

Meat Tenderizer 제조에 관한 연구

(제 1 보) 市販 meat tenderizer 의 연육효과

양 응 · 김건화 · 이정희* · 윤정의** · 유주현

연세대학교 이공대학 식품공학과

(1975년 10월 2일 수리)

Study on Meat Tenderizer

Part 1. Tenderizing ability of commercial meat tenderizer

Ryung Yang, Kun-wha Kim, Jung-Hee Lee*,
Jung-Eae Youn** and Ju-Hyun Yu.

Department of Food Engineering, Yon Sei University

(Received October 2, 1975)

Abstract

Meat tenderness is one of the most important factors in meat products because it plays a major role in the palatability of meat.

To get information on the role of commercial meat tenderizer, the tenderizing ability of commercial meat tenderizer was measured with various substrates.

The results obtained are as follows.

1. Content of crude protein in a commercial meat tenderizer was 4.9%.
2. Optimum temperature for proteolytic activity of meat tenderizer was 60~70°C.
3. Maximal activity of proteinase was obtained at pH 6~7.
4. Proteolytic enzyme was activated by KCN, NaCN, EDTA.

Thus, it was concluded that protease system of commercial meat tenderizer composed of plant origin proteinases.

5. Proteinase activity was completely inhibited by 10mM of N-Ethylmaleimide.
6. Commercial meat tenderizer showed stronger proteolytic activity on casein than on the water soluble fraction of meat protein, whereas it hydrolyzed the myofibrillar protein less efficiently.

* 수도여자사범대학 식품영양학과

** 서울보건전문학교 식품가공학과

* Department of Food and Nutrition, Soodo Women's University.

** Seoul Health Junior Collage.

緒 論

고기는 風味가 좋아야 함은 물론 保水性(water holding capacity)이 높고 부드러울 것이 요구된다.

骨格筋은 屠殺直後에는 保水性도 높고 부드러우나 일정시간이 경과하면 收縮하여 굳어진다. 이러한 현상을 死後強直 (Rigor-mortis)이라고 하는데, 強直中の 고기는 調理加熱한 경우에도 굳고 保水性도 낮기 때문에 肉製品의 生産이나 食用에는 적당하지 않으며, 따라서 強直이 풀릴때까지 貯藏하게 된다. 고기를 저장하던, 고기는 다시 부드러워지고 보수성도 증가함은 물론 調理할때 flavor도 개선되는데 이러한 현상을 고기의 숙성(aging)이라 한다.

熟成中の 肉質의 변화에 대하여서는 많은 학자들이 다각적인 면에서 그 해명에 노력하여 왔음에도 불구하고 아직도 不明한 점이 많다⁽¹⁾.

고기의 熟成에 일어나는 tenderness의 증가가 筋肉中에 존재하는 蛋白質 分解酵素의 작용에 의한 것이라는 주장은 일찌기 Hoagland 등의 研究로 부터 비롯되었다⁽²⁾. Hoagland 등은 熟成中の 肉質의 변화에 대한 지배적 因子는 단백질 分解作用이라고 주장하였고, Locker⁽³⁾와 Sharp⁽⁴⁾가 貯藏中の 근육속에서 단백질 분해 작용이 일어나고 있음을 발표하여 Hoagland의 주장에 긍정적인 반응을 보였다.

筋肉中에 들어 있는 단백질 분해 효소는 Cathepsin 류로 이에 대하여서는 일찍부터 연구되어 왔으며⁽⁵⁻⁸⁾, 고기의 貯藏中에 있어서의 비단백태질소화합물의 증가에 관여하고 있다는 사실이 발표되고 있으나⁽³⁻⁴⁾, 그 변화의 크기가 屠殺後에 나타나는 고기의 物理化學의 변화에 대응하지 못한다는 사실이 지적되고 있다⁽⁶⁻¹⁰⁾.

筋肉中에 존재하는 단백질 분해효소의 숙성에 미치는 영향이 실험결과 부정적임에도 불구하고 실용적인 면에서는 단백질 가수분해효소를 利用하여 고기의 tenderness를 증가시키려는 노력이 많이 경주되어 왔다.

Eldon 등은 bromelain, papain 등 각종 단백질 분해효소로 고기를 처리하였을때 papain 처리가 가장 効果的이었음을 發表하였고⁽¹¹⁾ Huffman 역시 屠殺前의 papain 용액 주사가 筋肉 蛋白質의 軟化에 效果가 있었음을 발표하였다⁽¹²⁾.

國內에서는尹등이 0.05% papain 용액 처리가 관능검사에서 가장 좋은 연화효과를 나타내었다고 하였다⁽¹³⁾.

이러한 일련의 研究結果, papain 처리에 의한 고기의 연화는 실용화되고 있으며 軟化劑로써는 일반적으로 식물성 단백질 가수분해효소가 利用되고 있다.

우리나라에서는 오랫동안 役牛로서 사용되어온 소를 도살하여 牛肉을 공급하는 비율이 큰 편이며 따라서 乳牛 등 老廢牛의 고기生産에는 meat tenderizer의 이용이 바람직하다고 생각된다. 이러한 관점에서 보다 효과적이고 생산가격이 저렴한 meat tenderizer의 제조가 요청되는데, 本 研究에서는 微生物 生産 protease를 meat tenderizer로 利用하기 위한 기초작업으로 市販 meat tenderizer의 軟肉效果에 대하여 검토하였다.

實驗材料 및 方法

(1) 實驗材料

韓牛의 大腿筋을 一般精肉店에서 購入하고 脂肪과 結締組織을 가능한 한 제거한 다음 가로 4cm, 세로 3cm, 두께 2cm로 slicing한 뒤에 chopping하였다. Chopping된 고기를 재료로 하여 myofibril 및 myosin을 調製하였다.

고기는 저장중의 부패를 방지하기 위하여 10mM Sodium azide 용액을 고기 표면과 용기에 분무한 다음 냉장고에 저장 하였다.

(2) Meat tenderizer의 단백질 가수분해력 측정

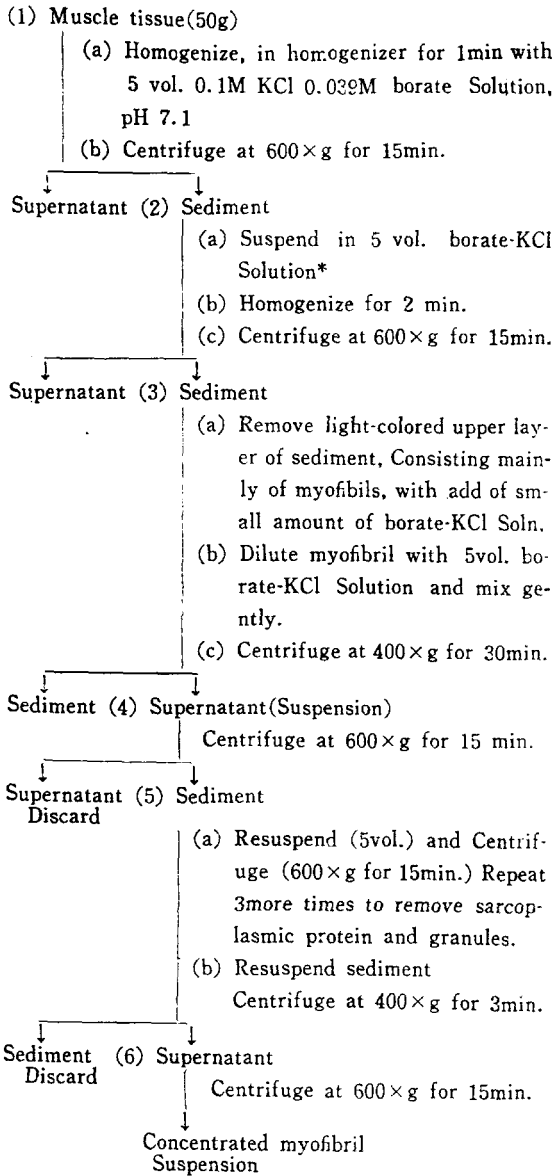
Meat tenderizer의 proteolytic activity는 Anson 改良法⁽¹⁴⁾에 의하여 생성되는 peptide 및 amino acid의 양으로 측정하였다.

반응용과 대칭용의 각 시험관에 효소액 0.5ml씩 분주하고, 반응용 시험관을 30°C의 항온조에 넣고, 5분 후 미리 30°C로 보온한 기질 [0.6% casein 용액 (0.04 M KH₂PO₄, pH 7.0), 근원섭유 단백질 용액 (0.1M Tris-HCl, pH 8.0), hemoglobin (0.04M KH₂PO₄, pH 7.0)] 2.5ml를 넣고 잘 교반한 후 정확히 15분후 5% TCA 용액 2.5ml를 첨가한 후 ice bath에 넣고 2,000 r.p.m.으로 원심시킨후 blank test 용액을 대조구로 하여 Hitachi Model 101 Spectrophotometer로서 278nm에서 optical density를 측정하였다.

생성된 peptide 및 amino acid량을 tyrosine 당량으로 定量할때에는 5% TCA solution으로 단백질을 침전시킨 다음 여액 1ml를 시험관에 취하고 0.55M Na₂CO₃ 2.5ml에 1/3로 희석한 Folin 시약 0.5ml씩 첨가적후 진탕하여 30°C에서 30분간 방치후 blank 여액을 대조구로 하여 660m μ 에서 측정하여 검량곡선에 의거 tyrosine량으로 계산하였다.

(3) Myofibril 조제

Myofibril의 조제는 Perry法을 약간 수정하여 조제하였다⁽¹⁵⁾. 조제를 위한 flow sheet는 아래와 같다.

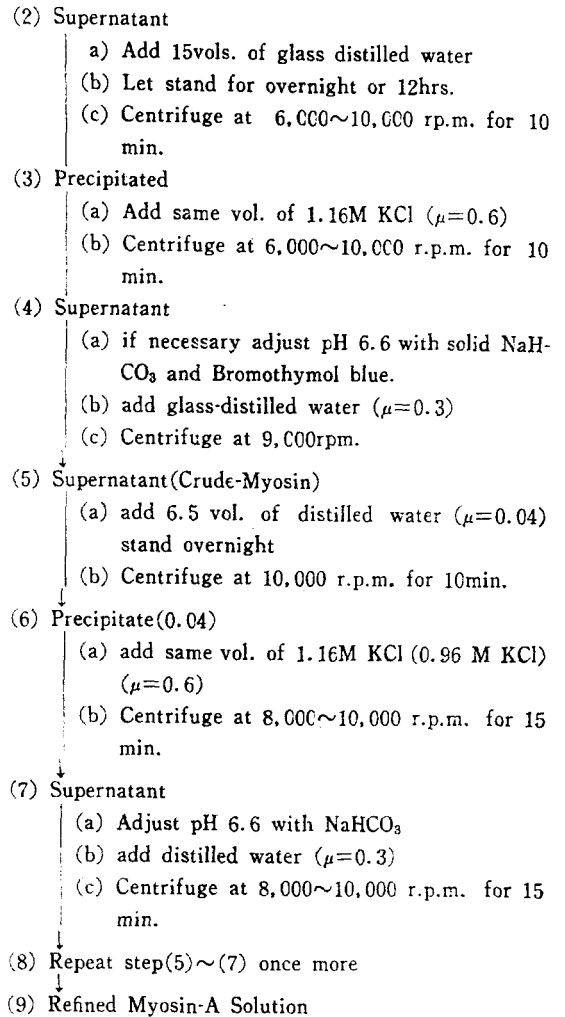
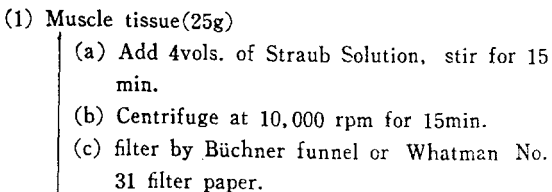


* Except Step (1), KCl Concentration is lowered to 0.025M

(4) Myosin의 조제

Myosin은 Perry⁽¹⁶⁾와 Mommaerts⁽¹⁷⁾의 방법을 약간 수정하여 조제하였다.

Myosin 조제를 위한 flow sheet는 아래와 같다.



(5) 단백질 농도 측정

Myofibril 및 myosin 용액의 단백질 농도는 micro-kjeldahl法에 의하여 검정된 검량곡선에 의거 Biuret⁽¹⁸⁾法으로 측정 하였다.

Meat tenderizer의 E_{1cm}^{1%}는 Hitachi Model 101 Spectrophotometer로 278m μ 에서의 absorbance로 구하였다.

結果 및 考察

1. 市販 meat tenderizer의 protease 함량

市販 meat tenderizer의 단백질 분해효소의 함량을 알아보기 위하여 우선 micro-kjeldahl法으로 조단백질 함량을 측정하였다.

Table 1.에서 나타난 바와 같이 組蛋白質 함량은 4.89%에 불과하였으며 市販 meat tenderizer가 다량의 M.S.G.를 함유하고 있는 사실을 고려하면 純蛋白質 함량은 4.89% 보다 낮은 것으로 예상된다. 純蛋白質

Table 1. Constituent of meat tenderizer

Constituent	Contents(%)	Analytical Methods
Protein	4.89	Micro-Kjeldahl Method
Lactose	10.65	Lane-Eynone Method

함량, 즉 효소함량을 측정해 보기 위하여 278m μ 에서의 E¹_{1cm}%를 구하였다.

Fig. 1.에서 보는 바와같이, meat tenderizer의 농도를 달리하여 278m μ 에서의 optical density를 측정할 결과 E¹_{1cm}%는 0.33에 불과하였다.

Glazer등은 papain의 278nm에서의 E¹_{1cm}%가 25임을 밝혔고⁽¹⁹⁾, Murachi 등은 bromelain의 278nm에서의 E¹_{1cm}%가 19임을 밝혔다⁽²⁰⁾, 따라서 市販 meat tenderizer에 들어 있는 단백질 분해효소가 papain이라고 가정하면 효소함량은 1.3%에 불과 하며, 함유되어 있는 효소가 bromelain이라고 한다면 효소 함량은 1.7%에 불과함을 알 수가 있다.

市販 meat tenderizer의 사용법에는 牛肉 600g에 대하여 meat tenderizer 5g을 사용할 것을 권장하고 있는데, 牛肉의 단백질 함량을 일반적으로 20%로 보고 섬

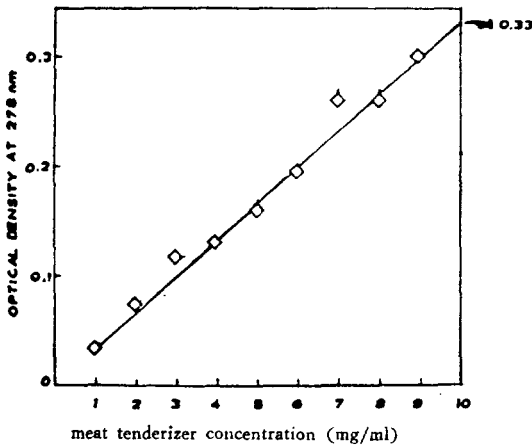


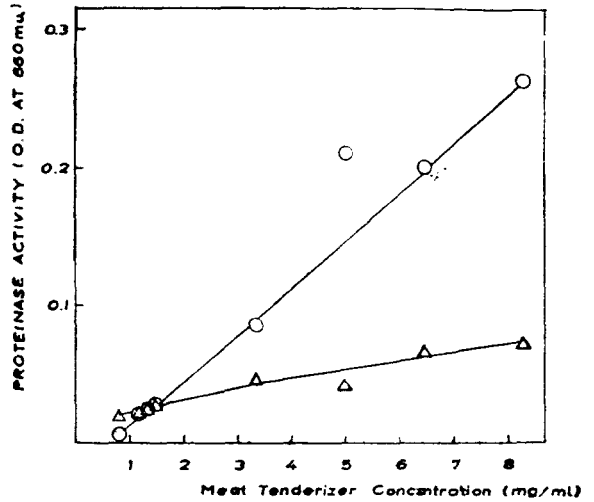
Fig. 1. O.D-Concentration plot of commercial meat tenderizer

E¹_{1cm}% at 278 : Papain 25, Bromelain 19

유상 단백질 함량을 총단백질 함량의 50%로 계산하면 기질 對 효소의 비율은 papain이라하는 경우 30 : 1이 되며, bromelain이라 하는 경우에는 700 : 1로 된다, 그러므로 市販 meat tenderizer에 함유된 단백질 가수분해 효소는 강한 activity를 가지고 있을것이 요구된다.

2. 市販 meat tenderizer의 proteolytic activity

市販 meat tenderizer의 proteolytic activity를 측정하기 위한 기질로 casein과 myofibril을 선택하고 30°C



○—○ casein △—△ myofibril

Fig. 2. Proteolytic activity of commercial meat tenderizer on casein and myofibril

Assay condition: 0.67-8.3mg/ml meat tenderizer, 0.6% casein (0.04M KH₂PO₄, pH 7.0), 4.16mg/ml myofibril, 5% TCA. Incubation time was 20 min. at 30°C.

에서 20분간 처리하였다.

Fig. 2.에 나타난 바와 같이, casein이 기질인 경우에는 기질 對 meat tenderizer의 농도비가 2 : 1 이하에서는 약한 activity를 나타내었고 기질 對 meat tenderizer의 농도비가 1 : 1 이상에서 비교적 높은 proteolytic activity를 나타내었다.

Myofibril이 기질인 경우에는 meat tenderizer의 농도가 8mg/ml(기질 : 연유소 농도=4.2 : 8.0)에서도 약한 proteolytic activity를 나타내고 있을 뿐이다(Fig. 2).

근육을 구성하고 있는 단백질은 그 溶解度의 차이에 따라 세 부분으로 나누어 지고 있으나⁽²¹⁾ 고기의 tenderness에 관여하는 단백질부분은 근원섬유 단백질과 stroma protein이며⁽²²⁾, 따라서 myofibril에 대하여 강한 단백질 분해 능력을 가진 효소만이 meat tenderizer가 될 수 있다고 볼 수 있다.

Fig. 2는 市販 meat tenderizer가 근육 단백질의 주 성분이며 tenderness에 지배적인 因子가 되고 있는 myofibril⁽²¹⁾에 대하여서는 약한 단백질 가수분해력을 가지고 있다는 사실을 나타내고 있으며, 그러므로 myofibril에 대하여 강한 proteolytic activity를 가진 meat tenderizer가 될 수 있도록 市販 meat tenderizer의 活性化 작업이 필요하다고 생각된다.

3. 市販 meat tenderizer의 性質

효과적인 meat tenderizer로써의 適格性의 판정이나

그 효력의 개량을 위하여서는 고기의 조리조건과 관련시켜 meat tenderizer의 性質을 해명하여 두는 것이 필

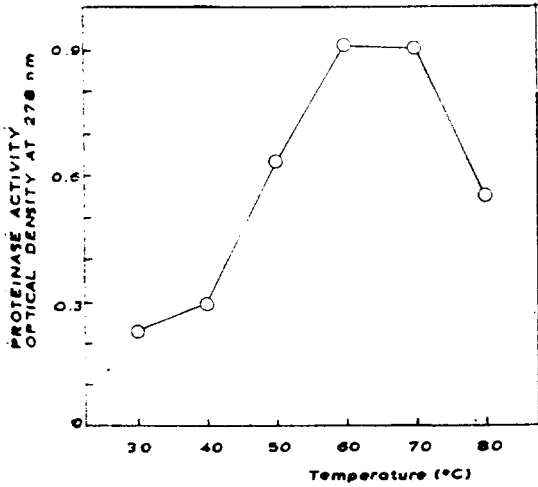


Fig. 3. Effect of temperature on commercial meat tenderizer

Assay condition: 1mg/ml meat tenderizer, 0.6% Casein(0.04M KH_2PO_4 , pH 7.0), 5% TCA. Incubation time was 30 min.

요하다고 생각되었다.

Casein을 기질로하여 각각의 온도에서 30분간 처리하였을때 市販 meat tenderizer의 단백질 분해능은 60~70°C에서 최고값을 나타 내었다(Fig. 3). 60°C에서는 30°C에서의 분해능보다 4배나 증가하였으나 80°C에서는 서서히 不活性化가 일어남을 나타내고 있다. (Fig. 3). 이와같은 결과는 비교적 高温의 경우에도 안정한 식물성 단백질 분해효소의 특징을 나타내고 있다

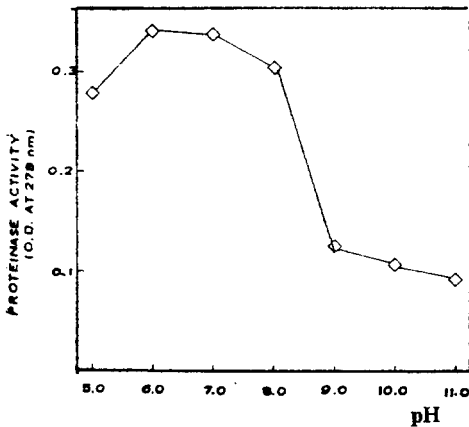


Fig. 4. pH activity curve of commercial meat tenderizer

Assay condition: 1mg/ml meat tenderizer, 0.6% casein, 0.2M KH_2PO_4 buffer(pH 5.0 to 8.0) 0.2M H_3BO_3 -KCl buffer(pH 8.5 to 10.0), 0.1M Na_2HPO_4 buffer(pH 11.0), 5% TCA. Incubation time was 10min at 60°C.

고 해석되었다^(23,24). 그러나 근육강직현상의 원인인 actomyosin 形成反應은 Enthalpy의 증대($\Delta H = +57.5$ Kcal/mole)를 가져오므로⁽²⁵⁾, 고기는 가열에 의하여 熱收縮을 일으키며, 따라서 高温측에서 활성이 안정하다는 조건과 동시에 常温측에서 강한 단백질 분해능을 나타내어야 한다는 조건을 동시에 만족시키는 meat tenderizer의 개발이 요청된다. 이러한 관점에서 보면 Fig. 3.에서 30°C~40°C에서 약한 활성을 나타내고 있다는 결과는 불만스럽다고 보아야할 것이다.

Fig. 4는 casein을 기질로 하여, 60°C에서 10분간 처리하였을 때의 meat tenderizer의 proteolytic activity에 대한 pH의 영향을 나타낸 것으로 pH5~8에서 비교적 높은 활성을 나타내고 있다. 식품의 pH가 중성내지는 산성이라는 사실을 고려하면 Fig. 4.의 결과는 만족을 주는 결과로 해석되었다.

현재 실용화되고 있는 meat tenderizer는 식물성 단백질 분해효소인 papain과 bromelain 등을 이용하고 있다. 그런데, papain, bromelain, ficin은 cysteine, cyanide 및 EDTA에 의하여 활성화 된다는 사실이 알려져 있다^(26,27).

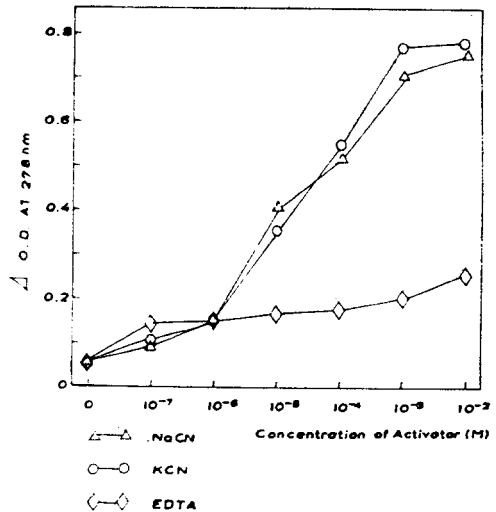


Fig. 5. Effect of activators on proteolytic activity of meat tenderizer

Assay condition: 1mg/ml meat tenderizer, 0.6% casein (0.04M KH_2PO_4 buffer pH 7.0) 10^{-2} - 10^{-7} M EDTA, KCN, NaCN, TCA 5%. Incubation time was 30 min. at 30°C.

Fig. 5는 식물성 단백질 분해효소의 activator인 cyanide와 EDTA의 共存下에서의 市販 meat tenderizer 활성을 나타낸 것으로 activator의 농도 증가에 따라 meat tenderizer의 단백질 가수분해능이 현저하게 증가하고 있다. 따라서 市販 meat tenderizer에 함유되어

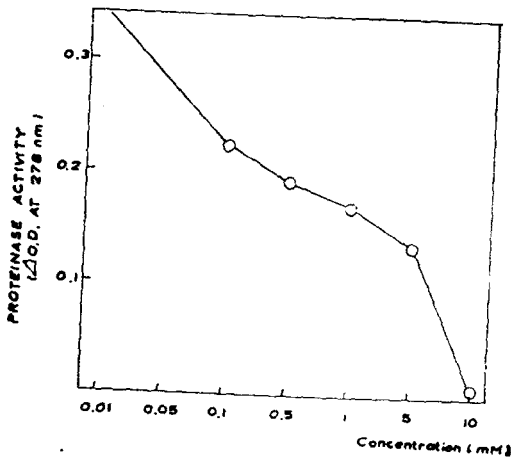


Fig. 6. Effect of chemical modification of SH group on proteolytic activity of meat tenderizer

Assay condition: 1mg/ml meat tenderizer, 0.6% casein(0.04M KH₂PO₄, pH7.0), 0.01 to 10 mM N-ethylmaleimide, 5% TCA. Incubation time was 30 min. at 30°C.

있는 효소는 식물성 단백질 분해효소라고 추정되었다.

이러한 추정은 Fig 6의 결과로부터 더욱 확실하여졌다. 즉 SH-blocking reagent인 N-ethylmaleimide를 농도별로 활성에 미치는 영향을 본 결과, 0.1mM의 농도로 단백질 분해능이 저해 받기 시작하여 10mM의 농도에서 완전히 저해 되었다.

이상의 결과로부터 市販 meat tenderizer에 함유되어 있는 protease는 식물성 단백질분해 효소인 SH-enzyme이라고 결론 되었다.

4. Meat tenderizer의 基質選擇性(Substrate Selectivity)

이미 위에서 언급되었지만 軟肉効果는 myofibril 및 stroma protein을 분해할 수 있다는 점이 필요 충분조건이 되며 牛乳蛋白質의 主成分인 casein에 대하여 강한 proteolytic activity를 가졌다는 것은 고기의 tenderness에 관한 한 별 의미가 없다.

왜냐하면 고기의 숙성중의 변화는 근원섬유 단백질의 변화에 의한 것이며^(28,29) sausage의 物性에 큰 영향을 미치는 인자 역시 근원섬유 단백질의 주성분인 myosin이라고 알려져 있기 때문이다.⁽³⁰⁾

Fig. 7.은 casein 과 myofibril에 대한 市販 meat tenderizer의 단백질 분해력을 비교한 것인데, casein은 40°C 이상의 온도에서 크게 분해되기 시작하여 60°C에서 최대의 분해를 나타내고 있다. 한편, myofibril은 70°C에서 최대의 분해를 나타내고 있으나, casein이 기질인 경우에 비하여 피분해성은 30%에 불과하다.(Fig. 7).

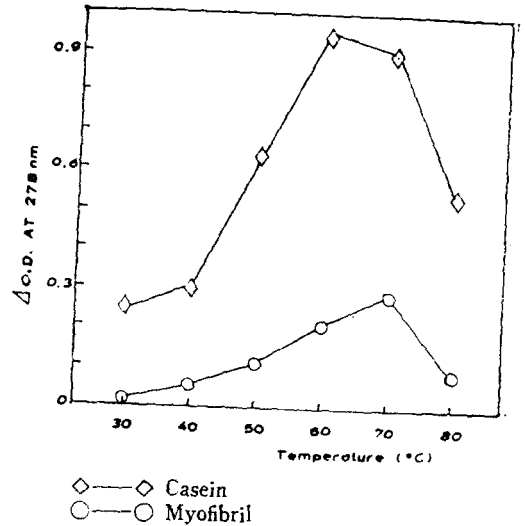


Fig. 7. Substrate selectivity of commercial meat tenderizer

Assay condition: 1mg/ml meat tenderizer, 0.6% casein (0.04M KH₂PO₄, pH 7.0) 0.1 M Tris-HCl buffer(pH8.0), myofibril 4mg/ml 20% TCA. Incubation time was 30 min.

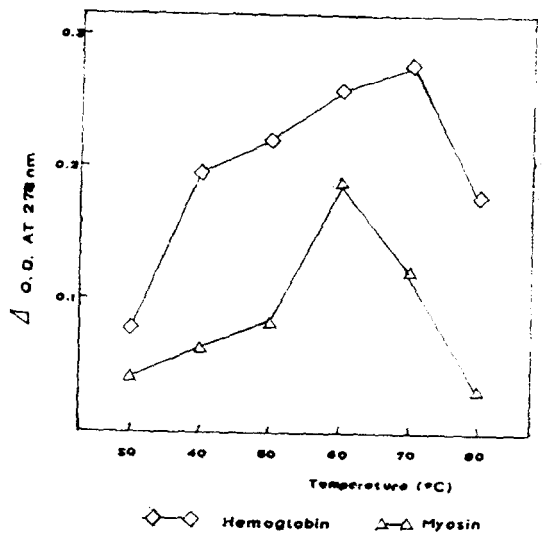


Fig. 8. Substrate selectivity of meat tenderizer Assay condition: same as Fig. 7.

Myofibril에는 7종류의 단백질이 들어 있는 것으로 알려지고 있는데⁽³¹⁾, 근원섬유 단백질의 50~55%를 차지하고 있는 주성분은 myosin이다.⁽³²⁾

Fig. 8.은 myosin과 hemoglobin을 기질로 하였을 때의 市販 meat tenderizer의 proteolytic activity를 나타내고 있다. Hemoglobin이 기질인 경우 70°C에서 최대 활성을 나타내었으며 casein이 기질인 경우와 비교하면

약 30% 미만에 불과하다. (cf. Fig. 7 and Fig. 8) Myosin이 기질인 경우에는 hemoglobin의 경우보다 더욱 낮아 hemoglobin의 피분해성의 약 70%에 불과하였다. (Fig. 8)

Hemoglobin은 혈액색소 단백질로 산소운반이라는 중요한 생리적 기능을 갖고 있음은 물론 고기의 색깔에도 크게 기여하고 있으며 고기의 주요 색소인 myoglobin분자(mol. wt. 17,000 daltons)가 4분자가모인 것이므로 대표적인 sarcoplasmic protein이다⁽³³⁾. 따라서 Fig. 8의 결과는 市販 meat tenderizer가 근원섬유 단백질보다 근장단백질에 보다 큰 선택성을 가지고 있는 것으로 해석되었다. 그러나 sarcoplasmic protein은 고기의 tenderness에는 거의 기여하고 있지 못한 것으로 알려져 있으므로⁽³⁴⁾, 고기의 tenderness에 직접적인 관련을 갖고 있는 근원섬유 단백질에 대하여서는 市販 meat tenderizer의 선택성은 대단히 낮은 것으로 생각 되었다. 따라서 市販 meat tenderizer의 결정적인 단점은 근원섬유 단백질에 대한 낮은 기질선택성에 있는 것이며 개량되어야 할 점이라고 생각되었다.

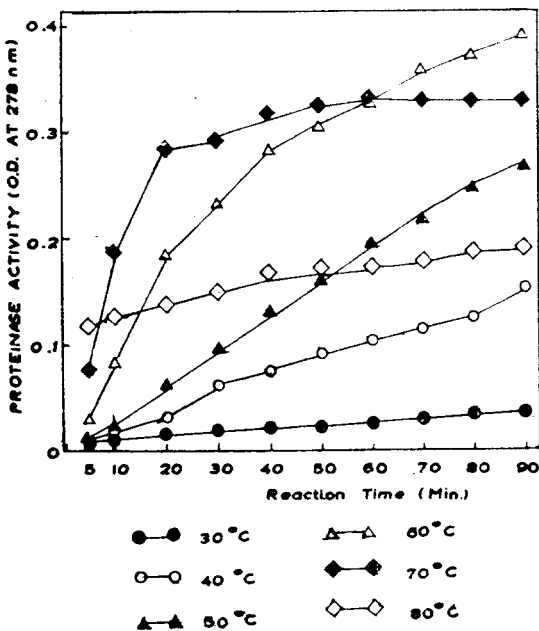


Fig. 9. Effect of commercial meat tenderizer on myofibril degradation
Assay condition: 1mg/ml meat tenderizer, 4mg/ml myofibril, 0.1M Tris-HCl(pH 8.0)

Fig. 9는 처리온도와 처리시간을 달리 할 때의 myofibril의 분해율 나타낸 것으로, 40°C 이하의 처리 온도에서는 90분간 처리의 경우에도 대단히 낮은 분해율을 보였고 가장 효과적인 분해율을 나타내는 70°C의 경우에 40~90분간 처리하여도 A.O.D.는 0.35 이상으로 증

진되지 않았으며 80°C에서의 처리는 5분간 처리에 효소의 불활성화가 나타나고 있다. 따라서 조리시에는 급격한 온도 상승이 예상되는데 효과적인 단백질분해은 도대를 짧은 시간에 통과하게 되므로 바람직한 효과를 기대하기가 어려우리라고 생각되었다. 80°C에서의 처리의 경우 처리 시간이 길어짐에도 불구하고 단백질 분해력이 비교적 일정한 수준을 유지하고 있다는 사실 (Fig. 9)은 사용된 市販 meat tenderizer의 성분중에 효소의 내열성을 증진시키는 인자가 들어 있거나 혹은 市販 meat tenderizer의 단백질 분해효소가 내열성의 식물성 단백질분해 효소를 포함한 2종류 이상의 복합 효소제 이거나 어느 한쪽이겠으나 이점에 대하여서는 보다 자세한 검토가 필요하리라 본다.

要 約

고기는 그 품질을 논할때 tenderness가 주요 항목이 된다. 따라서 외국에서는 일찍부터 meat tenderizer의 개발이 활발하게 이루어져 plant origin proteolytic enzyme이 많이 이용되어 왔다.

우리나라에서는 오랫동안 役牛로써 사용되어온 소를 도살하여 牛肉을 공급하는 비율이 크므로 질이 낮은 牛肉을 이용할 때는 특히 meat tenderizer의 이용이 바람직하다고 생각된다.

이러한 관점에서 보다 효과적이고 가격이 저렴한 meat tenderizer의 제조가 요청되므로 본 연구실에서는 그 제조연구를 위한 조사연구로 市販 meat tenderizer의 연육효과에 대하여 검토하여 보았다.

1. Commercial meat tenderizer의 protein함량은 4.9% (Kjeldahl法)로 E_{1cm}^{1%} basis로 계산하면 1~2%에 지나지 않았다.
2. 기질과 연육소의 비율이 4:1, 온도가 40°C 이상에서 연육효과를 인정할 수 있었다.
3. 市販 meat tenderizer의 substrate-selectivity는 casein > water-soluble muscle protein > myofibrillar protein 의 순으로 보다 개량된 meat tenderizer의 제조가 요구된다고 생각되었다.

REFERENCE

- (1) Yang, R. Doctor Thesis, Tokyo University (1972).
- (2) Hoagland, R. McBryde, C.N. and Powick, W.C. U.S. Dept. Agr. Bull., No. 433, 100 (1917).
- (3) Locker, R.H. J. Sci. Food Agr. 11, 520 (1960).
- (4) Sharp, J.G. J. Sci. Food Agr. 14, 468 (1963).
- (5) Snoke, J.E. and Neurath, H.J. Biol. Chem. 187,

- 127 (1950).
- (6) Koszalka, TR. and Miller, L.L. *J. Biol. Chem.*, **235**, 669 (1960).
- (7) Parrish Jr., F.C. and Bailey, M.E. *J. Agr. Food Chem.* **14**, 232 (1966).
- (8) Suzuki, A. and Fujimaki, M. *Agr. Biol. Chem.* **32**, 975 (1968).
- (9) Davey, C.L. and Gilbert, K.V. *J. Food Sci.* **41**, 135 (1966).
- (10) Parrish, F.C., Goll, D.E., Newcomb, W.J. de Lumen, B.O., Chaudhry, H.M. and Kline, E.A. *J. Food Sci.*, **34**, 196 (1969).
- (11) Chunghee, K.K., and Eldon, E.R. *I. Food Sci.* **35**, 563 (1970).
- (12) Huffman, D.I. *Poultry Sci.* **40**, 1627 (1961).
- (13) 尹政義, 梁 隆, 한국식품과학회지, **6**, 163 (1974).
- (14) 實驗農藝化學 上卷 p. 282, 朝倉書店(東京) (1970).
- (15) Perry, S.V., Corsi, A., *Biochem. J.* **68**, 5 (1958).
- (16) Perry, S.V., *Biochem. et Biophys. Acta.*, **8**, 499 (1952).
- (17) Mommaerts, W.F.H.M., Parrish, R.J., *J. Biol. Chem.* **188**, 545 (1951).
- (18) Gornall, A.G., Bordawall and David, *J. Biol. Chem.* **177**, 751 (1949).
- (19) Glazer, A.N. and Smith, E.L., *J. Biol. Chem.* **236**, 2948 (1961).
- (20) Murachi, T., Yasui, M. and Yasuda, Y. *Biochem. J.*, **3**, 48 (1964).
- (21) 梁 隆, 化學工業의 진보, **14**, 212 (1974).
- (22) Yang, R., Akitani, A. and Fujimaki, M., *Agr. Biol. Chem.* **34**, 1765 (1970).
- (23) Stockell, A., and Smith, E.L., *J. Biol. Chem.*, **227**, 1 (1957).
- (24) Ota, S., Moore, S. and Stein, W.H., *Biochem.*, **3**, 180 (1964).
- (25) Tonomura, Y., Tokura, S. and Sekiya, K. *J. Biol. Chem.* **237**, 1074 (1962).
- (26) Kimmel, J.R. and Smith, E.L., *J. Biol. Chem.*, **207**, 515 (1954).
- (27) Murachi, T., and Neurath, H.J., *Biol. Chem.* **235**, 99 (1960).
- (28) Fujimaki, M., Arakawa, N., Okitani, A. and Takagi, O., *J. Food Sci.*, **30**, 937 (1965).
- (29) Okitani, A. and Fujimaki, M., *Agr. Biol. Chem.*, **32**, 178 (1968).
- (30) Fukazawa, T., Hashimoto, Y. and Yasui, T., *J. Food Sci.* **26**, 541 (1961).
- (31) Yang, R., Kim, C.J., Moon, Y.H. and Yu, J.H., *Korean J. Food Sci. Technol.*, **6**, 79 (1974).
- (32) Slayter, H.S. and Lowey, S., *Pro. Nat. Acad. Sci. U.S.* **58**, 1611 (1967).
- (33) Goll, D.E., Arakawa, N., Stromer, M.H. Busch, W.A. and Robson, R.M. "The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food" 2 eds. Briskley, E.J., Cassens, R.G. and Marsh, B.B., The University of Wisconsin Press Madison, Wisconsin, p. 755 (1970).