KOREAN J. FOOD COOKERY SCI.
Vol. 26, No. 3, pp. 323 ~329 (2010)

과실유래 단백질 조효소액과 과육의 근원섬유 분해 효과에 관한 연구

김미현 · 노정해† · 김미정[1]
한국식품연구원, [1]배화여자대학 전통조리과

Proteolytic Effect of Fruit Flesh and Crude Enzyme Extract from Fruits on Myofibrilar Protein

Mi Hyun Kim, Jeonghae Rho† and Mee-Jeong Kim[1]
Korea Food Research Institute, [1]Department of traditional cuisine, Baewha Women's University

Abstract

Studies on the tenderizing effect of fruits has been limited even though fig, kiwifruit, pear, and pineapple cultivated in Korea are utilized commonly during cooking for their proteolytic properties. Therefore, the characteristics of these fruits were investigated by treating beef with their crude protease extracts. The protease effects of crude protease extract from the fruits on casein and myofibrilar protein were in the following order : pineapple > kiwifruit > fig > pear. Electrophoretic analysis results found that pineapple, kiwifruit, and fig cleaved myosin heavy chain into smaller fragments. The myofibrilar fragmentation ratio of crude protease extracts was the highest for pineapple whileas the lowest for pear. Ground fruits (5% and 10%) increased amounts of soluble nitrogen and decreased shear force of beef. Pineapple was the most effective while pear was the least effective. Decrease in springiness and gumminess was observed by texture profile analysis of beef treated with fruits, especially pineapple and kiwifruit. Among the 5% treatments, pineapple and kiwifruit produced the highest tenderness. Additionally, 10% treatment was less preferable than the 5% treatment.

Key words: domestic fruits, crude protease, myofibrilar protein, fruits

I. 서 론

육류의 품질은 질감 특히 연도(tenderness)에 달려있어 예로부터 고기를 부드럽게 하려는 노력이 기울여져 왔고 단백질 가수분해효소를 이용하여 고기를 연화시키는 방법이 사용되어졌다. 특히 식물성 protease 중 papain, chymopapain, bromelain 등에 관한 연구는 오래 전부터 행해져 왔으며 이들은 연육작용 뿐 아니라 소화제, 소염제 또는 혼탁방지제 등 식품공업용 혹은 의약용으로 널리 이용되고 있는 것도 있다(Liener IE와 Whitaker JR 1974, Caygill JC 1979). Yamaguchi 등(1982)은 18종의 과실과 45종의 채소의 착즙액을 사용하여 protease활성을 실험한 결과 이미 protease가 함유되어 있다고 알려진 papain, pineapple, 무화과, 생강 외에도 asparagus, kiwi, mint, prince, melon 등에도 강한 protease가 함유되어 있다고 보고하였다.

†Corresponding author: Jeonghae Rho, Korea Food Research Institute
Tel: 031-780-9060
Fax: 031-709-9876
E-mail: drno@kfri.re.kr

그러나 이러한 protease가 단백분해 작용은 하고 있지만 고기의 tenderness에 직접적인 관련을 갖고 있는 근원섬유단백질에 대해서 선택성이 매우 낮은 것으로 보고된 경우도 있다(Kang CK와 Rice EE 1970). 여러 가지 식물성 단백질분해효소를 고기에 처리하였을 때 papain의 처리가 가장 효과적이었다고 보고되어 있고 이러한 일련의 연구결과를 통하여 papain처리에 의한 고기연화는 실용화되어 있다(Youn JE와 Yang R 1974). 육류의 연화는 근섬유단백질과 연결조직단백질인 collagen의 물리생화학적 구조와 특성에 관련된 것으로 육류의 표면에 있는 근형질막이 파괴되고 actomyosin을 가수 분해시켜 근원섬유로 나누어지게 하며 연결조직의 섬유상 단백질에도 작용하여 collagen이나 elastin을 분해시킬 때 비로소 완전한 근육분해가 일어나는 것이다. Papain과 같은 효소를 근육조직에 작용시켜 조리하였을 때 많은 양의 유리아미노산이 생기고 전단력가(shear value)를 감소하는 것으로 보고되어 있으나 이들 분해효소는 collagenous fiber와 elastic fiber에 관해서는 소화 작용이 약하다고 보고된 것도 있으며 또한 고농도 사용 시 사용 부위에 mushy spot이 생기는 등의 단점이 발견되었다.

실용되고 있는 연육제는 등은 주로 스테이크용 등에 쓰이는 것으로 우리나라 실정과 비교해 보았을 때 연육효과도 중요하지만 오히려 연육제의 균일한 침투 등이 고려되어야 할 요인이다. 우리나라에서도 연육작용을 갖는 많은 농산물들이 생산되고 있으나 그 산업적 이용이 거의 없는 상태로서 가정에서 요리 시 과육 자체를 요리에 넣는 등으로 사용되지만 과육이 주는 향과 맛이 육류요리와 어울리지 않는 경우도 많다. 국내산으로서 연육효과를 갖는 과실로는 키위나 무화과, 배, 파인애플 등이 있으나 (Bai YH와 Rho JH 2000a, Rho JH 등 2002, Kim EM 등 2003) 이들의 조리 중 연육효과에 대해서는 체계적인 연구가 되어 있지 않고 효과적인 추출방법과 효소작용조절 등 산업적인 면에서의 이론과 기술이 부족한 상태이다.

지금까지 국내에서의 protease 및 연육에 관한 보고로는 Yoon JE의 파파야 연구(1977), Park KH 등(1979)의 국내산 파파야 연구, Kim BJ(1989)와 Yoon S 등(1991)의 뉴질랜드산 키위 연구, Suh HJ 등(1992)과 Choi C 등(1992) 등의 국내산 pineapple연구, Kim JP 등(1986), Kim JS와 Kim JP(1987), Park BH와 Park WK(1994)의 국내산 무화과 연구, Chung BS와 Lee YH(1987)의 향신료 연구, Moon JH 등(1991)의 마늘, Shin MH 등(1994)의 배, Suh HJ 등(1998)의 채소, Lee JH와 Park YH(2002), Cho HY(2004)의 능이버섯 등이 있다. 그러나 이러한 연구들이 정제된 효소에 의한 실험실적 방법이고 기질 특히 근원섬유 단백질에 대한 선택성 연구가 뚜렷하지 않으며 protease 처리 후 문제가 되는 지나친 연화에 의한 texture 기호성에 변화에 대한 연구가 결여되어 있다. 그러므로 이러한 연구들이 체계적으로 이루어져야만 이들을 연육제로 실질적으로 사용하는 데 있어서 도움이 될 것이다.

이에 이 연구에서는 국내산 키위, 무화과, 파인애플, 배에서 조효소액을 추출하여 단백분해효과를 조사하고 이들을 근원섬유에 적용시켜 연육효과를 입증하고자 하였다. 또한 이 과실을 고기에 직접 사용하여 연육효과 관찰과 관능검사를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

주재료는 국내산 과실을 이용하였다. 과실은 무화과(마스이도후인 품종, 전남 영암), 배(신고 품종, 경기도 안성산), 키위(전남 해남), 파인애플(제주도)를 구입하여 냉동보관(-45℃)하여 사용하였다. 소고기의 우둔은 가락시장 내 축산물시장에서 도축 후 약 2~3일 경과한 한우육을 구입하여 실험에 사용하였다.

2. 과실의 단백질 분해 조효소액의 추출

시료의 가식부분을 blender(K555, KitchenAid, NY USA)로 갈아 2배의 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0), 5 mM cysteine, 2 mM EDTA를 가하여 믹서(FM-707F, Hanil, Korea)로 균질화한 후 cheesecloth로 여과하였다. 여과한 액을 5,500 rpm에서 20분간 원심분리(SORVALL RC-6, SORVALL Co Ltd., Germany)한 후 상징액을 추출하여 조효소액으로 사용하였다.

3. 단백분해활성 측정

Hammastein casein을 0.1 M Sodium phosphate buffer (pH 7.0), 5 mM Cysteine, 2 mM EDTA에 1% 농도가 되도록 용해하여 90℃에서 15분간 열처리 후 냉각시켜 기질용액으로 하고 사용할 때에는 37℃ water bath(JSWB-IIT, JS Research Inc, Gongju, Korea)에서 가온하여 사용하였다. 시험관에 1% casein기질 1 mL에 효소액 2 mL를 가하고 40℃에서 20분간 반응시킨 다음 5% TCA용액 3 mL를 넣고 실온에서 30분 방치하여 Whatman No. 40(Madstone, UK)여과지로 여과시킨 후 여액을 280 nm에서 흡광도(Atomic absorption spectrophotometer, UVIDEC-610, Jasco, Tokyo, Japan)를 측정하였다(Bai YH와 Rho JH 2000b).

4. 근원섬유 조제

근원섬유를 만들기 위해 소고기의 우둔 부위 30 g을 채취하고 그 중량의 5배량의 pyrophosphate relaxing buffer(PRB : 0.1 M KCl, 2 mM $MgCl_2$, 2 mM EGTA, 1 mM DTT, 2 mM $Na_4P_2O_7$, 0.01 M Tris-maleate buffer/pH 6.8-NaOH)을 가하였고 그 후 5,000 rpm에서 1분간 homogenize(T25, Janke & Kunkel IKA-laboratechnik, Germany)를 하고, 1,000×g에서 10분 동안 원심 분리하여 침전물을 채취, 5배량의 pyrophosphate relaxing buffer용액으로 현탁하였다.

Table 1. Conditions for electrophoresis of myofibrilar protein treated with crude protease extract from fig, pear, kiwifruit and pineapple

Items	Condition
Seperation method	Phast Gel(R) gradient 8 - 25 1. 500 V 10 mA 3 W 15C 1Vh 2. 500 V 1 mA 3 W 15C 1Vh 3. 500 V 10 mA 3 W 15C 158Vh
Staining method	1. Fix 4 min 2. Stain 8 min 3. Destain 23 min 4. Preservation 5 min
Staining solution	0.2% Phast Gel Blue R Soln
Destaining solution	30% Methanol : 10% Acetic acid : DW = 3 : 1 : 6

5. 전기영동

추출된 효소액을 자동전기영동장치인 Phastsystem(Pharmacia, Biotech, Sweden)을 이용하여 Table 1에 제시된 조건으로 분석하였다(Laemmli UK 1970).

6. 소편화율

시료를 근원섬유 조제와 같은 방법으로 준비하여 5배량의 relaxing buffer 용액으로 현탁하고 이 과정을 3회 반복하여 마지막에는 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0)로 적당히 희석하여 위상차 현미경으로 관찰하였다. 이때 소편화율은 근원섬유 500개 중 1～4개의 근절로 구성되는 근원섬유 소편이 차지하는 비율을 계산하였다(Jung IC 1997).

7. 가용성 질소 측정

소고기에 과육을 첨가함에 따른 가용성 질소량을 측정하기 위해 소고기를 일정한 크기로 자른 후 갈은 과육 5% 처리구에서는 소고기 100 g에 과육 5 g과 물 45 g을 첨가하였고 과육 10% 처리구에서는 소고기 100 g에 과육 10 g, 물 40 g을 첨가하여 실시하였다. 5%, 10% 농도로 처리함으로서 과육농도에 대한 효과를 비교하였으며, 이때 침지액은 소고기 중량의 50%가 되게 하여 약 15℃에서 15시간 침지하였고 이 침지액을 Whatman No. 2로 여과하고 여액을 2 g 채취하여, micro Kjeldahl법으로 분석하여 침지액으로 빠져나온 단백질 함량으로 가용성 질소를 측정하였다.

8. 전단력 측정

과실의 protease에 의한 육의 연화를 관찰하고자 소고기 시료는 약 2 cm의 두께로 자른 후 갈은 과육 5%, 10% 증류수와 함께 10℃에서 12시간 동안 절여두었다. 과실에 절인 소고기는 표면에 남아 있는 과육을 제거하기 위하여 소량의 증류수로 표면을 씻은 후 100℃ autoclave(MG-6845, Mega science, Seoul, Korea)에서 10분간 가열하였고 근섬유 방향이 장축이 되도록 0.6 cm × 0.6 cm × 2 cm의 고기표본을 취하여 Rheometer(Sun scientific Co., LTD, CR-200 D)를 이용해 전단력가를 측정하였다(Jung IC 1997).

9. 조직감

소고기에 갈은 과육을 5%, 10% 첨가한 시료를 15℃에서 15시간 침지한 후 알미늄 호일로 싸서 100℃에서 10분간 가열하였다. 가열된 시료는 일정한 두께로 절단한 후 Texture analyzer(Stable micro system Ltd., UK)를 사용하여 TPA(Texture profile analysis) test를 실시하였다(Table 2).

Table 2. Conditions for TPA of cooked beef treated with fig, pear, kiwifruit and pineapple

Test speed	1.0 mm/s
Pre test speed	5.0 mm/s
Post test speed	10 mm/s
Sample area	506 mm
Probe diameter	25.4 mm
Distance	50%
Time	2.0 s

10. 관능검사

과실 첨가에 의한 고기의 연화를 살펴보기 위해 갈은 과육을 5%, 10% 첨가한 시료를 15℃에서 15시간 침지한 후 알미늄 호일로 싸서 100℃에서 10분간 가열하여 폭 1 cm, 길이 2 cm, 두께 1 cm로 썰어 관능검사를 실시하였다. 관능검사는 고기의 연도와 기호도에 대해 실시되었으며 9단계 평점법으로 평가하였다. 이때 패널은 예비훈련을 거친 20～30대 일반인 남녀 각 10명과 15명으로 구성하였으며, 시료의 번호에 선입견을 없애기 위해 세 자리 숫자의 난수표 번호 방식을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 근원섬유 단백질 분해

국내산 무화과, 키위, 배, 파인애플에서 조효소액을 추출한 후 카제인과 근원섬유에 대한 단백분해 능력을 측정하였다. 근원섬유와 카제인에 관한 각각의 분해 능력은 파인애플 > 키위 > 무화과 > 배의 순서로 동일하게 나타나 카제인에 대해 분해 능력이 있는 것들이 근원섬유에도 분해시킬 수 있음을 보여주었으나 무화과의 경우 상대적으로 근원섬유에 대한 분해능도 뛰어나 연육효과가 우수할 수 있음을 보여주었다(Fig. 1). Bai YH와 Rho JH의 연구(2000a)에 따르면 카제인을 기질로 하였을 때, 배, 무화과, 파인애플은 60℃에서 최대 활성을 보이고 키위는 40℃에서 최대 활성을 나타낸다고 하였으므로 이러한 단백질 분해 능력의 비교는 측정온도에 따라 달라질 수 있을 것이다. 한편, 배, 키위, 무화가, 파인애플, 파파야에 존재하는 단백질 분해효소의 카제인에 대한 열 안정성은 0～50℃ 범위라고 하였고 이 실험은 37℃에서 수행되어 효소의 열안정성 범위 내에서 측정된 것이다.

근원섬유 단백질에 casein에 대한 효소활성 300～2,000 ug/mL을 갖는 조효소액을 처리한 후 전기 영동한 결과는 Fig. 2와 같다. 무화과의 경우 조효소액을 처리하지 않은 근원섬유 단백질은 212,000 D의 myosin heavy chain 단일 band가 보이나 300～2,000 ug/mL까지 조효소액의 농도를 증가시켜 처리할수록 myosin heavy chain이 170,000 D 이하로 붕괴됨을 볼 수 있었다. 무화과의 경우 myosin heavy chain의 붕괴현상이 1,000 ug/mL 농도부터 급격히

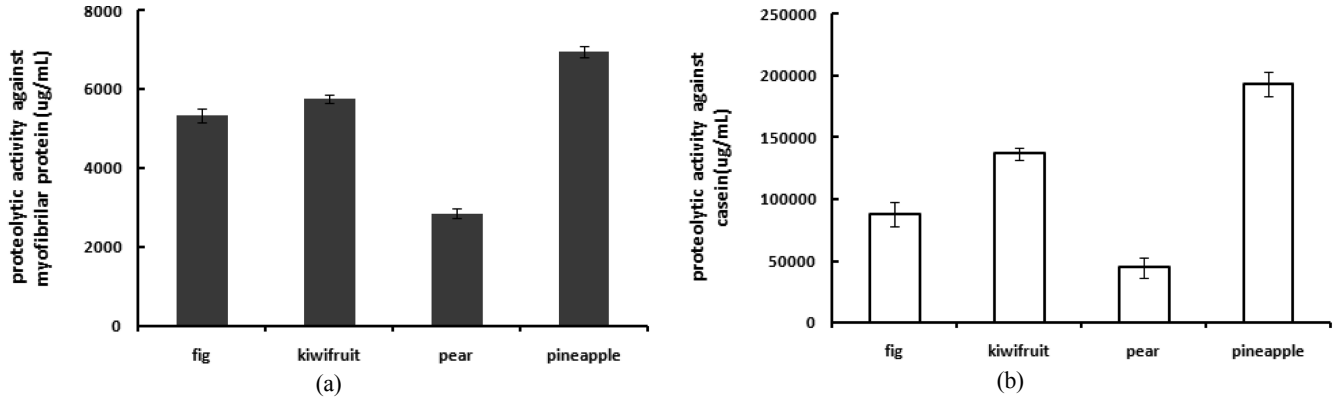

Fig. 1. Protelytic activity of crude enzyme extract from fig, kiwifruit, pear and pineapple against myofibrilar protein and casein.

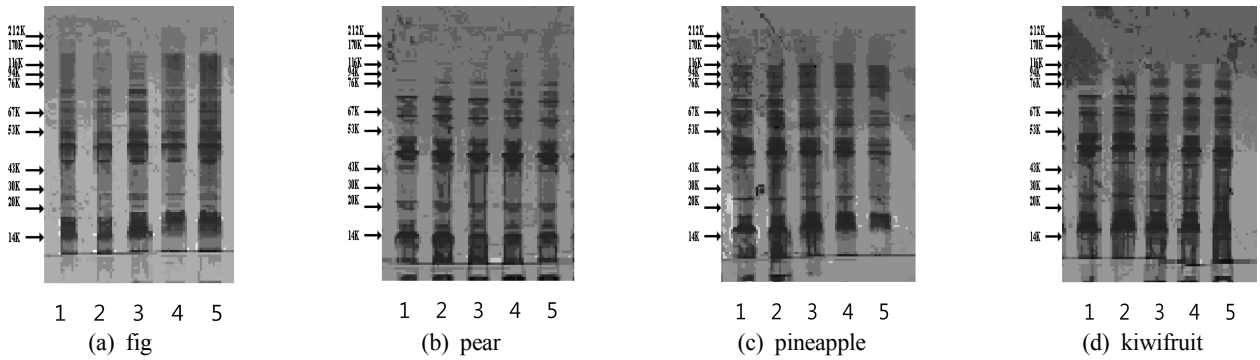

Fig. 2. Degradation of myofibrilar protein by crude protease extract from fig, pear, pineapple and kiwifruit observed by electrophoresis.
1=myofibrilar protein, 2=myofibrilar protein+300 ug/mL crude protease extract, 4=myofibrilar protein+500 ug/mL crude protease extract, 5=myofibrilar protein+1,000 ug/mL crude protease extract.

증가하며 그와 함께 100,000 D의 α-actinin 밴드가 1500～2000 ug/mL의 조효소액 농도에서는 관찰되지 않았다. 그러나 배 조효소액의 경우에는 myosin heavy chain의 붕괴현상은 관찰되지 않아 α-actinin 밴드가 2,000 ug/mL의 높은 농도의 배 조효소액 처리구에서도 나타났다. 파인애플에서 추출한 조효소액을 처리한 시험구에서는 myosin heavy chain의 변화는 관찰되었으며 대조구에서는 없었던 밴드로 troponin으로 추정되는 23,000～30,000 D 사이에 새로운 밴드를 보였다. 키위의 경우 파인애플, 무화과와 같이 band상에 myosin heavy chain의 붕괴는 적었으나 파인애플에서와 같이 23,000～30,000 D 사이의 새로운 밴드의 출현과 대조구에서는 보이지 않던 10,000～20,000 D 사이에 새로운 밴드를 볼 수 있었다. 이는 myosin heavy chain에 actinidin이 작용함으로서 저분자량의 생성물이 생긴 것으로 보여진다. Kim EM 등(2003)는 키위의 단백분해효과가 배와 비슷하며 파인애플 단백질 분해효소의 과잉분해는 배 단백질 분해효소와의 혼합이용을 통해 개선될 수 있음을 지적하였고 이는 이번 실험 결과와는 상이한 것으로, 이번 실험에 사용된 키위는 국내산으로 위의 시료와 차이를 나타내는 것으로 여겨진다.

2. 소편화율

Fig. 3은 casein에 대한 300 ug/mL의 역가를 갖는 과일별 조효소액을 처리한 후 소편화율을 관찰한 결과이다. 과일별로는 파인애플 조효소액에서 64.0%로 가장 높게 나타났고, 배가 50.7%로 가장 낮게 나타났으나 대조구의 38.5%보다는 높게 나타났다. 한편 소편화율의 순위

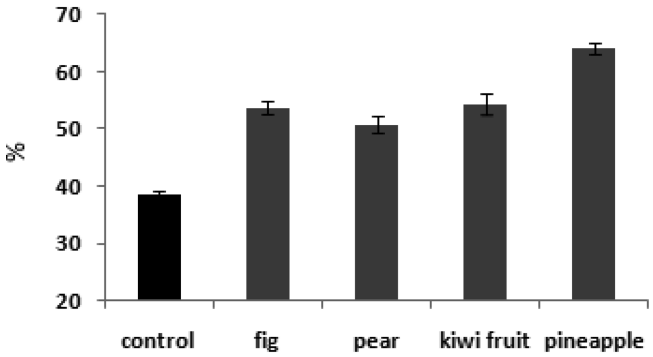

Fig. 3. Myofibrilar fragmentation ratio of beef treated by crude protease extracts from fig, pear, kiwifruit and pineapple (myofibrilar protein 1 mg/mL treated by crude protease extract 300 ug/mL).

는 파인애플 > 키위 > 무화과 > 배로서 근원섬유 단백질 분해 활성의 순서와 같았다. 조효소액이 단백분해 작용이 있다 할지라도 육류단백질을 자르는 효과가 반드시 육류의 연화를 의미하지 않는다. 육류단백질의 분해로 인하여 조직은 여전히 질기나 조직사이에 있는 단백질만 분해되는 경우도 있기 때문이다. 따라서 조효소액의 연육작용을 통한 단백분해 효과를 확인하고자 연육작용 측정에 가장 적합하다고 알려진 소편화율을 측정하였다(Culler RD 등 1978). 소편화율은 육류단백질의 분해를 이해하는데 매우 유용한 방법이나 아직까지는 과실의 효소를 이용한 소편화율 비교 연구가 이루어지지 않아 왔다.

3. 과육의 연육효과

소고기에 갈은 과육을 5% 및 10%로 처리하였을 때 침지액의 가용성 질소량을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 과실을 첨가하지 않은 대조구의 가용성 질소량은 0.8% 이었으나 과육 5% 및 10% 처리구 모두에서 대조구보다 높은 가용성 질소량을 나타내었다. 과실별로는 파인애플이 5% 및 10% 처리구가 각각 2.2%, 3.2%로 가장 높았고, 배는 각각 1%, 1.1%로 과실들 중 가장 낮았다. 무화과의 경우 5% 처리구에서 1.3%였으나 10% 처리구에서는 가용성 질소량이 2.4%로 매우 높게 나타났다.

과실을 갈아 소고기에 처리한 후 가열하여 전단력을 측정하였다. 전단력가는 쇠고기를 기계적으로 절단하였을 때에 소비되는 힘의 크기로서 전단력가가 낮은 것은 육이 연화되었다고 예상할 수 있다. 본 실험에서 전단력의 경우 Fig. 4에서와 같이 배 > 무화과 > 키위 > 파인애플의 순서로 파인애플이 연육에 가장 효과적인 것으로 나타났으며, 배는 효과가 적은 것으로 나타났다. 효소를 근육조직에 작용시켜 조리하였을 때 많은 양의 유리아미노산이 생기고 전단력가(shear value)를 감소하는 것으로 보고되어 있으며, 식물성 단백질분해효소를 고기에 처리하였을 때 식물성 단백질의 분해효소의 종류에 따른 효과의 차이가 있는 것으로 나타났다(Youn JE와 Yang R 1974). 또한 Bai YH와 Rho JH(2000b)의 연구에서는 과실을 5% 처리하였을 때보다 10% 처리하였을 때 전단력이 더 낮아지는 것을 볼 수 있어 연육작용이 과실처리 농도에 관련됨을 보고하였고, 20회 저작을 통한 전단력 감소 연구에서는 파인애플이 가장 효과적이며 뒤이어 파파야, 무화과, 키위, 배의 순서라고 보고하여 이번 연구와 일치하는 것으로 나타났으며, 무화과와 키위에서만 약간 다른 것으로 나타났다.

위의 결과를 통하여, 국내산 과실 조효소액의 연육작용에 관련된 효과를 비교하면 카제인 분해활성, 근원섬유단백질 분해활성, 소편화율, 전단력 감소 효과에서 모두 파인애플 > 키위 > 무화과 > 배의 순서로 나타났으며, 가용성 질소 생성에서만 파인애플 > 무화과 > 키위 > 배의 순서로 나타났다. 가용성 질소의 생성은 근원섬유 단백질에서 뿐만 아니라 다른 구상단백질(globular proteins)에 인해서도 생성될 수 있으므로, 가용성 질소의 생성보다는 소편화율의 측정이 전단력의 감소에 좀더 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨진다.

소고기에 갈은 과실을 넣고 숙성하여 가열한 후 텍스쳐를 측정하였다. 고기의 연함을 가장 적절히 나타내는 parameter는 일반적으로 springiness와 gumminess라고 알려져 있다. 즉, springiness와 gumminess가 낮아지는 것은 고기가 연화가 되었음을 상대적으로 나타내는 것이며, 파인애플에서 springiness와 gumminess이 가장 낮게 나타났으며, gumminess 감소의 경우 키위도 상당히 효과적인 것으로 나타났다. Springiness의 감소, gumminess의 감소, cohesiveness의 감소, hardness의 감소 모두가 연화를 직접 또는 간접적으로 나타내므로, 이 모든 과실은 연육에 효과적인 것으로 나타났으며 파인애플의 효과가 가장 높고 배가 가장 낮은 것으로 공통적으로 나타났으며 키위와 무화과의 경우 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 과실 10%를 첨가한 경우 5%를 처리한 경우보다 연육효과가 증대되는 것으로 보여졌다.

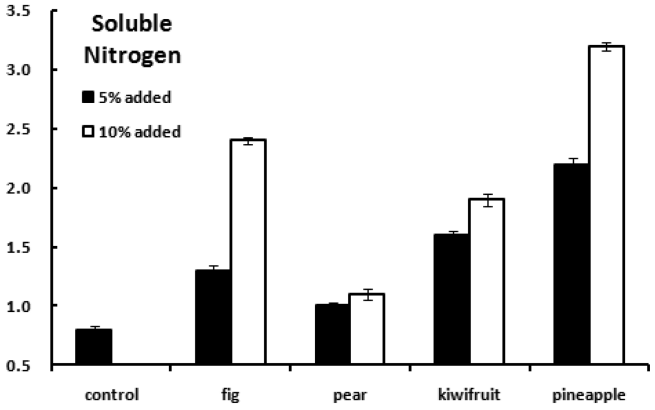

Fig. 4. Soluble nitrogen of beef treated by fig, pear, kiwi fruit and pineapple by 5% and 10%.

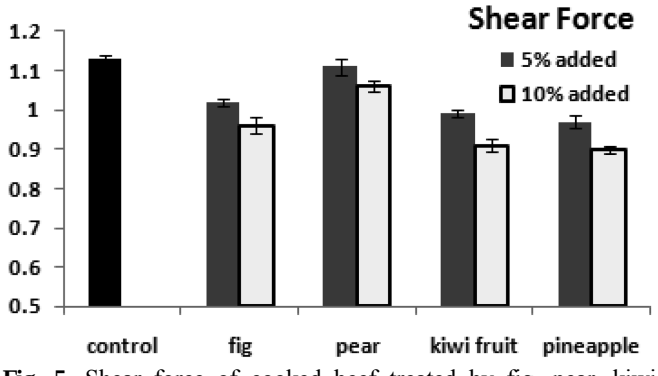

Fig. 5. Shear force of cooked beef treated by fig, pear, kiwi fruit and pineapple by 5% and 10%.

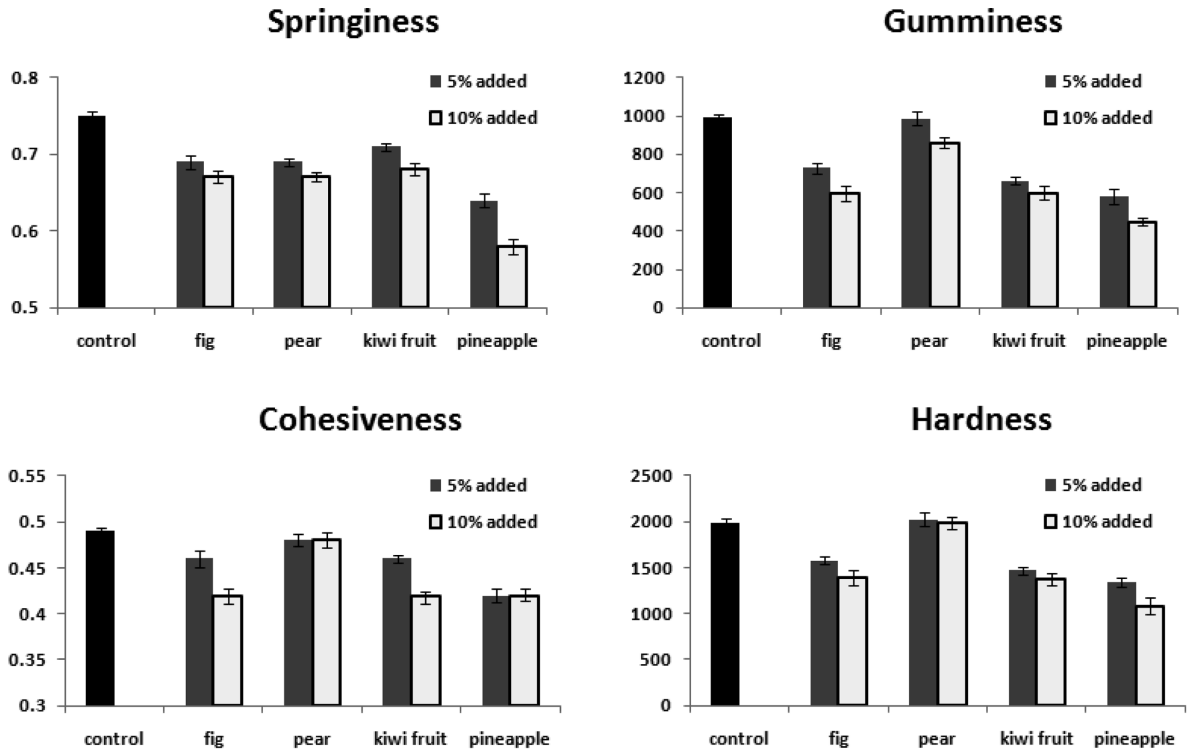

Fig. 6. Textural characteristics of cooked beef treated by 5% and 10% fig, pear, kiwi fruit and pineapple.

4. 관능검사

과육의 연육효과를 관능 평가한 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 5% 첨가 시 연도의 경우는 파인애플과 키위가 가장 연한 것으로 나타났다. 파인애플 10%의 경우 키위 10%에 비하여 약간 낮은 것으로 나타났다. 고기의 연도는 고기의 기호성에 영향을 미치는 가장 중요한 요인(Bai YH와 Rho JH 2000a)으로 여겨지고 있고 있다. 이 연구에서도 기호도의 경우 5%에서 모든 과실에서 더 높은 기호도를 나타내었으나 오히려 10% 첨가의 경우 연화가 너무 진행되거나 과실의 맛이 고기의 맛을 masking하여 과실을 첨가하지 않은 대조구와 비슷한 정도의 기호도를 나타내었다. 5% 첨가 시에 과실 종류에 따른 기호도의 차이는 크지 않았으나 키위가 가장 선호되는 것으로 나타났으며, 10% 첨가에서도 키위의 기호도가 가장 선호되는 것으로 나타났다. 연육제의 양을 많이 첨가 할수록 off-flaver와 푸석푸석한 질감이 강해졌다는 Prusa 등(1981)의 실험결과에서 보여지듯 연육제의 적정량의 첨가가 중요한 것으로 나타났다.

Table 3. Sensory test of cooked beef treated with fig, pear, kiwifruit and pineapple by 5% and 10%

	tenderness[a]		preference[b]	
	5% added	10% added	5% added	10% added
control	3.57±2.5		4.13±2.3	
fig	3.84±1.9	4.22±2.5	5.35±1.9	4.09±2.4
pear	3.67±1.1	4.21±2.1	5.37±1.7	4.36±2.5
kiwi fruit	5.36±2.1	6.13±1.8	5.43±2.2	4.36±1.6
pineapple	5.55±1.7	5.88±2.3	5.26±2.5	4.28±2.5

[a] 1=extremely tough and 9=extremely tender; [b] 1=extremely unpreferable and 9=extremely preferable.

IV. 요 약

국내산 무화과, 키위, 배, 파인애플은 단백분해효과가 알려져 조리 중에 쓰여지고 있으나 체계적인 연구가 부족한 상태이다. 이에 이들 과실로부터 조효소액을 추출하여 그 특성을 연구하고 과실을 직접 소고기에 처리하여 연육효과를 살펴보고자 하였다. 과실에서 조효소액을 추출한 후 카제인과 근원섬유에 대한 단백분해 능력을 측정한 결과 파인애플 > 키위 > 무화과 > 배의 순서로 나타났다. 이 조효소액을 근원섬유 단백질에 처리하여 전기영동을 실시한 결과 배를 제외하고 조효소액의 농도를 증가시켜 처리할수록 myosin heavy chain이 170,000 D 이하로 붕괴됨을 볼 수 있었다. 연육작용 측정에 가장 적합하다고 알려진 소편화율을 관찰한 결과, 파인애플 > 키위 > 무화과 > 배로서 근원섬유단백질 분해 활성의 순서와 같았다. 소고기에 갈은 과육을 5% 및 10%로 처리하였을 때 침지액의 가용성 질소량을 측정한 결과, 과실 처리구 모두에서 대조구보다 높은 가용성 질소량을 나타내었다. 과실을 갈아 소고기에 처리한 후 가열하여

전단력을 측정한 결과, 파인애플이 연육에 가장 효과적인 것으로 나타났으며, 배는 효과가 적은 것으로 나타났다. 소고기에 갈은 과실을 넣고 숙성하여 가열한 후 텍스쳐를 측정한 결과, springiness와 gumminess의 경우 파인애플이 가장 효과적인 것으로 나타났으며 키위도 상당히 효과적인 것으로 나타났다. 과육의 연육효과를 평가한 결과, 5% 첨가시 연도의 경우는 파인애플과 키위가 가장 연한 것으로 나타났고 기호도의 경우 모든 과실에서 10% 첨가보다 5%가 더 높은 기호도를 나타내었다.

참고문헌

Bai YH, Rho JH. 2000a. Application of proteolytic enzymes in fruits for meat tenderization. Korean J Soc Food Sci 16(4): 367-371

Bai YH, Rho JH. 2000b. The properties of proteolytic enzymes in fruits (pear, kiwifruit, fig, pineapple and papaya). Korean J Soc Food Sci 16(4):363-366

Caygill JC. 1979. Sulphydryl plant proteases. Enzyme Microb Technol 1(4):233-242

Cho HY, Jeong SH, Cho NS. 2004. Effect of neungi (sarcodon aspratus) mushroom and its protease addition on the meat tenderizing. Mokchae Konghak 32(5):39-44

Choi C, Son GM, Cho YJ, Chun SS, Lim SI, Seok YR. 1992. Purification and characteristics of bromelain from Korean pineapple. J Korean Agric Chem Soc 35(1):23-29

Chung BS, Lee YH. 1987. Influence of spices on histological characteristic of beef. J Korean Soc Food Nutr 16(3):11-20

Culler RD, Parrish Jr FC, Smith GC, Cross RH. 1978. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. J Food Sci 43(4):1177-1180

Jung IC. 1997. Changes in morphologic and enzymatic properties of beef myofibrillar protein by storage tmeperature. Korean J Food & Nutr 10(4):468-474

Kang CK, Rice EE. 1970. Degradation of various meat fractions by tenderizing enzymes. J Food Sci 35(5):563-565

Kim BJ. 1989. Purification and characterization of kiwifruit protease. Korean J Food Sci Technol 21(4):569-574

Kim EM, Choe IS, Hwang SG. 2003. Effects of singular manner or mixed type treatment of proteases isolated from pear, pineapple and kiwifruit on actomyosin degradation. Korean J Food Sci Ani Resour 23(3):193-199

Kim JP, Suh JS, Kim JS. 1986. Isolation and purification of ficin from fig latex. Korean J Food Sci Technol 18(4):270-277

Kim JS, Kim JP. 1987. Studies on the digestion of beef by ficin treatment. J Korean Agric Chem Soc 30(3):210-218

Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature 227(5259): 680-685

Lee JH, Park YH. 2002. Effect of sarcodon aspratus on the physical and sensory properties of cooked chicken. J applied tourism food & beverage management and research 13(1):43-54

Liener IE, Whitaker JR. 1974. The sulfhydryl proteases. food related enzymes: Advances in Chemistry Series 136. American Chemistry Society. Washington, D.C. pp 202-219

Moon JH, Ryu HS, Lee KH. 1991. Effect of garlic on the digestion of beef protein during storage. J Korean Soc Food Nutr 20(5):447-454

Park BH, Park WK. 1994. A study on the manufacturing of fig conserves for beef tenderizing. J Korean Soc Food Sci Nutr 23(6):1027-1031

Park KH, Kim ZU, Shin JD, Noh BS. 1979. Thermal inactivation of crude papain and papaya peroxidase. Korean J Food Sci Technol 11(3):171-175

Rho JH, Kim YB, Kil BI. 2002. The effect of bulking agent on quality of kiwifruit powder in the process of domestic kiwifruit tenderizer. Korean J Food Sci Technol 34(5):805-810

Prusa KJ, Chambers E Ⅳ, Bowers JA, Cunningham F, and Dayton AD. 1981. Thiamin content, texture, and sensory evaluation of postmortem injected chicken, J. Food Sci., 46(6):1684-1686

Shin MH, Yoon YY, Kim GN, Kil JE, Park IS. 1994. Properties of acid phosphatase from pear. Korean J Food Sci Technol 3(1):29-33

Suh HJ, Chung SH, Choi YM, Cho WD. 1998. Protease activities in tenderizing effect of vegetables used as cooking material. Korean J Food Sci Technol 30(4):883-887

Suh HJ, Lee H, Cho HY, Yang HC. 1992. Purification and characterization of bromelain isolated from pineapple. J Korean Agric Chem Soc 35(4):300-307

Yamaguchi T, Yamashita Y, Takeda I, Hirashi K. 1982. Proteolytic enzymes in green asparagus, kiwifruit and mint : Occurrence and partial characterization. Agric Biol Chem 46:1983-1986

Yoon JE. 1977. Studies on the aging of bovine muscle at adding the proteolytic enzyme VII. Studies on the histological observation of bovine muscle treated with papain. Korean J Food Sci Technol 9(4):271-276

Yoon S, Choi HJ, Lee JS. 1991. Modification of functional properties of casein by kiwifruit protease. Korean J Soc Food Sci 7(4):93-101

Youn JE, Yang R. 1974. Studies on the aging of beef at adding the proteolytic enzyme(-IV. Studies on the tenderness effect of beef by papain treatment). Korean J Food Sci Technol 6(3):163-168

Youn JE, Yang R. 1974. Studies on the aging of beef at adding the proteolytic enzyme IV. Studies on the tenderness effect of beef by papain treatment. Korean J Food Sci Technol 6(3):163-168

2010년 3월 5일 접수; 2010년 6월 3일 심사(수정); 2010년 6월 3일 채택