

# 느티만가닥버섯의 단백질분해효소 활성과 연육증진효과

신복음<sup>1,\*</sup> · 백일선<sup>1</sup> · 김정한<sup>1</sup> · 이윤혜<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경기도농업기술원 버섯연구소

<sup>2</sup>국립농업과학원 토양비료과

## Protease activity and meat-tenderizing effect of *Hypsizygus marmoreus*

Bok-Eum Shin<sup>1,\*</sup>, Il-Sun Baek<sup>1</sup>, Jeong-Han Kim<sup>1</sup>, and Yun-Hae Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mushroom Research Institute, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Gwangju 12805, Korea

<sup>2</sup>Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

**ABSTRACT:** In this study, we investigated the effects of pH, temperature, and salt concentration on protease activities in *Hypsizygus marmoreus*, and the ability of *H. marmoreus* extract to tenderize beef. In fact, *H. marmoreus* was shown to have higher protease activity than kiwi fruits. The pH of beef was dose dependently increased with addition of *H. marmoreus* extract. Cooking loss, cutting strength, and color value (L, a, b) were also dose dependently decreased with addition of *H. marmoreus* extract. In sensory assessments, *H. marmoreus* extract dose dependently enhanced perception of tenderness, flavor, and taste. In contrary, use of kiwi fruits as a meat tenderizer decreased positive perception of taste. The protease activity of *H. marmoreus* decreased sharply at pH < 2.0, and temperature > 50 °C. Protease activity was relatively stable in NaCl concentrations ranging from 0–5 M, but incrementally decreased with increasing NaCl. These results suggest that, *H. marmoreus* extract can improve the texture and taste of beef.

**KEYWORDS:** *Hypsizygus marmoreus*, Protease activity, Meat tenderizing

## 서론

느티만가닥버섯(*Hypsizygus marmoreus*)은 만가닥버섯과에 속하는 식용버섯으로 북반구 온대 이북지역에 분포되어 있으며 주로 가을철 활엽수에 군생한다(Lim *et al.*, 2010). 이 버섯은 부드럽고 몽클한 식감을 갖는 느타리버섯, 표고버섯 등과 달리 열처리 후에도 비교적 아삭한 식

감을 갖는 특성이 있어 샐러드 등 다양한 요리에 적용하기 좋은 특징이 있다. 뿐만 아니라 테르펜류 항암물질인 hypsiziprenol A9를 함유하고 있고(Min *et al.*, 2018) elastase 및 collagenase 저해활성이 우수해 항노화 기능과 항산화 활성이 우수한 것으로 보고되어 있어(Kwon *et al.*, 2018) 기능적 측면으로도 우수한 식품이다. 그러나 테르펜으로 인한 쓴맛과 소비활용 방법 부재로 느티만가닥버섯에 대한 수요가 늘지 않고 있는 실정이다.

육류 중심의 외식 소비가 증가함에 따라 단백질분해효소의 활용도 다양화되고 있다. 식육연화제로는 주로 키위, 파인애플 등의 과일이 사용되고 있으나 식육의 과잉분해의 문제가 발생하고 당도, 산도가 높아 활용될 수 있는 고기요리가 한정적이다. 감칠맛 성분이 높고 고기와의 어울림이 좋은 버섯을 연육제로 활용한다면 요리의 풍미와 함께 기능성도 증가시킬 수 있을 것을 기대할 수 있다. 버섯의 단백질분해효소활성에 대한 연구는 소화제로 활용되어 온 능이버섯을 비롯해서 팽이버섯 균사체 배양액 연구(Hong, 2007), 잎새버섯 추출액의 연육작용(Takako *et al.*, 2008) 등 다수 진행되어 있으나 느티만가닥버섯에 대

J. Mushrooms 2019 December, 17(4):235-240  
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2019.17.4.235>  
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853  
 © The Korean Society of Mushroom Science

\*Corresponding author  
 E-mail : goodnews7@gg.go.kr  
 Tel : +82-31-229-6125, Fax : +82-31-229-6139

Received September 11, 2019  
 Revised November 21, 2019  
 Accepted December 17, 2019

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 느티만가닥버섯의 단백질분해효소 활성을 분석하고 버섯을 첨가한 육류의 품질특성을 구명하여 버섯의 연육제로서의 활용 정보를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 준비 및 시료 제조

본 연구에 사용한 느티만가닥버섯(*Hypsizygus marmoreus*)과 키위, 소고기는 경기도 광주 내 위치한 버섯농장과 식품판매장에서 구입하여 구입 즉시 사용하였다. 느티만가닥버섯과 키위 시료를 제조하기 위해 느티만가닥버섯은 버섯을 가닥으로 분리하고 키위는 껍질을 벗겨 슬라이스 형태로 절단하여 동결건조기(LP10, ilShinBioBase, Korea)에서  $-35^{\circ}\text{C}$ 까지 동결시키고  $-10$  torr 진공에서  $30^{\circ}\text{C}$ 까지 온도를 점진적으로 올려 48시간동안 건조하였다. 건조한 버섯과 키위를 믹서기로 분쇄한 후 20배의 Distilled water를 가해 voltexer를 사용하여 1분 동안 균질화하고 7000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상등액을 동결건조한 것을 시료로 사용하였다.

### 단백질분해효소 활성 측정

버섯 내 단백질분해효소의 활성은 Cupp-Enyard(2008)의 방법으로 측정하였다. 0.65% casein 용액을 기질용액으로 하여 5 ml에 효소액 1 ml를 가하고  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 10분간 반응시킨 다음 110 mM TCA 용액을 5 ml 넣고 방치하여 반응을 종결시켰다. 반응액을 pore size  $0.45\ \mu\text{m}$ 의 polyethersulfone syringe filter(Millex-HP syringe filter, Millex, Germany)로 여과한 뒤 여액 2 ml를 취하여 0.5 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5 ml과 Folin-Ciocalteu phenol reagent를 1 ml 가하여 발색시킨 뒤 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소활성도는 시료 1 ml이 1분에 tyrosine 1  $\mu\text{g}$ 을 생성한 효소량을 1 unit으로 하였다.

### 염도, 당도 및 pH 측정

느티만가닥버섯과 키위의 pH를 측정하기 위해 신선한 버섯과 키위를 동량의 distilled water를 섞어 믹서기로 분쇄하고 그 상등액을 취하여 염도(Digital salt meter, PAL-03S, Atago, Japan)와 당도(굴절당도계, PAL-1, Atago, Japan) 및 pH(S20, Mettler toledo, US)를 측정하였다. 연육제를 첨가한 육류의 pH를 측정하기 위해 분말 처리한 소고기 5 g을 증류수 20 ml과 혼합하고 homogenizer(T50, ultra turrax, Germany)로 완전히 균질화한 후 원심분리하여 상등액의 pH를 측정하였다.

### 육류에 대한 버섯 처리

소고기는 우둔살 부위를  $2 \times 2 \times 1$  cm로 절단하여 사용하였다. 소고기 중량의 0%, 1%, 3%, 5%, 7%에 해당하는

느티만가닥버섯 시료와 3%에 해당하는 키위 시료를 동량의 증류수에 녹인 후 혼합액을 소고기 표면에 도포하여  $25^{\circ}\text{C}$ 로 온도를 설정한 항온기에 3시간 처리하였다.

### 가열감량 측정

소고기의 가열 중의 육즙 소실량을 조사하기 위해 분말 처리한 소고기를 polyethylene bag에 넣어 밀봉하고  $80^{\circ}\text{C}$ 로 설정한 water bath에 30분간 익힌 다음 실온에서 냉각하고 표면의 수분을 제거한 다음 무게를 측정하였다.

가열감량(%) =

$(\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게}) / \text{가열 전 무게} \times 100$

### 절단강도 및 색도 측정

소고기의 절단강도는 Texture analyzer(CR-100, Sun Rheo Meter, Japan)를 이용하여 speed는 60 mm/min, 측정 깊이 12.0 mm, adapter No. 10으로 설정하여 시료를 도포하여 3시간 처리 후 가열한 소고기를 절단할 때 받는 힘을 측정하였다. 시료를 처리한 후 가열한 소고기의 색의 변화를 측정하기 위해 Spectrophotometer(CM-5, Konica minolta, Japan)를 사용하여 명도(Lightness, L), 적색도(Redness, a), 황색도(Yellowness, b)값으로 나타냈다.

### 관능검사

느티만가닥버섯과 키위시료를 첨가한 소고기에 대한 관능적 품질을 살펴보기 위해 시료를 도포한 고기를 3시간 재운 후 관능검사를 실시하였다. 관능검사는 패널은 연구소 내 연구원 15명을 대상으로 고기의 연육정도와 맛, 향에 대한 기호도에 대해 1(매우나쁨) ~ 9(매우좋음)의 9단계 평점법으로 평가하였으며 시료에 대한 선입관을 없애기 위해 시료에 대해 무작위로 추출된 숫자로 표시하였다.

### 느티만가닥버섯 시료의 안정성

시료의 pH에 대한 안정성을 시험하기 위해 pH 2-8로 맞춰진 Mcvaline buffer 10 ml에 시료를 0.5 g 넣은 뒤  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 방치 후 단백질분해효소 활성을 측정하였다(Kim *et al.*, 2011). 온도에 대한 안정성은 시료 0.5 g을 distilled water 10 ml에 넣어 30, 40, 50, 60, 70,  $80^{\circ}\text{C}$ 에서 10분간 방치 후 단백질분해효소 활성을 측정하였다. 염도는 0, 1, 2, 3, 4, 5 M로 제조한 NaCl solution 10 ml에 시료 0.5 g을 넣어  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 방치하여 단백질분해효소 활성을 측정하였다.

### 통계분석

모든 측정은 3회 이상 반복하여 수행되었으며 실험에서 얻은 자료는 각 처리별로 Statistical Analysis System(ver.7.1, SAS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 one-way ANOVA 검정을 행하였으며, 처리효과의 유의성이 있을

**Table 1.** pH, sugar content, salt content and protease activity of *H. marmoreus* and kiwi

	pH	Sugar content (°Brix)	Salt content (%)	Protease activity of extract	Protease activity yield per fruits body used
<i>H. marmoreus</i>	6.5	2.8	2.2	3.8 <sup>a</sup> ±0.3 unit/ml	1.3 unit/g
kiwi	3.5	8.2	6.9	2.4 <sup>b</sup> ±0.1 unit/ml	0.5 unit/g

<sup>a,b</sup> Different superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test( $P<0.05$ )

경우 처리구간 평균치의 유의성 비교는 Duncan의 다중비교법(Duncan's-multiple range test)으로  $p<0.05$ 에서 시료간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 시료의 품질 및 단백질분해활성 측정

느티만가닥버섯과 키위 추출액의 품질과 단백질분해효소 활성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 느티만가닥버섯의 pH는 6.5로 키위의 pH보다 높았으며 염도와 당도는 2.2%, 2.8 °brix로 키위에 비해 낮았다. 단백질분해효소 활성은 느티만가닥버섯이 3.8 unit/ml로 키위 2.4 unit/ml에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타내었는데( $p<0.05$ ) 이는 키위가 효소 외의 염분 등의 물질을 다량 함유하여 분말이 갖는 효소단백질의 비율이 낮아 상대적으로 느티만가닥버섯의 효소비율이 더 높은 것으로 판단된다. 원물에서 얻을 수 있는 단백질 효소활성의 수율도 느티만가닥버섯이 1.3 unit/g로 키위에 비해 더 높았다.

### 느티만가닥버섯 및 키위를 첨가한 소고기의 pH 및 가열감량 변화

느티만가닥버섯 시료 첨가량에 따른 소고기의 pH변화는 Table 2와 같다. 느티만가닥버섯 시료의 첨가량이 증가할수록 소고기의 pH는 유의하게 증가하였고 키위 시료를 3% 첨가한 소고기의 pH는 4.97로 감소한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 느티만가닥버섯과 키위의 pH 값이 소고기의 pH변화에 영향을 준 것으로 볼 수 있다.

육류의 주요한 품질인자 중 하나인 가열감량은 가열에 따른 근섬유의 변형으로 인한 보수력 감소로 나타나게 된다. 느티만가닥버섯 첨가에 따른 소고기의 가열감량은 첨가량이 1, 3, 5, 7%로 증가함에 따라 각각 37.9, 35.5, 33.0, 32.5%로 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 이는 키위 시료를 3% 첨가한 처리가 42.0%로 유의적으로 높은 것과 상반되나 pH가 증가할수록 보수력이 증가하고 가열감량이 감소한 Park 등(2002)의 결과에 비추어 보았을 때 육류의 pH의 증가에 따른 영향이 있을 것으로 생각된다.

### 느티만가닥버섯 첨가 소고기의 절단강도 및 색도

느티만가닥버섯 시료 첨가량에 따른 소고기의 전단력과 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. 무첨가군의 소고기의

**Table 2.** The pH and cooking loss of beef treated with *H. marmoreus*

Treatment	pH	cooking loss(%)
<i>H. marmoreus</i> 0%	5.42 <sup>d</sup> ±0.02	37.5 <sup>b</sup> ±1.3
<i>H. marmoreus</i> 1%	5.65 <sup>c</sup> ±0.08	37.9 <sup>b</sup> ±0.7
<i>H. marmoreus</i> 3%	5.73 <sup>b</sup> ±0.01	35.5 <sup>bc</sup> ±1.2
<i>H. marmoreus</i> 5%	5.82 <sup>ab</sup> ±0.04	33.0 <sup>cd</sup> ±2.5
<i>H. marmoreus</i> 7%	5.89 <sup>a</sup> ±0.05	32.5 <sup>d</sup> ±2.2
kiwi 3%	4.97 <sup>e</sup> ±0.06	42.0 <sup>a</sup> ±0.5

<sup>a-e</sup> Different superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test( $P<0.05$ ).

절단강도가 222.5 kg/cm<sup>2</sup>이었고 버섯 시료의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여( $p<0.05$ ) 149.2 kg/cm<sup>2</sup>까지 낮아지는 것을 확인했다. 이는 능이버섯의 첨가가 소고기의 경도를 감소시킨 결과(Bae *et al.*, 2002)와 유사하며 버섯 내 다량 존재하는 단백질분해효소로 인해 소고기의 actin, collagen 등의 근 단백질이 분해된 결과로 판단된다. 단백질분해효소활성이 더 낮았던 키위시료의 3% 첨가구와 동량의 느티만가닥버섯 시료를 처리하였을 때는 키위를 첨가한 것의 절단강도가 더 낮았는데 이는 고기의 염지 농도가 높을수록 근원섬유 단백질간의 결합력이 약화되어 연도가 향상된 Moon 등(2002)의 결과와 당분이 고기의 조직감에 영향을 준다는 Song 등(1997)의 결과를 비추어 볼 때 단백질분해효소 외의 요소가 연화작용에 영향을 미친 것으로 생각된다.

소고기의 색도는 Table 3에서와 같이 버섯시료 첨가량이 늘어날수록 L, a, b 값이 모두 유의적으로 감소하는 경향이 있었으며( $p<0.05$ ) 육안으로 볼 때도 소고기의 색택이 어두워지고 적색도가 감소하였다(Figure 1). 이는 표고 첨가량이 증가할수록 소고기의 명도와 적색도가 낮아진 Kim 등(2017)의 결과와 같았으나 황색도(b)값의 경향이 반대인 것은 버섯원료의 색 차이인 것으로 판단된다.

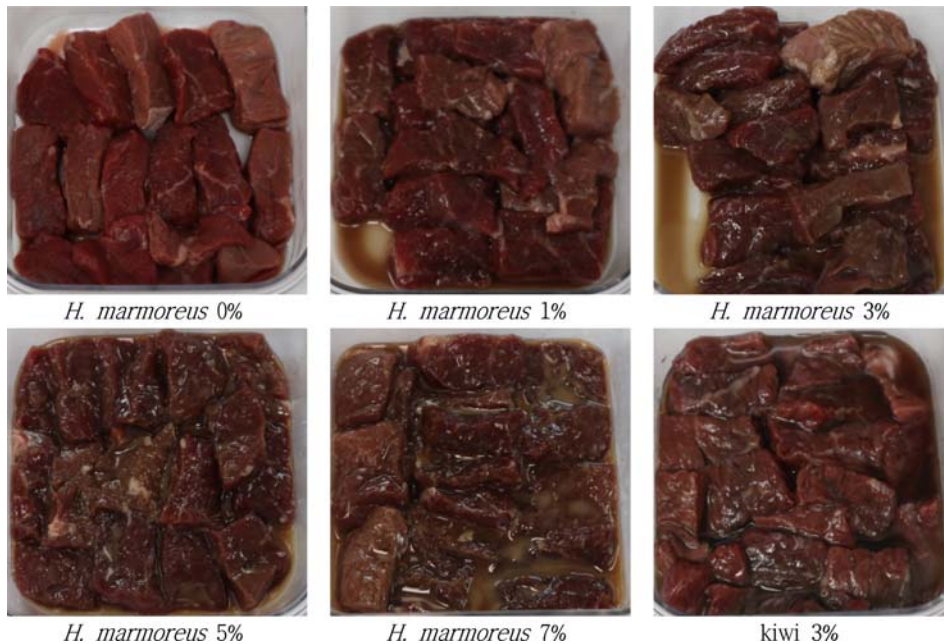
### 관능검사

느티만가닥버섯, 키위의 첨가량을 달리하여 재운 소고기의 관능적 품질특성을 Table 4에 나타내었다. 느티만가닥버섯 첨가량이 증가할수록 연육정도에 대한 기호도가

**Table 3.** Cutting strength and color value of beef treated with *H. marmoreus*

Treatment	Cutting strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Color value		
		L(Lightness)	a(redness)	b(yellowness)
<i>H. marmoreus</i> 0%	222.5 <sup>a</sup> ±29.2	34.2 <sup>a</sup> ±3.7	6.0 <sup>a</sup> ±1.4	15.0 <sup>a</sup> ±0.8
<i>H. marmoreus</i> 1%	176.2 <sup>b</sup> ±27.0	32.9 <sup>ab</sup> ±3.6	5.5 <sup>ab</sup> ±1.3	12.1 <sup>b</sup> ±1.3
<i>H. marmoreus</i> 3%	172.1 <sup>b</sup> ±23.0	31.6 <sup>abc</sup> ±3.2	5.5 <sup>ab</sup> ±1.0	10.8 <sup>c</sup> ±2.0
<i>H. marmoreus</i> 5%	158.4 <sup>bc</sup> ±11.8	30.3 <sup>bc</sup> ±1.9	4.8 <sup>bc</sup> ±1.0	9.3 <sup>d</sup> ±1.3
<i>H. marmoreus</i> 7%	149.2 <sup>c</sup> ±11.7	30.1 <sup>c</sup> ±2.6	4.8 <sup>bc</sup> ±0.8	8.9 <sup>d</sup> ±0.9
kiwi 3%	161.2 <sup>bc</sup> ±11.3	32.8 <sup>abc</sup> ±2.9	4.1 <sup>c</sup> ±0.7	10.7 <sup>c</sup> ±1.8

<sup>a-d</sup> Different superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ )



**Fig. 1.** The external appearance of beef with treatments

**Table 4.** Sensory evaluation scores of cooked beef treated with *H. marmoreus* and kiwi

Treatment	Tenderness	Flavor	Taste	Overall acceptability
<i>H. marmoreus</i> 0%	4.1 <sup>b</sup> ±2.1	3.8 <sup>b</sup> ±1.8	4.4 <sup>ab</sup> ±1.9	3.3 <sup>b</sup> ±1.4
<i>H. marmoreus</i> 3%	5.5 <sup>ab</sup> ±2.0	4.9 <sup>ab</sup> ±1.6	5.4 <sup>a</sup> ±1.2	5.2 <sup>a</sup> ±1.5
<i>H. marmoreus</i> 7%	6.6 <sup>a</sup> ±1.8	5.6 <sup>a</sup> ±1.8	5.5 <sup>a</sup> ±1.9	5.8 <sup>a</sup> ±2.0
kiwi 3%	5.3 <sup>ab</sup> ±1.8	3.9 <sup>b</sup> ±1.6	3.5 <sup>b</sup> ±2.3	4.3 <sup>ab</sup> ±1.9

<sup>a-b</sup> Different superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ )

증가하여 절단강도를 측정 한 결과와도 일치하였다. 느티만가닥버섯 시료를 첨가하였을 때 대조구에 비해 향과 맛, 종합기호도가 유의성 있게 우수하였다 ( $p < 0.05$ ). 키위시료를 3% 첨가한 처리의 연육정도는 동량의 느티만가닥버섯을 처리하였을 때와 비슷하였으나 맛과 종합기호도에서 점수가 낮았는데 이는 키위의 시큼한 맛이 고기와 어울리지 않아 나타난 결과로 보여진다.

느티만가닥버섯, 키위의 첨가는 소고기의 연육정도를

증진시켰으며 특히 느티만가닥버섯은 소고기의 향과 맛의 기호도를 개선시키는 것으로 나타났다. 이는 느티만가닥버섯이 함유한 아미노산 등의 맛 성분이 고기의 맛을 증진시킨 것으로 생각된다 (Lee *et al.*, 2009).

**느티만가닥버섯 단백질분해효소의 안정성**

pH조건에 따른 느티만가닥버섯 단백질분해효소의 활성은 pH 3 이하부터 효소활성이 감소하다가 pH 2에서

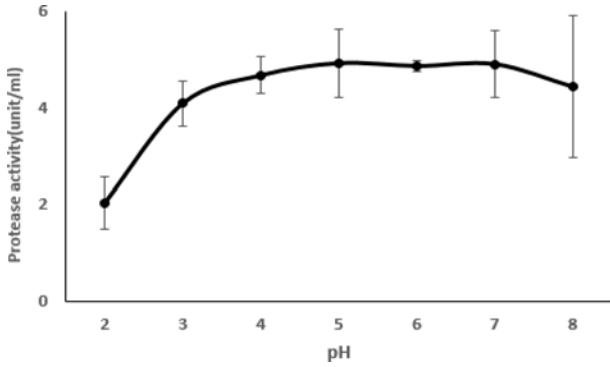


Fig. 2. Changes in protease activity of extraction from *H. marmoreus* with different pH condition.

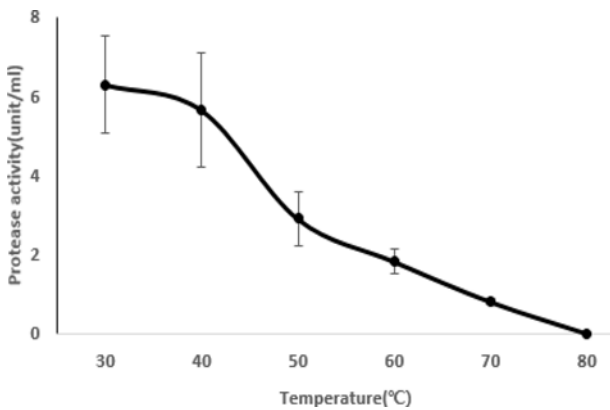


Fig. 3. Changes in protease activity of extraction from *H. marmoreus* with different temperature condition.

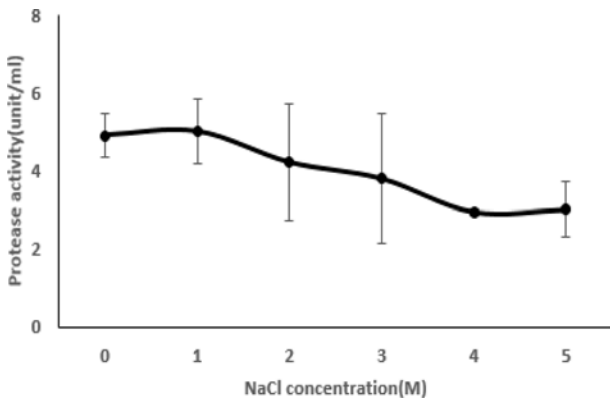


Fig. 4. Changes in protease activity of extraction from *H. marmoreus* with different salt condition.

40% 이하로 감소하였다(Figure 2). pH 3~8의 범위에서 비교적 안정적인 활성을 나타내는 것으로 보였는데 이는 일반적으로 소스의 pH가 3~4임을 고려할 때 소스 제조 시 활용도가 높을 것으로 판단된다.

온도에 따른 효소활성은 40 °C까지는 안정하다가 50 °C에서 50% 이하로 감소하기 시작하여 80 °C에서 실패하였

다(Figure 3). 연육제로 활용하기 위해 느티만가닥버섯을 가공할 때는 저온에서 가공하는 것이 단백질 분해효소 유지에 유리하며 요리에 활용 시 고온보다는 상온에서 재워 요리하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

효소활성에 대한 염농도의 영향을 분석한 결과 Figure 4에서와 같이 염농도 3 M까지 효소활성이 80%이상 유지가 되었고 4 M이상에서 다소 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 비교적 높은 염농도에서도 효소활성이 유지되는 느티만가닥버섯은 연육소로서의 활용이 가능할 것임을 알 수 있었다.

## 적 요

본 연구에서는 단백질분해효소활성이 있는 느티만가닥버섯을 분말 시료화하여 pH, 염도, 온도에 따른 단백질분해효소활성의 변화와 시료 첨가량에 따른 소고기의 육질 변화를 분석하였다.

느티만가닥버섯과 키위의 단백질분해효소 활성을 분석한 결과 느티만가닥버섯은 3.8 unit/ml, 키위가 2.4 unit/ml로 나타났다. 느티만가닥버섯과 키위 시료를 첨가량별로 소고기에 첨가하였을 때 키위 시료를 첨가한 소고기의 pH는 감소하고 가열감량은 증가한 반면 느티만가닥버섯 시료를 첨가한 소고기의 pH는 첨가량의 증가에 따라 높아졌으며 가열감량은 감소하였다. 절단강도는 첨가량이 증가할수록 감소하였으며 색도에 있어서 L, a, b값 모두 첨가량이 많아질수록 감소하여 느티만가닥버섯의 소 우둔살에 대한 연육효과를 확인하였다. 느티만가닥버섯과 키위 시료를 첨가하여 관능적 품질을 살펴본 결과 느티만가닥버섯 시료의 첨가량이 증가할수록 연육정도에 대한 기호도가 높아졌고 대조구 및 키위시료 첨가구에 비해 전체적인 기호도가 높았다. 조건에 따른 느티만가닥버섯 시료의 단백질분해효소 활성은 pH는 2 이하, 50 °C 이상에서 효소활성이 감소하였고 염농도 조건에서는 1 M 이상부터 서서히 떨어지는 경향이였다.

위의 결과로써 질긴 육류를 조리할 때 키위 등 과실 연육재료 대체용으로 느티만가닥버섯이 활용될 가능성이 있음을 보였다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청의 어젠다 연구사업의 지원을 받아 연구되었으며(PJ013413022019) 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

Bae YH, Lee JS, Lee KA, Yoon JD, Kang DH, Lee JS. 2002. The effect of *Sarcodon aspratus* fruitbody on the cooking quality of beef steak. *J East Asian Soc Diet Life*

- 12: 326-333.
- Cupp-Enyard C. 2008. Sigma's non-specific protease activity assay - casein as a substrate. *J Vis Exp* 19: e899. <http://dx.doi.org/10.3791/899>.
- Hong SE. 2007. 팽이버섯균사체배양액의 protease 활성에 관한 연구. M. D. Thesis. Suncheon University. Suncheon, Korea.
- Kim HK, Han HY. 2017. Effect of *Letinus edodes* powder on tenderness and sensory characteristics of beef. *Culi Sci & Hos Res* 23: 63-70.
- Kim MH, Rho JH, Kim MJ. 2011. Stabilizing and optimizing properties of crude protease extracted from Korean figs. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 29-37.
- Kwon HJ. 2018. Antiaging and antioxidant activity of *Hypsizygus marmoreus* extracts. *J Korean Appl Sci Technol* 35: 1081-1087.
- Lee YL, Jian SY, Mau JL. 2009. Composition and non-volatile taste components of *Hypsizygus marmoreus*. *LWT Food Sci Technol* 42: 594-598.
- Lim YJ, Lee CY, Park JE, Kim SW, Lee HS, Ro HS. 2010. Molecular Genetic Classification of *Hypsizygus marmoreus* and development of strain-specific DNA markers. *Korean J Mycol* 38: 34-39.
- Min BN, Kim SH, Oh YL, Kong WS, Park HJ, Cho HJ, Jang KY, Kim JG, Choi IG. 2018. Genomic discovery of the hypsin gene and biosynthetic pathways for terpenoids in *Hypsizygus marmoreus*. *BMC Genomics* 19: 789.
- Moon YH, Kim YK, Hyon JS, Lee JH, Jung IC. 2002. Effects of salt concentrations of curing solution on myofibrillar protein extractability, fragmentation, water holding capacity, salt contents and palatability of cured pork loins. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 999-1004.
- Park BY, Cho SH, Yoo YM, Kim JH, Chae HS, Ahn JN, Kim YK, Lee JM, Yun SG. 2002. Comparison of pork quality by different postmortem pH24 values. *J Anim Sci Technol* 44: 233-238.
- Song HH. 1997. The effect of glycerol, rice syrup and honey on the quality and storage characteristics of beef jerky. M. Sc. Thesis. Konkuk University. Seoul, South Korea.
- Takako Y, Naoko I, Ichiro O, Hajime I, Yasuo H, Atsuko M. 2008. Tenderizing of meat by using Maitake (*Grifola frondosa*) extract with low temperature steam cooking. *J Cookery Sci Jpn* 41: 176-183.