KOREAN J. FOOD SCI. ANI. RESOUR.
Vol. 18. No. 1, pp. 19~26(1998)

무화과 단백질 분해효소의 식품에의 이용

기해진 · 황영선 · 김강화 · 홍윤호
전남대학교 식품영양학과

Application of Fig Protease to Foods

Hae-Jin Kee, Young-Sun Hwang, Kang-Hwa Kim and Youn-Ho Hong

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

In order to study the tenderizing effect of the proteolytic enzyme, ficin, from fig fruit(*Ficus carica* L.), the enzyme was purified from fig latex by precipitation and chromatography. The ficin separated from Bongraesi showed single band on SDS-PAGE. However, the ficin from Masui showed two bands. The specific activity of ficin purified from Bongraesi species was 2.8 unit /mg protein and that from Masui species was 6.5 unit /mg protein. The amounts of ficin purified from 50 mL of crude latex of Bongraesi and Masui were 1,760 mg and 657 mg, respectively. The water holding capacity of beef decreased to the large extent, when sugar, Bongraesi latex and Masui latex were added. The hardness of beef showed decreasing tendency with the time, however, after 60 min, it decreased and thereafter increased a little after 120 min. The hardness of beef decreased sharply with addition of the latex of Bongraesi and Masui. The Masui has more tenderizing effect than the Bongraesi. When meat was mixed with tenderizing agent(ficin) and not heated, the change of color showed significant difference ($p < 0.01$). When meat was mixed with tenderizing agent(ficin) and heated, the toughness showed significant difference($p < 0.01$) and the softness showed significant difference ($p < 0.001$).

Key words : ficin, separation, activity, beef tenderizing effect, sensory evaluation.

서 론

무화과는 이탈리아, 그리스 등 유럽 여러 나라가 원산지로서 우리 나라에서는 전라남도 영암군 삼호면 일대에서 주로 생산되고 있는데 그 생산량은 1995년도에 약 1,455톤에 이르고 있다[1]. 당분이 주성분인 무화과는 섬유질, 단백질, 무기성분 및 비타민을 함유하며 독특한 향기로 인하여 90% 이상의 생과가 식품으로 널리 이용되어 왔으며 1995년 말 현재 약 150톤의 무화과만이 잼 등의 식품으로 가공되어 왔다[2]. 전라남도에서는 무화과 잼을 우선 수출품목으로 지정하여 해외에 홍보하고 있는 바, 품질의 고급화 및 가공품목의 다양화가 필요하다. 현재까지 무화과에 관한 학계의 연구는 미진한 편인데, 김[3]이 한국산 무화과의 화학조성 및 저장성에 관하여 보고하였고, 김 등[4]이 무화과에서 ficin의 분리 및 정제에 대하여 연구, 보고하였으며 박과 박[5]은 무화과 잼을 이용한 연육효과에 관하여 발표하였다. 그러나 무화과에 존재하는 단백질 분해효소의 연육효과 및 이로 인한 텍스처의 변화 및 관능검사에 관한 유기적인 관계에 대해서는 체계적인 연구가 되어 있지 않다. 본 연구에서는 무화과의 이용성을 높이기 위하여 무화과 유액에서 효소를 분리, 정제하고 이의 활성을 측정한 후 연육효과를 알아보았으며 관능검사를 실시하였다.

Corresponding author : Youn-Ho Hong, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, 300, Yongbong-dong, Kwangju 500-757, Korea.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에서 사용한 무화과(*Ficus carica* L.)

는 전라남도 영암군 삼호면 일대에서 재배되고 있는 봉래시(Bongraesi)와 마스이(Masui) 품종으로 유액(latex)은 무화과 성장과정 중 줄기와 열매에서 채취하였으며 완숙된 열매는 수확후 −20℃에 보관하고 믹서(LG 믹서, M-1210)로 갈아서 시료로 하였다.

단백질 분해효소의 분리 및 정제용 시약중 cystein, 황산암모늄, $Na_2S_4O_6$, sodium dodecyl sulfate(SDS), acrylamide, Coomassie Brilliant Blue 등은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, U. S. A.)에서 구입하였고 기타 시약들은 화학실험용 특급시약을 구입하여 사용하였다.

연육시험용 쇠고기는 광주농협 식육판매점에서 한우 우둔육을 구입, 냉동저장하며 시료로 사용하였다. 관능검사용으로는 쇠고기를 두께 5mm가 되게 냉동육 절단기(Frozen meat slicer, HFS-300L, 한국후지공업사)로 잘라서 사용하였다.

양념은 불고기 양념(오뚜기 식품)을 구입하여 대조군과 7가지 처리군에 모두 일정한 양(2배로 희석한 양념:쇠고기=40:100, w/w)을 첨가하였다.

Ficin의 분리 및 정제

무화과 유액으로부터 ficin의 분리는 Williams와 Whitaker[6]의 방법을 일부 수정하여 실시하였다. 유액 50 mL을 27,225×g로 1시간 동안 원심분리하여 상등액에 20 mM 인산완충용액 50 mL를 가하고 50% 포화가 되도록 황산암모늄을 가한 후 3시간 방치한 다음 27,225×g에서 30분간 원심분리하여 침전물을 얻었다. 이 침전물에 20 mL의 인산완충용액을 가하여 녹이고 2ℓ의 20 mM Tris 완충용액(pH 7.6)에 대하여 3회 투석한 후 원심분리하여 상등액을 얻었다.

봉래시 종 시료의 경우 단백질 약 3.1g을 함유하는 상등액과 마스이 종의 경우 단백질 1.2g을 함유하는 상등액을 각각 미리 20 mM Tris 완충용액(pH 7.6)으로 평형시킨 DEAE-Sephacel 관(2.5×20cm)에 분당 1.2 mL의 유속으로 가하고 동일한 완충용액 140 mL로 세척한 다음, 0.0 M로부터 0.4 M까지 직선적인 NaCl 농도구배(총 540 mL)를 이용하여 단백질을 용출시켰다. 효소 활성을 나타내는 주된 분획을 모아 다시 황산암모늄을 가하여 단백질을 침전시킨 후, 이 침전물을 10 mM 인산완충용액(pH 7.0)에 녹인 다음 동일한 완충용액 2ℓ에 대하여 3회 투석하여 ficin 효소용액으로 사용하였다.

Ficin의 활성도 측정

분리, 정제된 ficin의 활성은 김 등[4]의 방법에 따라 측정하였다. 35℃로 예열한 0.1 M 인산완충용액(pH 7.0), 0.011 M cysteine, 0.011 M EDTA 및 1% casein으로 구성된 기질용액 300 μL에 효소용액 100 μL를 가하고 35℃에서 1시간 반응시킨 다음 5% TCA 용액 600 μL를 가하였다. 이것을 1시간 방치한 다음 27,225×g에서 10분간 원심분리하여 280 nm에서 상등액의 흡광도를 측정하였다. Blank는 효소용액 대신 인산완충용액 100 μL를 가한 것을 제외하고는 동일한 과정으로 조작하였다. Tyrosine 표준곡선으로부터 효소용액을 가한 시료와 blank의 흡광도에 해당하는 tyrosine량을 산출하여 1분간에 1 μM의 tyrosine 상당량의 물질이 생성되는 것을 1 unit라 하였다.

단백질의 정량

단백질의 정량은 Lowry 등[7]의 방법에 준하여 실시하였고 표준물질은 bovine serum albumin(BSA)을 표준물질로 하였다.

전기영동

Sodium dodecyl sulfate(SDS)-polyacrylamide gel electrophoresis(PAGE)는 Laemmli법[8]에 준하여 12.5%의 분리겔을 사용하여 실시하였다. 전기영동하는 동안 단백질 시료의 자가분해를 막기 위하여 ficin을 함유하는 시료에 1/10 부피의 100% TCA를 가하여 단백질을 침전시킨 후, 전기영동용 sample buffer에 녹여 100℃에서 3분간 가열한 다음 분리하였다.

보수력 측정

보수력 및 텍스쳐 측정시에는 쇠고기에 불고기 양념을 하지 않았고 대조군은 쇠고기만 사용하였으며 설탕 및 무화과 첨가시에는 5% 농도로, 무화과 유액, 정제된 효소 첨가시에는 0.5% 농도로 사용하였다. 쇠고기 5g을 정확히

칭량하고 위와 같은 농도로 첨가물을 넣어 잘 섞은 후 여과지(Whatman Co., Kent, England) 4번을 담은 petri dish에 넣고 20분, 60분, 120분 후에 여과지에 흡수된 수분의 양을 측정하여 다음 공식에 따라 보수력을 계산하였다.

보수력(%) = (순수한 쇠고기 중의 수분 함량 − 여과지에 흡수된 수분의 양) / (순수한 쇠고기 중의 수분 함량) × 100

텍스쳐 측정

시료의 경도(Hardness)는 대조군과 설탕, 무화과, 무화과 유액, 효소처리한 쇠고기의 연도를 기계적으로 비교하기 위해서 쇠고기를 2 × 5 × 15mm로 절단하여 rheometer(Sun Rheometer, Compac-100, Daego Co., Japan)로 측정하였다. 경도측정에는 Mode 20을 사용하였고 항목은 mastication으로 설정하여 쇠고기 결의 직각이 되도록 절단 adaptor를 사용하여 한번 절단하였고 각 시료당 5회 이상 반복 측정하여 평균값을 계산하였으며 경도 측정의 조건은 Table 속도; 50.00mm/분, 용지 속도; 100.00mm/분, 시료 높이; 2mm, 시료 길이; 15mm, Load cell; 1kg이었다.

관능검사

관능검사시에는 대조군과 각각의 처리군에 2배로 희석한 불고기 양념을 쇠고기 100g에 대해서 40g을 첨가하고 위의 경우와 같은 농도로 첨가물을 가하였다. 관능검사원은 전남대 식품영양학과 대학원생 11명을 대상으로 3회 반복하였다. 평가 전에 관능검사 특성치에 대해 충분히 교육하였으며 생고기는 손으로 만져보고 익힌 고기는 한 점씩 맛보며 평가하게 하였다. 쇠고기는 3 × 3 × 0.5cm(L × W × H)의 크기로 일정하게 썰어서 불고기 양념을 한 후 각각의 첨가물을 첨가하여 20분 후에 후라이팬(대우, KAF-900)에 온도 조절기 4에 맞추고 예열시킨 후 약 3분 정도 앞 뒤로 뒤집으면서 구웠고 생고기는 양념한 후 20분 재운 다음 삼출된 수분을 제거한 후 접시에 난수표를 붙인 곳에 각각의 고기를 놓았다. 익힌 고기는 보온을 위해 접시를 미리 데우고 고기는 일정한 보온상태인 보온밥통에 담아두고 동시에 제공하여 평가하게 하였다. 생고기의 평가는 고기의 색, 보수력, 연한 정도, 수분과 지방이 적당한 정도, 전체적인 느낌이었으며 질감을 알기 위해서 손으로 만져보고 평가하였다. 익힌 고기는 이 특성치 이외에 구수한 냄새와 구수한 맛, 거친 정도를 평가하게 하였고 고기 한 점씩 평가한 후 보리차 물로 입을 헹구고 다음 시료를 평가하였으며 묘사분석법으로 15cm 되는 선 위에 가장 적합한 부위에 수직으로 표시하게 하였다.

통계처리

관능검사의 통계처리는 SAS packages[9]를 이용하여 시료간 평균의 차이를 알아보기 위해 분산분석과 다중비교를 실시하였고 각각의 특성치의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson correlation을 검증하였다.

결과 및 고찰

Ficin의 분리 및 효소 활성

봉래시 무화과 유액 중의 단백질을 DEAE-

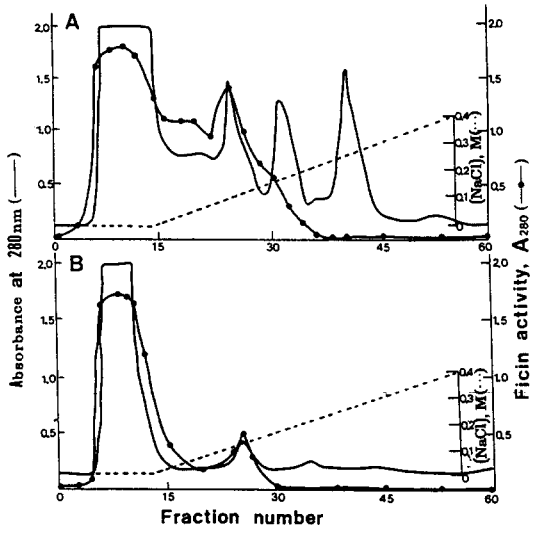

Fig. 1. DEAE-Sephacel chromatography of ficin from *Ficus carica* L.
Dialyzed ficin solution containing 3.1g of protein from Bongraesi(A) or 1.2g from Masui(B) was loaded onto a DEAE-Sephacel column(2.5 × 20cm). The column was washed with 140 mL of 20 mM Tris buffer(pH 7.6) and eluted with linear NaCl gradient(0~0.4 M) in a 540 mL of the buffer.

Sephacel로 분리한 크로마토그램은 Fig. 1A와 같았다. 거의 대부분의 단백질들이 DEAE-Sephacel에 결합되지 않고 나왔으며 일부의 단백질만이 NaCl 농도를 증가시켰을 때 용출되었다. 효소 활성은 DEAE-Sephacel에 결합되지 않고 나온 분획들과 NaCl 0.10 M 부위에서 용출된 단백질만이 활성을 나타내었다. 그러나 0.18 M과 0.25 M 부위에서 용출된 단백질은 활성을 나타내지 않았다. DEAE-Sephacel에 결합되지 않고 나온 분획 6번부터 15번까지(BⅠ)와 분획 23번부터 27번까지(BⅡ)로부터 얻은 단백질은 각각 1,680mg과 79mg이었으며 비활성도는 각각 2.8 unit/mg ficin과 1.4 unit/mg ficin이었다. 단백질 시료를 전기영동하였을 때, Fig. 2A에서 보는 바와 같이 봉래시 추출물과 BⅠ분획은 거의 한 단백질띠만이 있었다. 반면에 BⅡ분획의 경우 추출물에는 소량 존재하는 단백질띠가 나타났다(Fig. 2A, lane 3). 이들 BⅠ과 BⅡ분획의 비활성도의 커다란 차이는 이러한 단백질의 차이에 기인되는 것으로 사료된다. 추후 이들 두 단백질띠가 한 폴리펩타이드 사슬로부터 유래하는가 하는 점에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

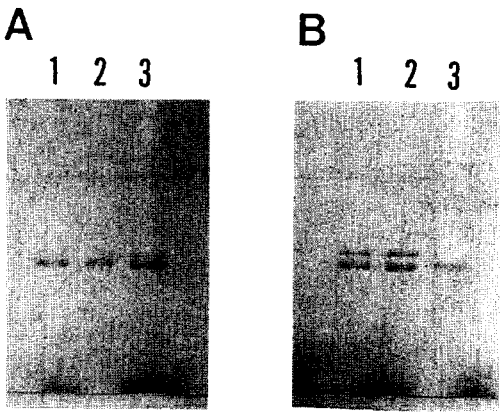

Fig. 2. Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis of ficin.
The ficin was precipitated by addition of trichloroacetic acid and dissolved in sample buffer. After heating the dissolved protein samples for 3min at 100℃ were subjected to SDS-PAGE(12.5%).
A : Bongraesi sample, lane 1; crude extract, lane 2; BⅠ, lane 3; BⅡ.
B : Masui sample, lane 1; crude extract, lane 2; MⅠ, lane 3; MⅡ.

마스이 종의 경우도 봉래시 종의 경우와 유사하게 DEAE-Sephacel에 결합하지 않고 나온 분획에 대부분의 단백질과 활성이 있었으며, 0.10 M 농도 부위에서 용출된 분획에도 활성이 있었다(Fig. 1B). 봉래시 시료의 경우는 0.15 M 이후에 용출되는 단백질은 매우 적었다. DEAE-Sephacel에 결합되지 않고 나온 분획 5번부터 13번까지(MⅠ)와 분획 24번부터 27번까지(MⅡ)로부터 얻은 단백질은 각각 650mg과 7mg이었으며 비활성도는 각각 6.5 unit/mg ficin과 2.2 unit/mg ficin이었다. 마스이 단백질 시료를 전기영동하였을 때, Fig. 2B에서 보는 바와 같이 조추출물과 MⅠ분획은 봉래시의 BⅡ분획 시료와 유사하게 두 개의 단백질띠가 있었으나 MⅡ분획의 경우 하나의 단백질띠만이 있었다(Fig. 2B, lane 3).

보수력

쇠고기의 보수력은 Table 1에 제시된 바와 같이 모든 시료의 경우에 20분 후에는 74.51~77.68% 그리고 120분 후에는 63.11~68.61%로 시간의 경과에 따라 감소하였는데 이것은 근육 단백질이 효소적 가수분해에 의해 펩타이드 또는 아미노산으로 분해됨에 따라 근육조직에 결합되거나 유리 상태로 존재하던 수분이 외부로 빠져나오는 감수현상(syneresis) 때문

Table 1. Changes of water-holding capacity in various treated beef during the fixed time

Treatment	Water-holding capacity(%)		
	20min	60min	120min
Control	77.68	71.29	68.61
Sugar(5%)	77.27	65.56	63.11
Fig, Bongraesi(5%)	76.65	69.24	65.89
Fig, Masui(5%)	76.58	67.11	63.80
Latex, Bongraesi (0.5%)	76.45	70.10	66.12
Latex, Masui(0.5%)	74.85	66.52	62.90
Purified ficin Bongraesi(0.5%)	74.51	66.11	64.46
Purified ficin Masui (0.5%)	75.64	67.96	64.46

인 것으로 사료된다. 설탕을 첨가한 경우에 삼투압의 증가로 인하여 보수력이 10% 이상 저하된 것으로 보인다. 과육 및 유액의 첨가시에는 마스이가 봉래시보다 보수력이 시간이 경과하더라도 더 많이 감소되었다. 그러나 마스이에서 정제된 효소를 첨가한 경우에는 봉래시에서 정제된 효소를 첨가한 경우보다 보수력이 60분까지는 다소 높았으나 120분 경과시 동일하게 감소되었다. 무화과 종류에 따른 쇠고기 보수력의 차이는 추출된 단백질의 양, 효소 비활성, 가수분해 속도 등의 상이함에 기인하는 것이 아닌가 생각된다.

텍스쳐

연육제를 첨가하지 않은 쇠고기(대조군) 및 설탕, 무화과(봉래시, 마스이), 무화과 유액(봉래시, 마스이) 그리고 정제한 효소(봉래시, 마스이)를 쇠고기에 첨가하였을 때의 상대적인 경도는 Table 2와 같다. 대조군을 20분 재운 후의 경도를 100%로 보았을때 설탕과 봉래시 과육 및 마스이 과육을 쇠고기에 5% 첨가한 군은 82.6~87.3%의 경도를 나타냈고 봉래시와 마스이 유액에서 정제한 ficin을 쇠고기에 5% 첨가하여 20분 재운 군은 98.5~103.0%의 경도로 연화되지 않다가 120분 후에는 42.7~55.6%로 대조군에 비해 약 절반 정도로 경도가 감소되었다. 특히, 봉래시와 마스이 유액을 쇠고기에 0.5% 첨가하고 20분 재웠을 때 상대적인 경도는 52.1~55.8%로 나타났고 봉래시 유액은 120분 경과 후에도 상대적인 경도는 큰 변화가 없었다. 설탕을 첨가한 군은 120분 경과 후에 경도가 낮아졌고 무화과육 첨가군은 60분 재운 후에 감소되다가 120분 후에는 덜 감소되었다. 무화과육, 유액, 정제한 ficin을 쇠고기에 첨가하여 시간에 따른 상대적인 경도를 비교한 결과, 봉래시 종보다 마스이 종이 경도가 더 낮아서 연화 효과가 있는 것으로 사료되었는데 이는 박과 박[5]의 결과와는 상이한 것으로 보인다. 또한 무화과육보다는 유액을 첨가한 경우에 연육 효과가 더 크게 나타났는바, 이는 박과 박[5]의 결과와 일치하였다.

Table 2. Changes of relative hardness(%) in various treated beef during the fixed time

	Relative hardness(%)		
	20min	60min	120min
Control	100.0	95.0	84.1
Sugar(5%)	87.3	87.4	66.4
Fig. Bongraesi(5%)	84.9	68.4	65.4
Fig. Masui(5%)	82.6	64.7	49.7
Latex, Bongraesi (0.5%)	52.1	50.1	47.9
Latex, Masui(0.5%)	55.8	39.1	32.3
Purified ficin, Bongraesi(0.5%)	103.0	87.1	55.6
Purified ficin, Masui(0.5%)	98.5	88.7	42.7

관능평가

Table 3과 같이 쇠고기에 연육제를 첨가하

Table 3. Sensory evaluation of variously seasoned and uncooked beef after fixing for 20min

Sample	Color	Juiceness	Hardness	Moistness / Greaseness	Overall feeling
Control	7.9 ± 2.8^{b}	8.1 ± 2.3	8.1 ± 3.0^{a}	8.2 ± 2.3^{ab}	8.2 ± 2.0
Sugar(5%)	7.1 ± 3.3^{b}	7.9 ± 2.6	7.4 ± 2.7^{ab}	7.8 ± 2.8^{ab}	7.5 ± 2.3
Fig, Bongraesi(5%)	7.9 ± 2.9^{b}	8.9 ± 3.1	8.2 ± 2.8^{a}	8.9 ± 2.2^{a}	7.8 ± 2.2
Fig, Masui(5%)	8.4 ± 3.1^{ab}	8.5 ± 2.8	8.5 ± 2.9^{a}	8.6 ± 2.2^{ab}	8.2 ± 2.3
Latex, Bongraesi(0.25%)	8.2 ± 3.2^{ab}	8.1 ± 2.9	7.3 ± 3.3^{ab}	7.3 ± 2.9^{b}	7.4 ± 2.8
Latex, Masui(0.25%)	7.5 ± 2.9^{b}	7.4 ± 2.6	6.5 ± 3.0^{b}	7.5 ± 3.0^{ab}	7.8 ± 2.6
Purified ficin Bongraesi(0.025%)	7.8 ± 3.1^{b}	8.4 ± 2.6	8.6 ± 2.8^{a}	8.3 ± 2.4^{ab}	7.8 ± 2.2
Purified ficin Masui(0.025%)	9.6 ± 2.4^{a}	8.1 ± 2.3	7.9 ± 2.9^{ab}	7.7 ± 2.3^{ab}	7.8 ± 2.2
F-value	2.11^{*}	0.90^{ns}	1.84^{ns}	1.84^{ns}	0.90^{ns}

$^{*}p < 0.05$

^{ns} : not significant

$^{a-b}$ means with same superscript letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Sensory evaluation of variously seasoned and cooled beef after fixing for 20min

Sample	Color	Juiciness	Aroma	Taste	Hardness	Toughness	Moistness / greaseness	Overall eating quality
Control	10.2 ± 2.8	6.3 ± 2.3^{b}	7.1 ± 2.2	7.0 ± 2.3^{b}	5.8 ± 2.3^{bc}	5.8 ± 2.5^{c}	5.8 ± 2.2^{b}	6.4 ± 2.7^{b}
Sugar(5%)	10.8 ± 2.2	7.8 ± 3.3^{ab}	7.9 ± 3.1	7.8 ± 2.7^{ab}	5.3 ± 3.2^{c}	6.3 ± 2.6^{bc}	6.4 ± 2.6^{ab}	6.9 ± 2.9^{ab}
Fig, Bongraesi(5%)	10.4 ± 2.8	7.9 ± 2.7^{a}	7.7 ± 2.3	7.4 ± 2.8^{ab}	7.1 ± 4.1^{ab}	7.6 ± 3.5^{ab}	7.1 ± 2.9^{ab}	7.8 ± 3.0^{ab}
Fig, Masui(5%)	9.9 ± 3.1	7.1 ± 2.8^{ab}	7.3 ± 2.0	7.4 ± 2.3^{ab}	5.8 ± 3.4^{bc}	6.4 ± 2.7^{bc}	6.4 ± 2.9^{ab}	6.9 ± 3.0^{ab}
Latex, Bongraesi(0.25%)	10.5 ± 2.1	7.8 ± 2.6^{a}	8.2 ± 2.6	7.3 ± 2.4^{a}	8.5 ± 3.2^{a}	7.8 ± 2.9^{a}	7.2 ± 2.7^{a}	8.2 ± 2.5^{a}
Latex, Masui(0.25%)	10.0 ± 2.6	7.1 ± 2.8^{ab}	7.2 ± 1.7	7.5 ± 1.9^{ab}	5.8 ± 2.7^{bc}	6.1 ± 2.5^{bc}	6.2 ± 2.5^{ab}	6.8 ± 2.5^{ab}
Purified ficin, Bongraesi(0.025%)	10.8 ± 2.2	8.0 ± 2.5^{a}	8.3 ± 1.5	8.3 ± 2.0^{ab}	8.7 ± 2.9^{a}	7.9 ± 2.2^{a}	7.3 ± 2.0^{a}	8.2 ± 2.4^{a}
Purified ficin, Masui(0.025%)	10.8 ± 2.5	7.5 ± 2.5^{ab}	7.7 ± 1.6	7.7 ± 2.0^{ab}	6.2 ± 2.7^{bc}	6.1 ± 2.5^{bc}	6.9 ± 2.3^{ab}	7.0 ± 2.4^{ab}
F-value	0.63^{ns}	1.44^{ns}	1.47^{ns}	1.49^{ns}	5.65***	3.24**	1.52^{ns}	2.05^{ns}

**$p < 0.01$, ***$p < 0.001$
ns: not significant
a-c Means with same superscript letter are not significantly different($p < 0.05$).

고 가열하지 않았을 때 색깔의 변화는 유의적인 차이($p < 0.05$)가 있는 것으로 나타났다. 이것은 생고기의 산화반응에 의해 적갈색으로 변화되었기 때문인 것으로 추정되었다. 그 외의 항목들은 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. Table 4는 쇠고기에 연육제를 첨가하고 가열한 경우 거침성과 경도에서 유의적인 차이(각각 $p < 0.01$과 $p < 0.001$)를 나타냈다. 이것은 무화과를 원료로 한 과육, 유액, 정제 효소 등을 첨가하여 익히면 고기가 연하게 됨을 의미한다. 이는 박과 박[5]이 무화과 conserve를 이용한 연구 결과에서 보고한 바와 같이 단백질 분해효소의 활성에 의하는 것으로 생각된다.

Table 5에 제시한 바와 같이 무화과 연육 효과가 있는 성분들을 각각 달리 첨가한 생고기의 관능검사 특성치의 상관관계를 살펴 보면, 보수력과 다른 특성치 간에 유의적 상관관계가 있음을 알 수 있었다. 불고기 양념한 쇠고기에 정제한 봉래시 효소와 마스이 효소를 0.025% 농도로 첨가한 후 가열하여 익힌 불고기들의 관능검사 특성치들의 Pearson 상관관계는 Table 6에 나타낸 바와 같다. 봉래시 유액에서 정제한 ficin을 쇠고기에 0.025% 첨가한 후 불고기 양념한 구운 제품의 보수력은 마스이 유액에서 정제한 ficin을 첨가한 군보다 모든 관능 평가 항목에서 대체적으로 상관성이 낮았다. 특히, 정제한 봉래시 ficin의 보수력은 연한 정도와 상관성이 없었지만 마스이의 경우는 $p < 0.01$수준에서 상관성이 있었고 품종에 상관없이 정제한 ficin 첨가군의 보수력은 색깔과는 상관성이 없었으나 구수한 냄새, 구수한 맛, 연한 정도, 거침성, 수분/지방 적정성 그리고 전체적인 맛과 유의적인 수준에서 상관성이 있었다. 정제한 ficin 마스이 첨가군의 연한 정도는 $p < 0.001$ 수준에서 거침성, 수분/지방 적정성, 전체적인 맛과 높은 상관관계를 보였고 정제한 ficin 봉래시는 위와 같은 관능 특성치와는 상관관계를 나타내지 않았다. 봉래시와 마스이에서 정제한 ficin을 첨가한 두 군의 전체적인 맛은 색깔을 제외하고는 보수력, 구수한 냄새, 연한 정도 등 모든 관능 특성치와 상관성이 있음을 보여주었다. 박 등[10]도 품종별 쇠고기의 풍미 특성과 기호성 비교 연구에서 고기의 연도와 다즙성 및 보수력과는 유의

Table 5. Pearson correlation of various attribute in seasoned and uncooked beef with ficin Bongraesi(0.025%) and Masui(0.025%)

	Color		WHC		Tenderness		Moistness /greaseness		Overall-feeling	
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
Color	–	–	0.259	0.480**	−0.111	0.023	0.109	0.174	0.408*	0.477**
WHC			–	–	−0.137	0.269	0.806***	0.546***	0.723***	0.573***
Tenderness					–	–	−0.069	0.644***	−0.123	0.407*
Moistness /greaseness							–	–	0.568***	0.751***
Overall-feeling									–	–

B: Bongraesi, M: Masui
* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

Table 6. Pearson correlation of various attribute in seasoned and cooked beef with ficin Bongraesi(0.025%) and Masui(0.025%)

					Palatable								Moistness /		Overall eating	
	Color		WHC		Aroma		Taste		Tenderness		Roughness		greaseness		quality	
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
Color	–	–	−0.147	0.065	−0.035	−0.083	−0.008	0.170	−0.182	−0.024	−0.296	−0.050	−0.026	−0.017	−0.135	0.058
WHC			–	–	0.394*	0.674***	0.478**	0.699***	0.147	0.455**	0.347*	0.465**	0.477**	0.491**	0.445**	0.532**
Palatable aroma					–	–	0.707***	0.704***	0.183	0.372*	0.387*	0.496**	0.430*	0.396*	0.509**	0.456**
Palatable taste							–	–	0.080	0.584***	0.548***	0.616***	0.660***	0.582***	0.825***	0.722***
Tenderness									–	–	0.088	0.826***	0.173	0.774***	0.243	0.802***
Roughness											–	–	0.742***	0.752***	0.794***	0.791***
Moistness /greaseness													–	–	0.771***	0.767***
Overall-eating quality															–	–

B: Bongraesi, M: Masui
* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

적인 상관관계가 있었음을 보고하였다.

요 약

본 연구에서는 전라남도 영암군 삼호면 일대에서 생산되고 무화과 봉래시 및 마스이 종에 존재하는 단백질 분해효소인 ficin을 분리, 정제하고 식품에 처리하여 연육 효과의 정도를 관찰하였다. Ficin은 무화과 유액으로부터 침전 및 크로마토그래피법을 이용하여 분리, 정제하였는데 효소의 비활성도는 봉래시 종의 경우 2.8 unit /mg ficin이었고 마스이 종의 경우 6.5 unit /mg ficin이었다. 무화과 유액 50 mL 중 단백질의 양은 봉래시 종의 경우 1,760mg 이었으며, 마스이 종의 경우 657mg이었다.

전기영동 결과 봉래시 종의 경우 추출물과 BⅠ분획에서는 1개의 단백질띠가 나타났고 BⅡ분획에서는 2개의 단백질띠가 나타났다. 한편, 마스이 종의 경우 조추출물과 MⅠ분획에서는 2개의 단백질띠가 나타났으며 MⅡ분획에서는 1개의 단백질띠가 나타났다. 쇠고기의 보수력은 설탕, 마스이 유액, 마스이 무화과육을 첨가한 경우에 크게 저하되었다. 쇠고기의 경도는 시간의 경과에 따라 감소하는 경향이었으나 봉래시 과육을 첨가한 경우 쇠고기의 경도는 60분 경과시 감소된 후 120분 경과시 다소 증가하였으며, 봉래시와 마스이 유액을 첨가한 경우에는 초기 20분 이내에 경도가 대조군의 약 절반으로 감소되어 강한 연육 효과를 보였으며 전반적으로 봉래시보다 마스이가 더 큰 연육 효과를 나타냈다. 쇠고기에 연육제를 첨가하면 가열하지 않은 경우, 색깔의 변화에 유의적인 차이($p < 0.01$)가 있는 것으로 나타났다. 쇠고기에 연육제를 첨가하고 가열한 경우, 거침성은 유의적인 차이($p < 0.01$)를 보였고, 부드러움성도 유의적인 차이($p < 0.001$)를 나타냈다.

감사의 글

이 논문은 1996년도 서남권 식품가공연구 및 기술지원센터(한국과학재단 연진 2133-2635) 연구과제 연구비와 전남 영암군 삼호면 무화과 특품 사업단의 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 농림수산부 : 농업통계(1996).
2. 농촌진흥청 : 식품성분표. 제5개정판(1996).
3. 김길환 : 한국산 무화과의 화학조성 및 저장성에 관하여. 한국식품과학회지, **13**, 165 (1981).
4. 김준평, 서재신, 김정숙 : 무화과에서 Ficin의 분리 및 정제. 한국식품과학회지, **18**, 270(1986).
5. 박복희, 박원기 : 연육용 무화과 잼 개발 연구－쇠고기 연화용 무화과 콘서브 개발 연구. 한국영양식량학회지, **23**, 1027(1994).
6. Williams, D. C. and Whitaker, J. R. : Multiple molecular forms of *Ficus glabrata* ficin. *Plant Physiol.*, **44**, 1574(1969).
7. Lowry, O. H., Rosebrough, J., Farr, A. L. and Randall, J. : Protein measurements with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 1193, 265(1951).
8. Laemmli, U. K. : Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage. *Nature*, **227**, 680 (1970).
9. SAS^R User's Guide: Statistics. Version 5th ed., SAS Inst. Inc., Cary, NC(1985).
10. 박형일, 이무하, 정명섭 : 품종별 쇠고기의 풍미 특성과 기호성 비교. 한국식품과학회지, 26(5), 500(1994).

(1998년 2월 27일 접수)