 나 *Achromobacter*)가 있다.

우리 민족이 언제부터 쇠고기를 먹었다는 기록은 확실치 않으나 아마도 原三國시대가 아닌 가 하며³⁾ 불교의 영향으로 육식 식생활은 바뀌었다가 고려말 몽고의 영향으로 다시 되찾게 되었고 조선시대를 거쳐 오늘날 쇠고기 기호편중에 이르게 되었으며 따라서 우리나라의 불고기는 세계적인 명성을 얻게 되었다.

조선시대에 간행된 「증보 산림경제」에는 雩下 臠(지금의 불고기)의 조리법이 있는데 연도를 증진시키기 위하여 우육을 술, 초에 담구었고^{4,5)} 漢代의 「예기」에 실린 擣珍이란 조리방법에도 고기를 醢·醢로 조화시키면 연해진다는 기록이 있다. 또 元代의 「거가필용」에도 砂·桑白皮·닥나무열매를 넣어서 삶으면 고기가 쉽게 연해진다고 하였다⁶⁾. 현재 일반 가정에서도 불고기를 조리할 때에 설탕·배즙·생강즙·술 등을 넣고 있어^{5,20)}, 예부터 동양에서도 식육조리시

연도에 많이 치중하였음을 알 수 있다.

육류의 연화메카니즘은 근섬유 단백질과 결합 조직 단백질인 collagen의 물리적·생화학적인 구조와 특성에 관련된 문제로 육류의 표면에 있는 근형질막을 파괴해서 actomyosin을 가수분해시켜 근섬유로 나누어지게 하며 결합 조직의 섬유상 단백질에도 작용하여 collagen이나 elastin을 분해시키는 것이다²⁾.

한편 무화과수(*Ficus carica* L.)의 Latex에서 얻어진 ficin은 근섬유의 초미세구조에 대한 조직 연구의 경우 식물성 단백질 분해효소 중에서 elastolytic activity가 가장 큰 것으로 나타났다^{2,7,8)}.

이에 본 연구는 시판되고 있는 crude ficin으로 우육의 단백질 분해 정도를 관찰하고자 생육에 ficin을 처리한 후 투과형 전자현미경(transmission electron microscope; TEM)을 사용하여 그 조직 변화를 검토하였다^{2,8~13)}.

II. 실험재료 및 방법

1. 재 료

(1) 단백질 분해효소

본 실험에서는 단백질 분해효소로서 crude ficin(0.08 unit/mg, 日本和光純藥製)을 사용하였다.

(2) 생육의 시료

소(흑모화중성자, 4세)를 도살하여 12~15시간 경과된 것으로서 round muscle을 원료육으로 하였다.

2. 실험 방법

(1) 시료 조제

원료육을 근섬유에 대해 직각이 되도록 예리한 칼로서 0.5×0.5×0.5 cm로 절단한 후 식육과 동량의 0.1% 효소액을 가하여 35°C에서 각각 2시간, 6시간을 반응시켜 투과형 전자현미경(AEI Corinth 500)을 사용하여 그 형태를 관

찰하였다.

한편 section의 종류는 longitudinal과 cross section 두 가지를 실험에 사용하였다.

(2) 표본 제작

효소처리한 우육의 표본제작은 Fig. 1과 같이 행하였다.

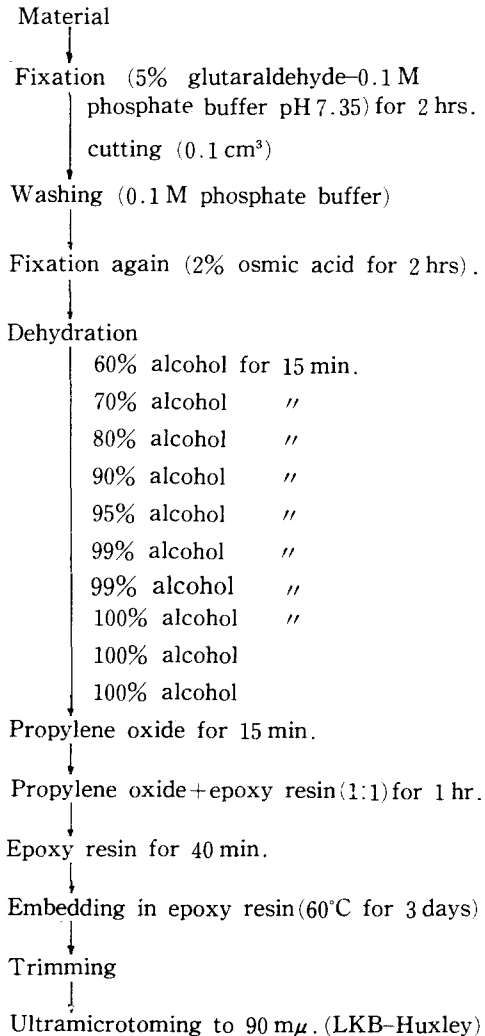


Fig. 1. Procedure for preparation of TEM.

III. 결과 및 고찰

Z-line, M-line 그리고 근원섬유내에서 생기

는 초미세구조의 변화들을 투과형 전자현미경으로 조사하였다.

Fig. 2, 5는 대조구이며 Z-line, M-line과 근원섬유가 확실하고 I-band가 없어졌으며 Z-line이 두꺼워졌다. 이는 근육수축이 크게 일어났음을 의미한다. Fig. 3은 근형질막의 길이가 늘어났으며 M-line이 부분적으로 없어지거나 얇아지고 I-band가 길어졌으며 Z-line이 얇아졌다. 또한 Fig. 4, 6을 보면 I-band와 Z-line이 끊어져서 小片化가 일어났으며 근섬유의 침식도 나타났다. Fig. 7은 결체조직의 소편화 또는 과립화, 아울러 용해현상을 볼 수 있다.

이 실험은 우육에 leukocyte lysosomal hydrolase를 처리한 Cho¹⁸⁾, papaine을 처리한 식육⁸⁾의 실험과도 일치하며, 특히 우육에 여러 가지 효소를 작용시켰을때 ficin이 조직 붕괴에 가장 우수하다는 Wang의 실험결과^{2,10)}는 본 실험결과를 뒷받침해 준다.

또한 전보 제1권 제2호에서 저자 등이 보고한 주사형 전자현미경이나 광학현미경에 의한 우육의 조직학적 변화에 관한 실험결과와도 일치하였으며^{22,23)}, crude ficin을 농도별(0.01, 0.05, 0.1%)로 우육에 작용시켜 생성되는 유리아미노산 및 질소 화합물의 함량을 측정할 화학적 변화에 관한 실험결과와도 어느 정도 일치하였다. 즉 생우육을 1°C 및 8°C에서 숙성시, 처리온도 및 시간에 따라 유리아미노산이나 질소 화합물의 함량은 증가하였고 생우육에 ficin 처리시는 더욱 증가하였으며 증가율이 현저하게 높았다. 또한 생육을 숙성시킨 것(1°C, 3일간), 생육에 ficin 처리한 것(0.1%, 8시간), 조리(steaming)후 ficin 처리한 것(0.1%, 2시간)의 유리아미노산 함량을 비교하였을 때 각각 13, 292, 137%로서 ficin 처리시의 두 그룹이 숙성중인 것보다 월등히 증가하였다고 한다²⁴⁾.

小林好美子등은 우리나라의 육류조리로 많이 쓰이는 생강에 대한 연화효과를 연구하였는데 다음과 같다.

생육에 생강즙과 papaine 을 처리하여 그 연도를 관능검사, 화학적인 변화, 역학적 변화, 조직학적 변화로 각각 비교실험하였는데 생강 찹즙에 함유된 protease 보다는 papaine 이 좀더 연화효과가 있는 것으로 나타났으며 또한 이들의 작용은 근원섬유보다는 결합조직의 일부를 형성하는 근초의 용해나 근형질의 팽화 등에 있었다고 하였다²⁵⁾. 妻鹿絢子등도 생강의 근원섬유 단백질에 대한 소화를 실험하였는데 다른 효소추출액보다 생강의 미오신 분해력은 저조하였다고 한다⁹⁾.

반면 ficin 은 단백질 분해효소로서의 기능인 근원섬유 단백질과 결합조직 단백질을 소화시킬

수 있는 것으로 보이며 이것은 식육의 연도를 크게 증진시킬 수 있다고 사료되며, 앞으로 연화제의 종류와 육류조리시의 변화에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

IV. 요약

Ficin 처리시 생육의 조직적인 변화를 투과형 전자현미경으로 관찰한 결과 결체조직 단백질은 소片化되고 용해현상도 일어났다. 근원섬유 단백질은 sarcomere 의 길이가 길어지며 M-line 이 희미해지고 Z-line 의 I-band 가 끊어져 소편화 되었다.



Fig. 2. TEM micrograph of the bovine round muscle without enzyme treatment. ($\times 16,600$).



Fig. 3. TEM micrograph of the bovine round muscle treated with 0.1% ficin for 2 hrs. ($\times 16,600$).

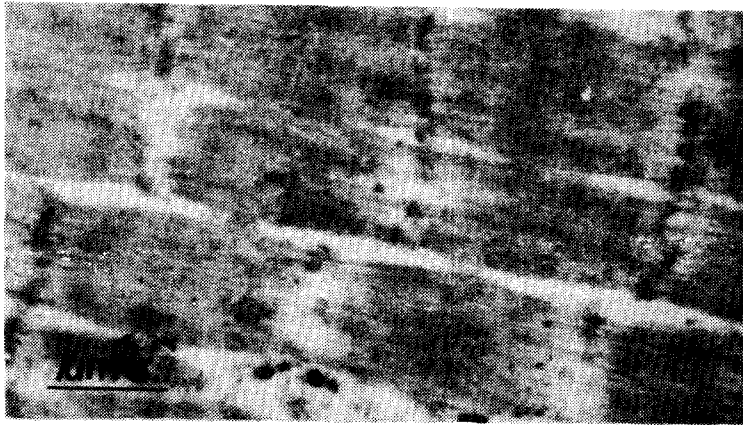


Fig. 4. TEM micrograph of the bovine round muscle treated with 0.1% ficin for 6 hrs. ($\times 16,600$).



Fig. 5. TEM micrograph of the bovine round muscle without enzyme treatment. ($\times 16,600$) M-line(M), Z-line(Z), I-band(I), Sarcomere(S)

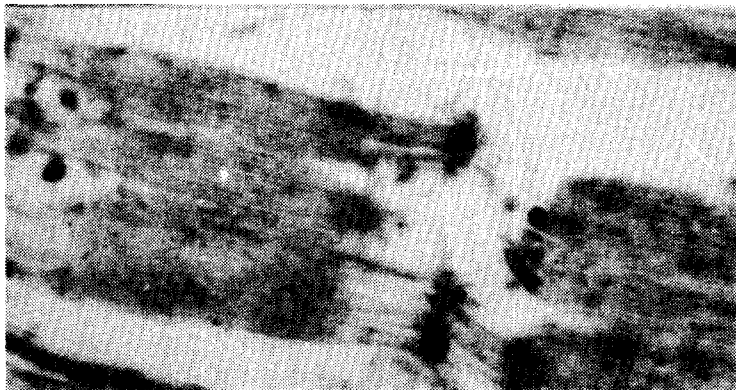


Fig. 6. TEM micrograph of the bovine round muscle treated with 0.1% ficin for 6 hrs. ($\times 18,330$) M-line(M), Z-line(Z), I-band(I), sarcomere(S).

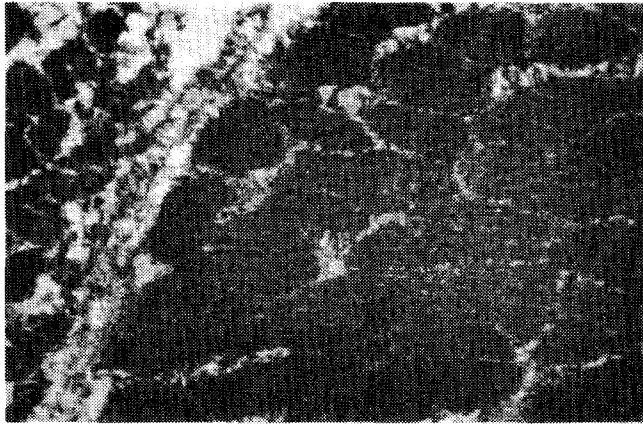


Fig. 7. TEM micrograph of the bovine round muscle treated with 0.1% ficin for 2 hrs. ($\times 5,000$)

V. 참고문헌

1. 송계원 : 식육과 육제품의 과학, 선진문화사 (1985)
2. H. Wang, C.E. Weir and M.L. Biktner : *Food Res.*, 23, 423 (1958).
3. 이성우 : 한국식품사회사, 교문사 (1984).
4. 이성우 : 한국요리문화사, 교문사 (1985).
5. 윤서석 : 한국음식 역사와 조리, 수학사 (1980).
6. 이성우 : 고려이전의 한국 식생활사 연구, 향문사 (1978).
7. G. Mier, V.J. Rhodes and L. G. Maharg : *Food Technol.*, 16, 111 (1962).
8. 윤정의 : 한국식품과학회지, 9(4), 457 (1977).
9. 妻鹿絢子, 三橋富子, 藤木澄子, 荒川信彦 : *家政學雜誌*, 34(2), 79-82(1983).
10. H. Wang : *Exp. Cell Res.*, 11, 452-464 (1956).
11. J.B. Smalling, J.D. Kemp and J.P. Fox : *J. Animal Sci.*, 32, 1107 (1971).
12. 日本電子顯微鏡學會編 : 電子顯微鏡 生物試料 作製法, 丸善株式會社 (1975).
13. 市川收 : 食品組織學, 光生館 (1970).
14. C.S.Cheng and F.C.Parrish : *J. Food Sci.*, 41, 1449 (1976).
15. F.Y.Wu, T.R. Dutson and S.B.Smith : *Food Sci.*, 50, 1041 (1985).
16. S.B.Jones, R.J. Carroll and J.R. Cavanaugh : *J. Food Sci.*, 42, 125 (1977).
17. C.W.Hutton, Y. H. Negggers and T. O. Love : *J. Food Sci.*, 46, 1309 (1981).
18. 조무재, 윤한대 : 한국식품과학회지, 14(1), (1982).
19. L. E. Hearne, M. P. Penfield and G. E. Goertz : *J. Food Sci.*, 43, 13 (1978).
20. 이순애 : 조리학(下), 실험조리, 수학사 (1983).
21. 成田裕美 : 가정학잡지, Vol. 27, No. 7, (1976).
22. 김정숙 : 한국식품영양학회지, 1(2), (1988).
23. 김정숙, 주순재 : 한국식품영양학회지 1(2), (1988).
24. 김정숙, 김준평 : 한국농화학회지 30, 3, (1987).
25. 小林好美子, 館岡孝 : 조리과학, Vol. 17, 4, (1974).