

국내산 키위에서 추출한 protease 조효소액의 안정성과 최적화에 관한 연구

김미현 · 노정해* · 송효남¹
한국식품연구원, ¹세명대학교 한방식품영약학과

Stability and Optimization of Crude Protease Extracted from Korean Kiwifruits

Mi Hyun Kim, Jeonghae Rho*, and Hyo-Nam Song¹

Korea Food Research Institute

¹Oriental Medical Food & Nutrition, Semyung University

Abstract In the study, the protease activity of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Planch) cultivated in Korea was estimated, with specific examination of proteolytic effects on myofibrillar protein. The crude protease extract of kiwifruit was prepared in two ways; one in which the kiwifruit was homogenized with buffer followed by centrifugation, and the other were the supernatant was precipitated by saturated ammonium sulfate followed by dialysis. The former had 21.23 mM/mL of protease activity, which corresponded to 112.28 mM/g kiwifruit utilized, and the latter had 11.58 mM/mL and 45.80 mM/g of kiwifruit. The crude protease extract of the kiwifruit showed high specificity for casein substrate followed by bovine serum albumin, egg white, collagen, and elastin, in order. The enzyme lost proteolytic activity in acidic conditions such as pH 2-3, and at high temperatures over 60°C. It showed optimal activity in both pH 3.0 and pH 7.5 as well as at 40°C for casein substrate and at 50°C for myofibrillar protein substrate. The proteolytic activity toward casein was high with up to 0.5 M salt, followed by a sharp decrease beyond this concentration. On the other hand the proteolytic activity for myofibrillar protein decreased steadily with increasing of salt concentration. Kiwifruit has been used as a for meat tenderizer for in home cooking and these results support the its tenderizing effectiveness of kiwifruit especially for Korean style marinating of meat for cooking.

Key words: Korean kiwifruit, protease activity, meat tenderizer, crude protease extract

서 론

키위는 참다래 또는 양다래(Kiwifruit, *Actinidia deliciosa* Planch)라고도 불리는 다래나무과(Actinidiaceae) 다래나무속(Actinidia)에 속하는 온대성 낙엽과수(1,2)이며 우리나라에서는 전남에서 많이 생산되고 기타 다른 남부지역에서도 재배되는데, 그동안 품질향상을 위한 여러 가지 노력이 행하여져 수입키위보다 맛이 월등하다고 평가되고 있다. 그러나 우리나라에서 생산되는 키위는 그 맛이나 질이 우수함에도 불구하고 외국산에 밀려 재배나 판매에서 애로사항을 겪고 있으며 현재는 생산위기를 맞고 있는 실정이다. 더구나 키위는 저장성이 낮아 저장 중 과육이 쉽게 물러짐에 따라 일정기간이 지나면 기호도가 떨어져, 일년 중 8개월 정도는 수입 키위의 소비에 의존하여야만 하는 실정이다.

키위는 비타민 C와 섬유소의 함량이 높아 영양학적(3)으로도 우수한 식품이라 할 수 있으며 또한 단백질 분해효소인 actinidin 이 존재해 육류의 연육 효과(4)도 인정되고 있다.

외식산업이 증가하고 특히 외식산업이 육류위주로 이루어짐과

더불어 우리나라에서의 연육제 사용은 증대되고 있다. 물론 연한 고기를 사용한 고급음식점도 많이 있겠지만 가격 경쟁력을 위해 다소 질긴 고기를 이용하여 연화를 시킨 후 사용하는 비중도 매우 크다. 육류를 연화시키는 방법으로 단백질분해효소를 이용함은 널리 알려져 있으며(5-9) 특히 단백질분해효소가 있는 과실을 이용한 연육방법은 식당에서만뿐만 아니라 일반 가정에서도 사용되고 있는 방법이다.

우리나라에서 재배되는 과실의 단백질 분해효소에 대한 연구는 키위(10-12)나 무화과(11,12), 배(13-15), 파인애플(16,17) 등이 있다. 또한 키위, 배, 파인애플 등의 연육효과(18,19)와 연육제 제조(20-23)에 관한 연구 등이 보고되었다. 본 연구에서는 국내에서 생산되는 키위 단백질분해효소의 최적 활성, 안정성 등의 효율성과 특히 근원섬유에 대한 단백질분해특성을 규명하고 이러한 효소작용 조절을 통하여 산업적인 연육제를 구축하여 국내산을 선호하는 소비자들에게 국내산 키위를 이용한 연육효과를 과학적으로 입증하여 그 사용을 넓히고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 키위 열매(*Actinidia chinensis*, Planch)는 전남 해남지역에서 생산되는 국내산으로 농수산물 가락시장에서 구입하였으며 냉동보관(-45°C)하여 사용하였다.

근원섬유의 조제를 위한 소고기의 우둔은 가락시장 내 축산물

*Corresponding author: Jeonghae Rho, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea

Tel: 82-31-780-9060

Fax: 82-31-709-9876

E-mail: drno@kfri.re.kr

Received March 3, 2010; revised June 2, 2010;

accepted June 2, 2010

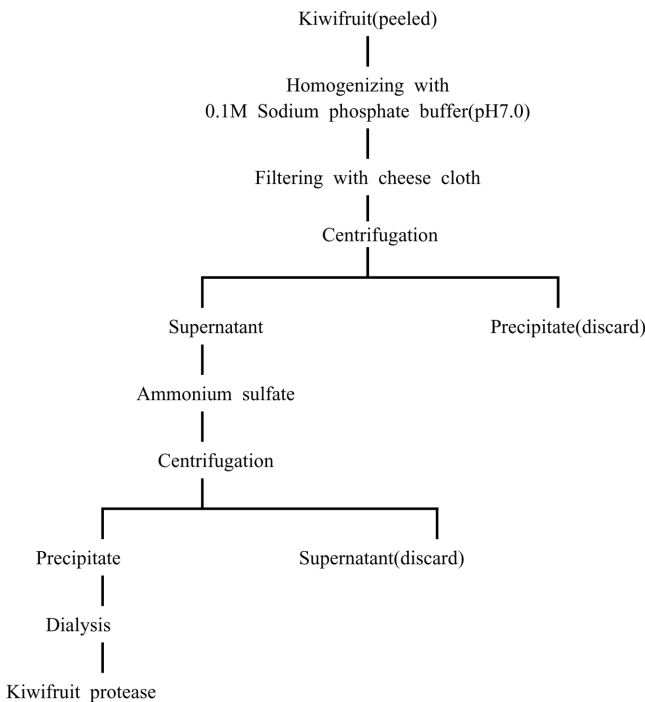


Fig. 1. Extraction procedures of kiwifruit protease.

시장에서 도축 후 약 24시간 경과한 한우육을 구입하여 실험에 사용하였다.

단백질 분해 조효소액의 추출

키위의 단백질 분해효소는 Cho 등(10)의 방법을 참고하여 Fig. 1과 같은 방법으로 추출하였다. 즉, 과일의 껍질을 박피하고 가식부분에 2배의 0.1 M sodium phosphate buffer(pH7.0), 5 mM cysteine, 2 mM EDTA를 가한 후 blender(K555, KitchenAid, St. Joseph, MI, USA)로 균질화하고 cheesecloth로 여과하였으며, 그 여과액을 5500 rpm에서 20분간 원심분리(SORVALL RC-6, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)한 후 상등액을 사용하였다(추출물 A). 이 상등액에 70% 포화황산암모늄을 가하여 효소 단백질을 응집, 침전시키고 원심분리한 후 침전물을 모아 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0)에 녹인 후 동일한 완충용액에서 18시간 동안 투석하였다(추출물 B).

기질용액의 조제 및 단백분해효소 기질 선택성

효소의 활성은 Kunitz(18)법에 따라 측정하였다. 즉, Hammastein 카제인을 0.1 M sodium phosphate buffer(pH7.0), 5 mM cysteine, 2 mM EDTA에 1% 농도가 되도록 용해하여 90°C에서 15분간 열처리 후 냉각시켜 기질용액으로 하고 사용할 때에는 37°C water bath(JSWB-IIT, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 가온하여 사용하였다.

Crude 효소액(A)의 기질에 따른 선택성을 비교하고자 다른 종류의 단백질 기질을 이용하여 단백분해활성을 측정하였다. 사용된 카제인, egg white, bovine serum albumin, collagen, elastin, myofibrillar protein 등 여러 가지 단백질은 Simga(St. Louis, MO, USA)사의 제품을 사용하였으며, 이들 단백질은 위와 같은 방법으로 조제하였다.

효소의 단백 분해 활성

기질용액 1 mL에 효소용액(추출물 A) 2 mL를 가한 후 37°C에서 20분간 반응시키고 5% TCA(trichloroacetic acid) 3 mL를 넣어 반응을 정지시킨 후 30분간 실온에서 방치하여 분해되지 않은 단백질을 침전시키고 Whatman No. 40 여과지(Madstone, UK)로 여과시킨 후 여액을 280 nm에서 흡광도를 측정(Atomic absorption spectrophotometer, UVVIDEC-610, Jasco, Tokyo, Japan)하였다(24).

근원섬유의 제조

소고기의 우둔 부위 30 g을 채취하여 그 중량의 5배량의 pyrophosphate relaxing buffer(0.1 M KCl, 2 mM MgCl₂, 2 M EGTA, 1 mM DTT, 2 mM Na₄P₂O₇, 0.01 M Tris-maleate buffer/pH 6.8-NaOH)를 가한 후 5,000 rpm에서 1분간 homogenize를 하고 1,000×g에서 10분 동안 원심분리하여 침전물을 채취하여 5배량의 relaxing buffer 용액(0.1 M KCl, 2 mM MgCl₂, 2 M EGTA, 1 mM DTT, 0.01 M Tris-maleate buffer/pH 6.8-NaOH)으로 현탁하여 사용하였다.

효소의 안정성

효소의 안정성은 키위의 crude 효소액(추출물 A)을 pH 2-9로 맞춰진 0.1 M sodium phosphate buffer로 희석한 후 4°C에서 24시간 방치하고 카제인에 대한 단백분해 활성을 측정하여 효소의 pH 안정성을 조사하였다. 즉, 0.1 M sodium phosphate buffer에 희석된 crude 효소액을 20-80°C의 온도에서 각각 20분간 방치 후 신속히 냉각시키고 나서 1% 카제인에 반응시켜 실험된 효소의 단백분해 활성을 측정하였다(19).

효소의 최적 활성

효소의 최적 pH는 1% 카제인 용액 1 mL에 pH 2-9가 되도록 조제한 0.1 M sodium phosphate buffer를 만들어 효소를 각각의 buffer에 작용시키고 crude 효소액(추출물 A) 2 mL를 가한 후 40°C에서 20분 반응시켜 효소의 활성을 측정하였다(19,20,25).

효소의 최적 온도는 1% 카제인 용액 1 mL에 0.1 M sodium phosphate buffer로 희석된 효소액 2 mL를 넣고 20-80°C의 온도에서 각각 20분간 반응시킨 후 효소의 활성을 측정하였다.

1% 카제인 용액 1 mL에 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 M로 농도를 조정된 NaCl 1.5 mL를 첨가한 후 키위 조효소액 0.5 mL를 가하여 40°C에서 20분간 반응시켜 효소의 활성을 측정하였다(23).

결과 및 고찰

키위의 단백분해 효소 추출

키위 중의 효소를 추출하고 단백분해 효소의 추출 단계에 따라 활성도를 측정하였다. 키위를 buffer에 균질화한 후 여과하여 원심 분리한 A 단계에서는 21.23 mM/mL의 활성을 나타내었고 단백질을 염으로 침전시킨 후 투석한 B 단계에서는 11.58 mM/mL의 활성을 나타내었다. 이를 처음 사용하였던 키위의 양으로 환산하면 A 단계의 crude 효소액은 112.28 mM/g kiwifruit이었으며, B 단계의 crude 효소액은 45.80 mM/g kiwifruit를 나타내었다. 추출물의 A의 경우 아직 당이 상당량이 존재할 것으로 예상되더라도 불구하고 당이 단백분해효소의 활성을 크게 방해하는 것으로는 보여지지 않았다.

Table 1. Protease activity of kiwifruits extracts

Steps	Protease activity of crude protease extract	Protease activity yield per kiwi used
A	21.23 mM/mL	112.28 mM/g kiwifruit
B	11.58 mM/mL	45.78 mM/g kiwifruit

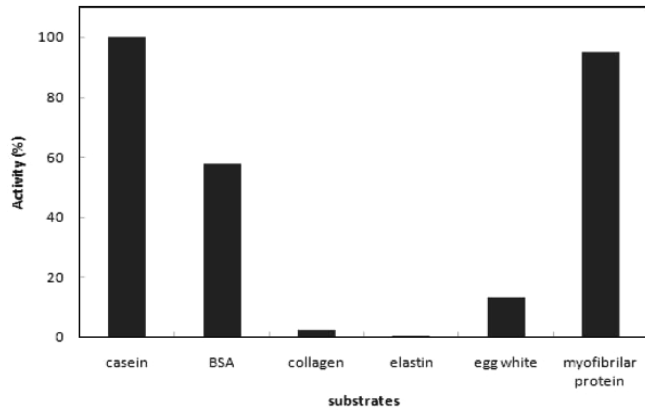


Fig. 2. Substrate selectivity of protease extracted from kiwifruits.

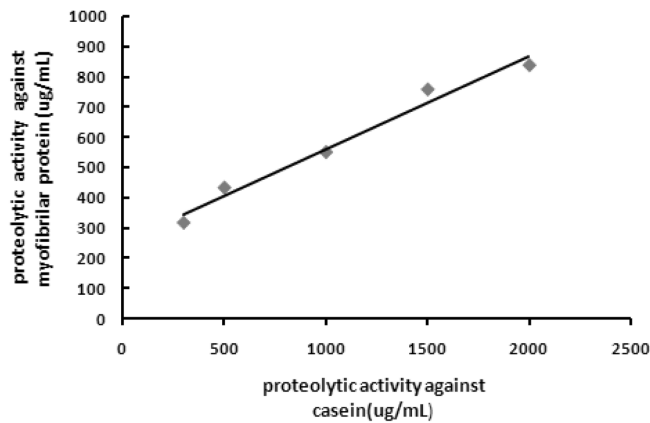


Fig. 3. Relationship of proteolytic activity against myofibrillar protein and proteolytic activity against casein.

키위 단백분해 효소의 기질 특이성

키위 crude 효소의 단백질에 따른 기질특이성을 비교하였다. 키위 조효소액 A는 카제인과 근원섬유에 탁월한 단백분해 효능을 가지고 있음을 알 수 있었다. 다른 과실유래 단백분해효소(파인애플, 무화과, 배 등)는 일반적으로 근원섬유보다 카제인에서 단백분해 효능이 월등히 높은 것으로 나타났다(24). 키위 조효소액의 여러 가지 기질에 따른 특이성을 비교하기 위해 측정된 결과는 Fig. 2와 같으며 casein myofibrillar protein>bovine serum albumin (BSA)>egg white>collagen>elastin 등의 순으로 분해가 되었다. 우리나라에서 조리 중에 키위를 사용할 때는 주로 연육 효과를 위함이 많으며 키위는 근육단백질에 대한 분해효과가 탁월하여 고기를 재는 요리에 좋은 효과를 나타낼 수 있다.

Fig. 3은 단백질 농도 1 mg/mL의 근원섬유를 기질로 하여 키위에서 추출한 단백질 분해 crude 효소를 처리하여 얻은 단백분해 활성 역가의 결과이다. 카제인에 대해 300 mg/mL 역가를 갖는 키위 crude 효소액을 근원섬유에 처리하였을 때에는 근원섬유에서의 역가도 비슷한 값을 보였다. 카제인에 대한 역가 500, 1000, 1500 및 2000 mg/mL을 갖는 crude 효소액으로 처리하였을 경우 근원섬유에 대한 키위 crude 효소액의 역가도 433.8, 551.3,

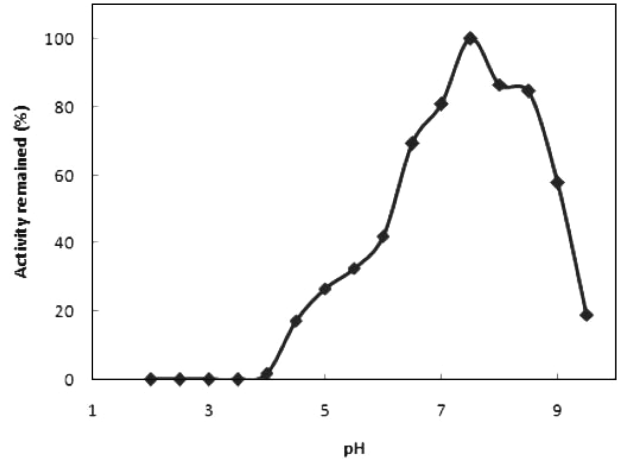


Fig. 4. Stability of protease extracted from kiwifruits against pH.

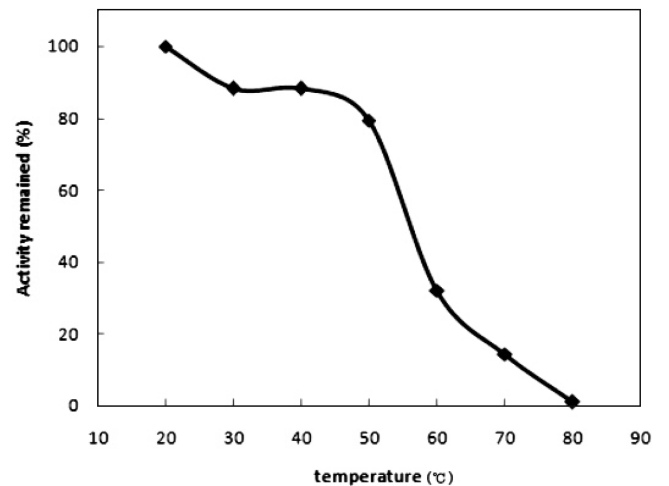


Fig. 5. Stability of protease extracted from kiwifruits against temperature.

758.8 및 838.8 mg/mL로 비례하여 증가하였으나, 카제인을 기질로 하여 측정된 역가보다는 낮은 증가폭을 나타내었다.

키위 단백분해 효소의 안정성

키위 단백질 분해 효소의 pH 안정성은 Fig. 4에서 보여주듯이 pH 7.0-8.5에서 안정하며 pH 2-3의 강산에서는 실활하였다. 이는 Kim(19)의 연구결과인 pH 7.0-8.0과 유사하다. 일반적으로 간장 등이 들어간 조리액은 약산의 경우가 많으므로 최적의 연육효과를 위해서는 키위 crude 효소액을 이러한 조리액에 오래 두는 것은 바람직하지 않은 것으로 여겨진다. 또한 키위효소를 이용한 연육 sauce 등의 제조에 있어서 pH 조절이 필요할 것으로 예상된다.

키위 단백질 분해 효소는 Fig. 5에서 보여주듯이 50°C까지는 역가의 변화가 거의 없으며 그 이상의 온도에서는 급격히 활성의 감소를 보이고 있다. 키위 단백분해효소를 추출하는 과정에서

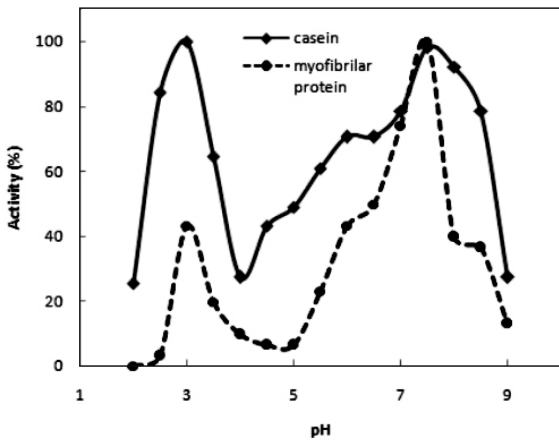


Fig. 6. The effect of pH on protease activity of protease extracted from kiwifruits.

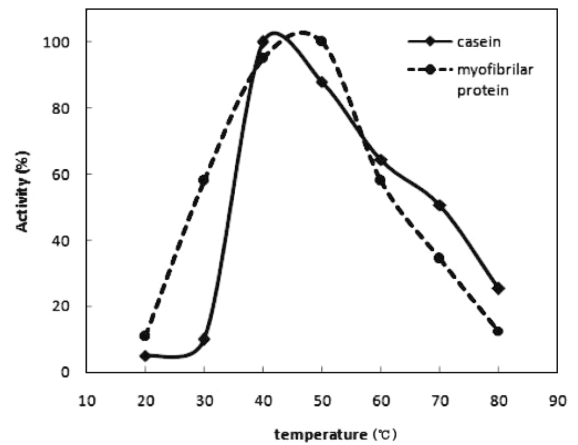


Fig. 7. The effect of temperature on protease activity of protease extracted from kiwifruits.

높은 온도가 요구되는 경우는 추출된 단백분해효소의 건조과정 이므로 키위 단백분해효소를 추출하고 나서 건조할 때는 동결건 조 등의 낮은 온도 처리를 하는 것이 단백분해 능력의 유지를 위 하여 필요할 것이다.

효소활성에 대한 최적화

효소활성에 대한 pH의 영향을 검토하기 위하여 카제인 분해 능력과 근원섬유 분해능력으로 활성을 비교한 결과 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 단백질 기질을 카제인으로 쓰는 경우와 근원섬 유를 쓰는 경우 두 가지 모두에서 pH 3.0과 pH 7.5에서 높은 활 성을 나타냈다. 특히 카제인의 경우 pH 3.0과 7.5에서 둘 다 높 은 활성을 나타낸 반면 근원섬유의 경우 pH 3.0에서는 pH 7.5에 비하여 약 절반정도의 활성만을 나타내는 것으로 보여졌다. Kim(19)과 Yoon 등(25)의 보고에 의하면 Kim의 실험에서는 pH 7.0에서 Yoon 등의 실험에서는 pH 3.0으로 각각 보고되었다. 한 편 Kim 등(20)은 키위가 pH 5.3에서 actomyosin 분해가 활발하 고 pH 8.0에서 약하다고 하였으나 이 연구에서의 근원섬유에 대 한 결과는 다르게 나타났다. 이는 이 실험에서 쓰여진 효소액은 정제과정을 충분히 거치지 않은 crude 효소(A)이므로 여러 가지 요인에 의하여 최적 pH가 두 곳에 나타난 것으로 보여진다. 특 히 카제인의 경우 pH 4.0에서, 근원섬유의 경우 pH 5.0에서 단 백분해능이 상당히 줄어들어, 연육효과를 위해서는 조리액의 pH 조절이 상당히 중요한 요인이 될 수 있음을 보여주었다.

키위 단백질 분해 효소의 활성에 미치는 온도의 영향을 검토 한 결과(Fig. 7), 50°C까지는 역가의 변화가 거의 없으며 그 이상 의 온도에서는 급격히 활성이 감소되는 것으로 나타났다. 키위 단백질 분해 효소의 활성 최적 온도는 40°C였으며 50°C까지는 완만히 증가하다가 60°C부터 급격히 하강하였다. 이는 Kim(19)의 40-45°C에서 최적반응온도를 보인 결과와 유사하나 Yoon 등(25) 의 실험에서는 최적 온도가 60°C로 보고되어 차이를 보인다. 근 원섬유에 대한 분해능력 또한 40-50°C에서 가장 좋은 활성을 나 타내었다. 과실을 이용한 연육효과는 특히 고기를 재어두는 과정 에서 중요하게 사용되고 있으므로 우리나라 전통 조리인 불고기, 갈비찜 등에서 유용하게 쓰여질 수 있다. 30°C에서의 효소활성도 를 비교하여보면 근원섬유에 대한 활성도는 최고치에 비해 약 60%이고 카제인에 대한 활성은 10% 미만으로 나타나 상온에서 재어두는 요리에서 키위 단백분해효소가 매우 유용하게 쓰여질 수 있을 것임을 알 수 있다.

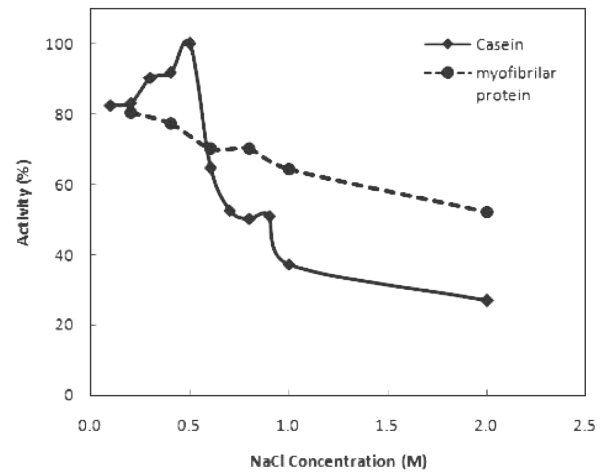


Fig. 8. The effect of salt on protease activity of protease extracted from kiwifruits.

효소활성에 대한 염 농도의 영향

키위 단백질 분해 효소의 염농도에 대한 영향을 보면 Fig. 8과 같이 카제인에 대한 활성은 염도가 0.5 M일 때까지 매우 높다가 급격히 떨어지는 것을 볼 수 있으나 근원섬유에 대한 활성은 염 의 농도가 높아짐에 따라 서서히 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 일반적인 우리나라 조리방법에서 고기를 찰 때 키위를 쓰는 경 우에는 간장과 같이 염이 동시에 존재하는 곳에서 함께 쓰는 경 우가 많은데 근원섬유에 대한 키위 crude 효소액의 활성은 크게 낮아지지 않으므로 우리나라 조리 시 좋은 연육제로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 국내산 키위에서 추출한 protease의 특성을 규명하 고자 실시하였으며 지금까지 연구되어 오지 않은 근원섬유에 대 한 단백분해 활성을 측정하였다. 국내산 키위 crude 효소액은 시 료를 buffer에 넣고 균질화한 원심분리액과 포화황산암모늄 처리 후 투석한 두 단계의 시료로 나누었다. 각각은 21.23 mM/mL와 11.58 mM/mL의 활성을 나타내었고 이를 처음 사용하였던 키위 의 양으로 환산하면 112.28 mM/g kiwifruit과 45.80 mM/g kiwi- fruit이었다. 국내산 키위 crude 효소액의 기질에 대한 특이성에서

는 카제인과 근원섬유에 대해 높은 활성을 보였으며 그 다음으로 bovine serum albumin, egg white, collagen, elastin 순이었다. 국내산 키위의 단백질 분해 효소는 pH 2-3에서는 실패하였으며 60°C 이상의 온도 범위에서는 급격히 실패하였다. 국내산 키위 crude 효소액은 pH 3.0과 pH 7.5 두 곳에서 최적활성을 나타냈고, 최적온도는 카제인을 기질로 한 경우 40°C에서, 근원섬유 50°C에서 최적온도를 나타냈다. 키위 단백질 분해 효소의 카제인에 대한 활성은 염도가 0.5M일 때까지 매우 높다가 급격히 떨어졌으나 근원섬유에 대한 활성은 염의 농도가 높아짐에 따라 서서히 떨어졌다. 키위는 조리중에 연육작용을 위하여 주로 쓰여지고 있으며, 위의 결과로써 우리나라 육류조리와 같이 재워두는 육류조리방법에도 키위가 좋은 연육효과를 나타낼 수 있음을 보였다.

문 헌

- Kim YJ, Kim IH, Ryu KS, Lee YR. *Yakpumjawon Sikpumhak* (Resources Botany). Jiphyeonsa, Seoul, Korea. p. 236 (1964)
- Warrington IJ, Weston GC. *Kiwifruit, Science and Management*. Ray Richards Publisher in Association with the New Zealand Society for Horticultural Science. Auckland, Newzealand PP. 2-567 (1990)
- Beutel JA, Winter FH, Manners SC, Miller MW. A new crop for California kiwifruit. *Calif. Agr.* 30: 5-7 (1976)
- Lewis DA, Luh BS. Application of actinidin from kiwifruit to meat tenderization and characterization of beef muscle protein hydrolysis. *J. Food Biochem.* 12: 147-158 (1988)
- Whitaker JR. The effect of variety and maturity on the proteolytic enzyme content of figs. *Food Res.* 23: 364-370 (1958)
- Kramer DE, Whitaker JR. Ficus enzymes. II. Properties of the proteolytic enzymes from the latex of *ficus carica* variety kadota. *J. Biol. Chem.* 239: 2178-2183 (1964)
- Youn JE, Yang R. 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: 163-169 (1974)
- Liener IE, Whitaker JR. The sulfhydryl proteases. pp. 202-219. In: *Food related enzymes: Advances in Chemistry Series 136*. American Chemical Society, Washington, DC, USA (1974)
- Kang CK, Rice EE. Degradation of various meat fractions by tenderizing enzymes. *J. Food Sci.* 35: 563-565 (1970)
- Cho SJ, Chung SH, Suh HJ, Lee H, Kong DH, Yang HC. Purification and characterization of a protease actinidin isolated from Cheju kiwifruit. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 7: 87-94 (1994)
- Park BH, Park WK. A study on the manufacturing of fig conserves for beef tenderizing. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 23: 1027-1031 (1994)
- Park BH, Kim YO, Kee HJ, Cho YJ, Choi HK. The effect of fig conserve additive on the physicochemical characteristics of beef obtained from various breeds. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 511-519 (1999)
- Choe IS, Park YJ, Ishioroshi M, Samejima K. A new protease in Korean pears as meat tenderizer. *Jpn. Anim. Sci. Technol.* 67: 43-46 (1996)
- Choe IS, Park YJ. A study on the utilization as meat tenderizer from Korean pear protease. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 16: 89-93 (1996)
- Shin MH, Yoon YY, Kim GN, Kil JE, Park IS. Properties of acid phosphatase from pear. *Food Biotechnol.* 3: 29-33 (1994)
- Choi C, Son GM, Cho YJ, Chun SS, Lim SI, Seok YR. Purification and characteristics of bromelain from Korean pineapple. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 35: 23-29 (1992)
- Suh HJ, Lee H, Cho HY, Yang HC. Purification and characterization of bromelain isolated from pineapple. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 35: 300-307 (1992)
- Kunitz M. Crystalline soybean trypsin inhibitor. II. General properties. *J. Gen. Physiol.* 30: 291-310 (1947)
- Kim BJ. Purification and characterization of kiwifruit protease. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 569-574 (1989)
- Kim EM, Choe IS, Hwang SG. Effects of singular manner or mixed type treatment of proteases isolated from pear, pineapple and kiwifruit on actomyosin degradation. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 23: 193-199 (2003)
- Roh JH, Kim YB, Kil BI. The effect of bulking agent on quality of kiwifruit powder in the process of domestic kiwifruit tenderizer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 805-810 (2002)
- Bai YH, Rho JH. The properties of proteolytic enzymes in fruits (pear, kiwifruit, fig, pineapple and papaya). *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 363-366 (2000)
- Bai YH, Rho JH. Application of proteolytic enzymes in fruits for meat tenderization. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 367-371 (2000)
- Rho JH, Park YK, Kim YB, Seong KS. Development of meat tenderizer using domestic fruits. *Korea Food Research Institute, Seongnam, Korea.* pp. 85-101 (2001)
- Yoon S, Choi HJ, Lee JS. Modification of functional properties of casein by kiwifruit protease. *Korean J. Soc. Food Sci.* 7: 93-101 (1991)