

과일에 존재하는 단백질 분해효소의 식육연화효과에 관한 연구

배영희 · 노정해*

오산대학 식품조리과, *한국식품개발연구원

Application of Proteolytic Enzymes in Fruits for Meat Tenderization

Young-Hee, Bai and Jeong-Hae, Roh*

Dept. of Food and Culinary Arts, Osan College

*Korean Food Research Institute

Abstract

In order to study the tenderizing effect of proteolytic enzymes in fruits, beef (*M. semimembranosus*) was marinated with meat sauce containing each fruit juices. After cooking, the shear force was measured by Rheometer and evaluated the sensory properties of beef by quantitative descriptive analysis method. The results are as follows: 1. The combination ratio of meat sauce:water was 2:1 with pH 5.0~5.5 showed the max. tenderness. 2. As a result of shear force test, the decrease of shear force was pineapple>papaya > fig > kiwifruit > pear: especially, pineapple, papaya and fig tendered the beef significantly comparing with pear and kiwifruit at $p<0.001$. 3. The tendering effect of pineapple and papaya on the meat showed significant difference ($p<0.01$) comparing with pear in tenderness and overall acceptability by sensory evaluation; and there was a significant difference between pear and papaya in taste ($p<0.05$). 4. There was highly significant correlation between mechanical tenderness and sensory properties: correlation of fruit and mechanical tenderness was $-0.877(p<0.01)$; between mechanical tenderness and overall acceptability, $r = 0.532(p<0.01)$; between fruit and sensory tenderness, $r = 0.495(p<0.01)$; between mechanical tenderness and sensory tenderness, $r = 0.490(p<0.01)$. At $p<0.05$, between taste and juiciness, $r = 0.208$.

Key word: meat tenderness, proteolytic enzyme, fruits protease, pineapple, papaya

I. 서 론

최근 국민소득의 향상과 더불어 식생활 형태 또한 곡류 중심의 소비에서 축산물 중심의 소비로 바뀌면서 육류 및 육제품의 수요가 매년 증가하고 있다. 즉 1970년 국민 1인당 육류 소비량이 5.2 kg이던 것이 1991년에는 21.7 kg, 1999년에는 30.8 kg으로 약 6배가 증가하였고, 쇠고기의 소비는 1970년에 국민 1인당 불과 1.2 kg이던 것이 1978년에는 3.1 kg으로 2.6배까지 증가하였으며 1990년에는 4.1 kg을, 1991년에는 무려 5.1 kg을 소비하여 1년간에 24%나 증가되었고 이는 1970년과 비교해 볼 때 4배 이상으로 증가되었다¹⁾.

우리가 식용으로 하고 있는 육류는 근육조직(muscle fiber), 결합조직(connective tissue), 지방조직(adipose tissue) 등으로 구성되어 있으며, 이들의 함량에 따라 근육의 질감이 나타난다. 일반적으로 식육의 품질이란 “식육이 소비자에게 제공할 수 있는 만족의 정도”로 정의되

며, 식육품질의 결정 요소로는 육색, 연도, 풍미 및 다즙성 등이 있다.

일반적으로 육질의 개선을 위해 알고 있는 방법들에는 기계적인 방법, 수화력 증가방법, 숙성방법, 단백질 분해효소의 이용방법 등이 있으나²⁻⁷⁾ 이들 중 여러 가지 과일에 존재하는 단백질 분해효소를 이용하는 방법은 추출된 단백질 분해효소의 추출원이 과일이므로 식품첨가물로서도 안정하여 그 이용가치가 높을 것으로 생각된다. 그러나 이 같은 방법을 육류의 최종 소비주체인 가정이나 hotel 또는 restaurant과 같은 외식현장에서 직접 사용할 수 있는 조리방법으로 발전시킨 연구도 없고 쇠고기의 품질 관리적인 측면으로 과학적 연구를 한 것도 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 과일에 함유된 단백질 분해효소를 사용하는 육류의 연육조리 방법을 조리 과학적인 면으로 연구하여 실무조리를 위한 표준 레시피 개발에 접근하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

배는 경기도 안성산 신고품종, 키위는 전남 해남산, 무 화과는 봉래시(Bongraesi)와 마스이(Masui)품종으로 전남 영광군 삼호면 삼호농협에서 제공받았고, 파인애플은 제주도산, 파파야는 경남 진주산을 이용하였다. 이들은 수확 후 다량 구입하여 -4°C의 냉동고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

쇠고기는 도축된지 3일된 한우의 우둔육(M. Semimembranosus)을 일괄 구매하여 -40°C의 냉동고(OPERON, Model SK-50P, Japan)에 넣고 사용하였다.

2. 실험방법

(1) 양념장 제조 및 조미방법

양념장은 한국의 맛⁸⁾에 수록된 너비아니구이 양념을 기준으로 조제하였다. 각 재료를 섞어 만든 후 걸러서 양념장을 만들었으며 이때 양념장에는 고기의 연화에 영향을 줄 수 있는 과즙은 사용하지 않았다. 그후 여러 가지 조리서에 나와 있는 육류조리법들을 참고로 적절한 양념장과 물의 혼합비를 결정한 후 15% 과일즙을 함유된 양념장으로 조미하였다.

실험에 사용된 과일즙은 과일의 껍질과 씨, 지저분한 부분을 제거하여 믹서에 간 후 거즈에 걸러 즙액만 추출한 후 -40°C에 냉동 보관하여 사용하였다.

(2) 조리방법

실험에 사용한 고기는 meat slicer를 이용하여 0.5 cm의 일정한 두께로 근 섬유와 평행하게 자른 후 다시 3×5×0.5 cm 크기로 썰었다. 고기는 조미를 하여 1시간 동안 실온(25°C)에 방치한 후, 120°C로 예열된 오븐(CHOICE, DAE YUNG MACHINERY CO.)에서 10분간 익혔다.

(3) 전단력 평가

구운 고기는 오븐에서 꺼낸 후 실온에 10분간 방치하여 식힌 후 Rheometer(FUDOH, RT-3005D, Japan)를 이용해 전단력(Shearing Test)을 측정하였다.

측정조건은 load head: 5 kg, table speed: 300 mm/min.(start position: 50 mm. end position: 60 mm). auto-stroke: 20 up & down/min. adaptor: no. 32 shearing stress relaxation이다.

(4) 관능검사

과일즙에 의한 육류연화효과를 알아보기 위해 예비검사를 통해 훈련된 30명의 학생에게 조리한 쇠고기의 향(flavor), 외관(appearance), 연도(tenderness), 다즙성(juiciness), 맛(taste)과 전반적인 기호도(overall

acceptability)에 관한 관능검사를 선척도법을 이용하여 실시하였다.

(5) 분석 및 통계처리

기계적 검사 및 관능적 검사를 통해 얻은 자료는 SPSSWIN 7.5를 이용하여 분산분석과 상관분석을 하였고 사후검정은 Tukey법을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조미방법의 결정

고기의 조미에 사용한 양념장의 재료구성은 Table 1과 같았다.

(1) 양념장:물 혼합 비율 결정

고기 1조각(약 5 g)에 대한 양념장과 물의 혼합비율을 결정하기 위해 양념장:물의 비율을 1:2, 1:1, 2:1의 비율로 각각 달리하여 조리 후 Rheometer를 이용하여 전단력을 측정하고 외관의 연도 관찰을 통해 혼합비를 결정했다(Fig. 1).

즉 양념장:물의 혼합이 1:1이거나 1:2일 경우 전단력

Table 1. Formula for preparation of meat sauce

Name of component	Portion of component	Portion/meat 600 g	Actual volume	percent(%)
soy sauce	6 Tbs		600 g	31
leek, chopped	2 Tbs		200 g	11
garlic, chopped	2 Tbs		200 g	11
ginger juice	1 Tbs		100 g	5
sugar	4 Tbs		400 g	20
black pepper	1 tbs		30 g	1
sasame oil	3 Tbs		300 g	16
honey	1 Tbs		100 g	5
total			1900 g	100

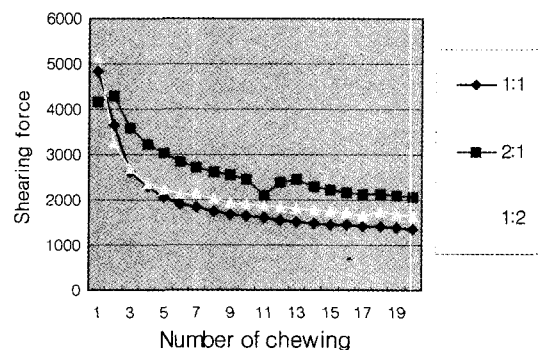


Fig. 1. Changes of shear force of meat according to the meat sauce:water ratio.

Table 2. Formula for preparation of meat marination

Component	beef (g)	meat sauce (g)	fruit juice (g)	water (g)
control	100	30	.	30
pear	100	30	15	15
kiwifruit	100	30	15	15
fig	100	30	15	15
pineapple	100	30	15	15
papayamelon	100	30	15	15

측정 결과 2:1 비율보다 훨씬 감소가 컸으며 측정과정에서 외관이 물러있거나 기계에 붙어버리는 현상이 관찰되었고 이 같은 양념장은 실제 연육 효과가 있는 과즙의 첨가시 질감의 변화가 너무 심했다.

따라서 본 실험에서는 양념장:물=2:1 비율로 혼합한 것으로 조미하였다.

조리하는 동안에 염이 육류에 미치는 주된 효과는 물 결합능력의 강화이다. 물결합능력이 강화되면 다즙성이 증가되어, 염은 육류의 연화도를 증가시키는 역할을 한다⁹⁾. 즉 조리시 첨가된 1.3~1.5%의 식염은 단백질의 수화력을 증가시키는 것으로 본 실험에서도 연육제의 첨가 없이도 이 같은 결과가 나타난 것을 볼 때 양념장에 있는 간장이 가열 조리시 단백질의 수화를 증가시켜 연화를 일으킨 원인일 수도 있다.

또한 제조된 양념장의 pH를 측정한 본 결과 혼합비율이 1:1일 때 pH 5.02, 1:2일 때는 pH 5.20, 2:1일 때 pH 5.50으로서 모두 산성이었는데, 육류의 pH도 단백질의 수화에 영향을 미치며 특히 산성에서 수화력이 증가된다는 연구결과를 볼 때¹⁰⁾, 본 실험의 양념장이 나타내는 산성 pH가 육류연화에 영향이 있다고 할 수 있다. 또한 신¹¹⁾은 연육소가 결체조직의 연화에 미치는 최적조건으로 온도는 50°C 전후, pH는 5.5 부근이라고 한 것을 보면 측정된 실험의 조미조건은 최상의 연육 효과가 있는 조건임을 알 수 있다.

연육 효과실험에 사용한 고기와 양념장:물=2:1로 혼합한 액과 전체 중량의 10% 과즙을 함유한 조미 비율을 Table 2에 나타냈다.

2. 전단력 측정

Fig. 2는 과일즙에 의한 육류연화효과를 Rheometer를 이용하여 전단력을 비교한 것이다.

20회 반복저작에 의해 나타난 육류의 전단력 감소는 pineapple > papaya > fig > kiwifruit > pear > control 순서이었다. 이 같은 전단력 감소모양을 보면 주로 저작 5회까지 빠른 전단력 감소를 보이고 그 이후는 완만한 전단력 감소가 일어나는 것을 보아 육류의 질감 연화는 저작

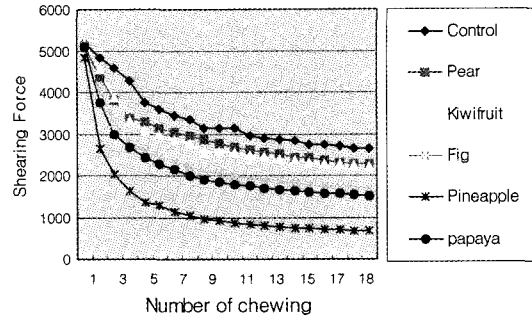


Fig. 2. Changes of shear force of meat with fruits juice.

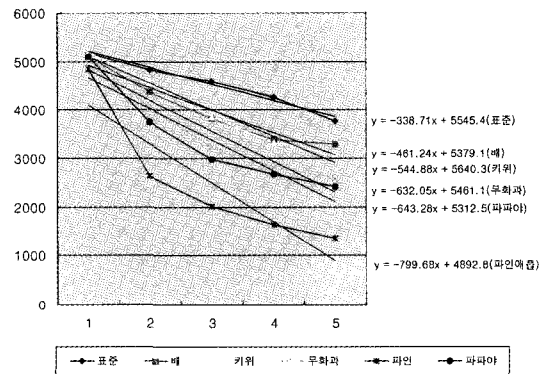


Fig. 3. Slopes of shear force of meat to 5th chewing.

Table 3. Slopes of shear forces of meat between 1st to 5th chewing

items	slope(mean±S.D.)	F value
control	-338.710±191.351 ^a	8.551***
pear	-461.238±276.817 ^{ab}	
kiwifruit	-544.878±128.512 ^{ab}	
fig	-632.050±166.298 ^{abc}	
pineapple	-799.680±97.006 ^{ac}	
papaya	-643.680±223.024 ^{abc}	

***p<.001.

a,b,c)Values with different superscripts are significantly different by Tukey's multiple comparison test.

초기에 일어나는 것임을 알 수 있다. 이때 저작 5회까지 나타나는 전단력 감소의 기울기를 이용하여 각 과일즙간에 전단력 차이비교를 해 본 결과가 Fig. 3과 Table 3이다.

전단력 감소형태의 기울기는 파인애플이 -799.680으로 가장 크고 표준이 가장 적었다. 즉 육류의 연화효과가 크다는 것은 전단력의 빠른 감소를 의미하며 이때 연육소와 전단력 감소 slope 간에는 p<0.001에서 매우 유의적인 차이를 보였다. 특히 파인애플, 파파야, 무화과는 표준, 배 그리고 키위 처리군의 육류가 나타내는 전단력

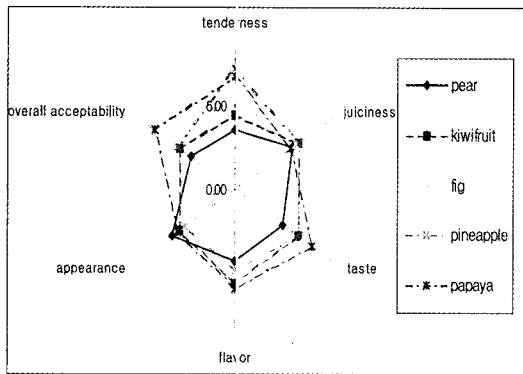
Table 4. Sensory characteristics of meat among fruits

Fruits	SP						(Mean ± S.D)
	appearance	flavor	tenderness	juiciness	taste	overall acceptability	
pear	5.48±1.67	4.30±2.42	3.58±2.94	4.97±2.23	4.16±2.04	3.62±2.42	
kiwifruit	4.78±2.04	5.63±2.34	4.41±1.91 ^{ab}	5.51±2.38	5.54±2.21 ^a	4.91±2.11 ^a	
fig	4.15±2.31	6.09±2.16	5.45±2.47 ^{ab}	5.30±1.75	6.01±2.23 ^a	6.00±2.14 ^a	
pineapple	4.43±2.88	4.80±2.16	7.18±2.23 ^b	5.54±2.46	5.49±2.33 ^a	4.89±2.78 ^a	
papaya	4.97±3.25	5.93±2.71	6.71±3.28 ^a	4.84±3.16	6.69±2.58	6.73±2.66	
F-value	0.328	2.107	6.683**	0.337	3.285*	6.062**	

*p < 0.05, **p < 0.01.

a.b. : means with the same letter are not significantly different in a line.

SP:sensory properties.

**Fig. 4. The QDA profile of sensory evaluation of meat.**

과는 매우 유의적인 차이를 나타내고 있었다.

배의 경우에는 연육효과가 약간 있는 것으로 나타났으나, 이것은 배 자체의 단백질 분해효소의 활성이라기 보다는 당분의 영향에 기인하는 것으로 생각된다¹²⁾.

3. 관능검사

과일즙에 의한 연육효과를 관능검사를 통해 본 결과는 Table 4와 같다.

또한 육류의 특성 중 연도와 다즙성, 풍미, 맛, 향 그리고 수용도에 미치는 영향을 본 결과를 Fig. 4에 표시

하였다.

관능검사는 15 cm 직선의 비구획척도를 사용하여 직선의 양쪽에 용어의 한계를 표시하였으며 특성의 강도는 좌로부터 우로 이동하면서 증가시켰다. 질문지에 관능검사요원으로 하여금 관능검사 특성의 비교 강도를 가장 잘 반영하는 점에 수직으로 짧은 선을 긋도록 하여 2회 반복 시행한 결과로서, 과일에 따라 연도와 전체적인 기호도에 있어 p < 0.01에서 유의적인 차이가 관찰되었다. 즉 배와 파인애플 처리군, 배와 파파야 처리군 사이에 연도에 있어 유의적인 차이를 보였다. 한편 p < 0.05 수준에서는 배와 파파야 처리군간에 맛의 차이가 유의적으로 나타났다. 즉 연육효과가 있는 여러 과일 중에서 파인애플과 파파야는 육류의 연도와 맛에 영향이 있으며 이로써 기호도에도 영향을 알 수 있는데, 한편 papain을 많이 첨가할수록 off-flavor와 푸석푸석한 질감이 강해졌다고 한 Prusa는¹³⁾의 결과는 본 실험의 결과와 일치하는 않는 것을 알 수 있다.

한편 과일에 존재하는 단백질 분해효소가 육류의 연화에 미치는 영향을 관능검사 특성과 기계적 연도로 비교하여 이들이 갖는 상관성을 Table 5에 나타냈다.

즉 p < 0.01 수준에서 연도와 기호도는 r = .532으로 연도에 따라 기호도도 상승하는 상관성이었으며, 과일즙에 따른 연도특성은 r = .495이고 과일즙과 기계적 연도와의

Table 5. Pearson's correlation coefficient between mechanical tenderness, fruits juice and sensory properties

SPMT	OA	tenderness	MT	juiciness	fruits	appearance	taste
tenderness	.532**						
MT	-.245**	-.490**					
juiciness	.123	.419**	-.115				
Fruits	.351**	.495**	-.877**	.066			
appearance	-.347**	-.470**	.180*	-.068	-.145		
taste	.474**	.396**	-.364**	.208*	.429**	-.359**	
flavor	.366**	.351**	-.310**	.166	.352**	-.215*	.462**

*p < 0.05 **p < 0.01.

OA:overall acceptability, MT:mechanical tenderness, SP:sensory properties.

$r = -.877$ 로서 음의 상관성이 매우 높았다. 즉 전단력이 낮아지는 것은 연육소의 종류에 따라 크게 연관이 있음을 알 수 있다. 한편 외관과 연도는 $r = -.470$ 이었으며, 연도와 기호도는 $r = .532$ 로서 높은 상관성을 나타냈다.

$p < 0.05$ 수준에서 맛과 다즙성 사이에 $r = .208$ 로서 상관도는 낮으나 유의적으로 연관이 있음을 알 수 있다.

이 같은 결과를 볼 때 단백질 분해효소를 갖고 있는 과일즙이 단백질 연화에 미치는 효과는 매우 컸으며 이들을 이용한 육류조리법의 개발은 실무조리에서 레시피 표준화 작업 등에 필요한 연구과제라 사료된다.

IV. 요 약

육류연화를 위해 조리실무현장에서 자주 이용하는 과일인 배, 키위, 무화과, 파인애플, 파파야에 함유된 단백질 분해효소를 이용한 육류연화를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 양념장-물의 혼합비율이 2:1, pH가 5.0~5.5 부근의 산성일 때 최상의 연육 효과가 나타났다.

2. Rheometer를 이용하여 전단력 측정을 한 결과, pineapple > papaya > fig > kiwifruit > pear의 순으로 전단력 감소가 나타났으며, 이때 저작 5회째까지의 전단력 감소를 이용한 과일즙간의 연도에 미치는 영향을 비교한 결과, $p < 0.001$ 수준에서 파인애플, 파파야, 무화과는 배나 키위에 비해 유의적으로 연도에 더 큰 영향을 주는 것을 관찰할 수 있었다.

3. 과일즙 첨가를 하여 조리한 육류에 대해 관능검사를 한 결과, $p < 0.01$ 에서 연도와 전체적인 기호도에 있어 파인애플, 파파야 처리군과 배 처리군간에 유의적인 차이를 나타냈으며, $p < 0.05$ 에서는 배와 파파야가 맛에 있어 유의적인 차이를 보였다.

4. 과일즙에 따른 관능과 기계적인 연도간의 상관성을 보면, 과일즙에 따른 기계적 연도와외상관성은 $r = -.877$ 로 가장 큰 상관성을 보였고($p < 0.01$), 연도가 높아짐에 따라 기호도도 상승하는 상관성($r = .532$, $p < 0.01$)이 있었다. 또한 과일즙에 따라 관능적 연도는 $r = .495$ 의 상관성을 보였고, 기계적 연도와 관능적 연도간에는 $r = .490$ 으로 상관성이 있음을 알 수 있었다. 한편 $p < 0.05$ 수준에서 맛과 다즙성 사이에 $r = .208$ 로서 상관도는 낮으나 유의적인 차이를 나타냈다.

즉 단백질 분해효소를 갖고 있는 과일즙이 단백질 연화에 미치는 효과는 매우 크며 이들을 이용한 레시피 표

준화는 앞으로 필요한 연구과제라고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 오산대학 교내 학술연구조성비와 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 지원에 의해 수행된 연구결과 일부로써 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 1999년도 식육기술교육교재 : 축협중앙회, 1999
- Tsuji, R. F., Hamono, M., Koshiyama, I. and Fukushima, D. : Conditioning of meat with raw soysauce and its proteinases. Their effects on the quality of beef. *J. Food Sci.*, **52**(5): 1987
- Lynette M. Wenham and Ronald H. Locker: The Effect of Marinading on Beef. *J. Sci. Food. Agric.*: 1976
- 김준평, 서재신, 김정숙 : 무화과에서 Ficin의 분리 및 정제. *한국식품과학회지*, **18**: 1986
- Chunghee K. Kang and Eldon E. Rice: Degradation of various meat fractions by tenderizing enzymes, *J. Food Sci.*, **35**: 1970
- Tsutomu Yamaguchi, Yukiko Yamashita, Imao Takeda and Hisashi Kiso: Proteolytic Enzymes in Green Asparagus, Kiwi Fruit and Minut : Occurance and Partial Characterization, *Agric. Biol. Chem.*, **46**(8): 1982
- Tappel, A. L., Miyada, D. S., Sterling, C. and Maier, V. P. : Meat tenderization. II. Factors affecting the tenderization of beef by papain. *Food Research*, **31**: 1956
- 강인회 : 한국의 맛, 대한교과서 주식회사, 1994
- McWilliams, M. : "Foods, Experimental perspectives", Macmillan Publishing Co., N.Y., 1989
- Wenham, L. M., Griswold, R. M., and Bramblett, V. D. : Tenderizing effect of winevinegar marinade on beef round, *J. Am. Dietet. Assoc.*, **58**: 1971
- 신정균 : 쇠고기 결장조직의 경화에 미치는 수육경화제의 효과. 동덕여대 논문집, 1973
- 김현욱, 김광수, 김용곤, 이장형, 정숙근 : 식육의 연화에 관한 연구. 축산시험장 연구보고서, 1980
- Prusa, K. J., Chambers, E., IV, Bowers, J. A., Cunningham, F., and Dayton, A. D. : Thiamin content, texture, and sensory evaluation of postmortem injected chicken, *J. Food Sci.*, **46**: 1981

(2000년 7월 25일 접수)