

종류별 효소 처리에 따른 돈피 콜라겐의 품질특성

[†]전기홍 · 황윤선 · 김영봉 · 최윤상 · 김병목 · 김동욱* · 장애라* · 최진영**

한국식품연구원, *강원대학교 동물생명과학과, **신한대학교 식품조리과학부

Quality Characteristics of Pork Skin Collagen with Enzyme Treatments

[†]Ki-Hong Jeon, Yoon-Seon Hwang, Young-Boong Kim, Yun-Sang Choi, Byoung-Mok Kim,
Dong-Wook Kim*, Aera Jang* and Jinyoung Choi**

Food Processing Technology Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

*College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

**Division of Food Science and Culinary Arts, Shinhan University, Euijeongbu 11644, Korea

Abstract

To increase the collagen recovery rate, bromelain (PB) and a microbial enzyme (PM) were used to treat to pork skin with single agent or combinations. The quality of collagen from the pork skin was evaluated by enzymatic treatments. The highest results for the solid contents and pork skin recovery rate obtained with the microbial-enzyme-bromelain mixture (PMB) were 13.60% and 18.05% respectively. The result also showed that the color was affected by different types of enzyme treatments. Although PM treatment showed the highest result in the protein content of 251.30 mg/100 g, PMB treatment was the highest in the test of collagen content of 37.73 g/100 g among the treatments. However bands of the pork skin were detected widely at 130 kDa and 170 kDa ranges in SDS-PAGE. The band of PB treatment showed at the range of below 17 kDa, changed into a smaller molecular weight. The collagen content test of the pork skin by the treatments, collagen contents with combination treatment of pork skin with PMB (0.5%) resulted the highest in 43.76 g/100 g. Also the fat content at the above treatment was reduced to 11.12% compared to the other treatments. With these results of this experiment, we conclude that the enzymatic treatments were effective for the processing property of pork skin like enhancing the yield of collagen.

Key words: pork skin, collagen, bromelain, microbial enzyme, processing property

서 론

콜라겐은 피부와 모발을 구성하는 성분 중 하나로서 동물의 껍질에 많이 들어있고 특히 어류나 돼지, 닭고기에 많은 콜라겐이 함유되어 있다. 그중에서 돈피는 콜라겐을 다량 함유하고 있는 원료물질로서 어떤 소재보다 연중 공급량이 많고 안정적인 특성을 갖고 있으나 분자량이 30만 정도의 크기여서 다른 동물성 유래 콜라겐 소재에 비해 체내 흡수가 상대적으로 제한적이다. 따라서 돈피 유래 콜라겐의 원료특성 및

가공적성 등을 파악하고 이를 활용하는 기술을 개발한다면 저급 원료로 취급되던 돈피가 새로운 가치를 창출할 수 있는 원료물질로 각광받을 수 있을 것으로 판단된다. 특히 돈피 유래 콜라겐에 물리, 화학적인 처리를 통해서 분자량을 낮추는 가공기술이 필요하기 때문에 돈피를 이용한 많은 연구가 진행되고 있으며, Cho 등(2006)은 콜라겐 유래 올리고펩타이드가 항균, 항산화와 같은 기능적인 특성을 갖고 있기 때문에 환경친화적 방사선조사를 통하여 올리고펩타이드를 제조하였으며, Han & Kang(2008)은 혈중 콜라겐의 농도를 측정함으

[†] Corresponding author: Ki-Hong Jeon, Food Processing Technology Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam, 463-746, Korea. Tel: +82-31-780-9077, Fax: +82-31-709-9876, E-mail: khjeon@kfri.re.kr

로써 노화와 콜레스테롤, 피부 갈라짐을 연구하였다. 이외에도 어류콜라겐에 관한 연구로는 오징어껍질에서 분리한 콜라겐을 이용하여 미백과 UV 보호효과를 보았으며(Kwon 등 2008), 오징어 및 명태껍질을 효소 가수분해하여 항산화 효과를 측정하고(Yang & Hong 2012), 상어껍질을 이용한 콜라겐에서의 항균작용과 항산화 활성 등(Kim 등 2009b), 송어껍질에서 분리한 저분자 콜라겐 펩타이드를 이용하여 혈중 지질대사에서 고지혈증을 예방하는 효과를 보았다(Kim 등 2009a). 또한 불가사리, 해삼, 해파리, 홍어 등에서 콜라겐을 추출한 많은 연구가 진행되어 왔다(Kimura 등 1993; Mizuta 등 1994; Nagai & Suzuki 2000; Mizuta 등 2002). 그러나 이들 콜라겐은 주로 껍질을 이용하여 콜라겐을 추출하거나 분리해야하기 때문에 돈피 콜라겐보다 수율이 적어 많은 양의 콜라겐을 추출하는데 문제점이 있는 실정이다. 따라서 최근 미용식품 소재, 항산화 효과, 항균, 항노화 및 고지혈증에 효과를 가지고 있는 콜라겐을 활용하여 다양한 산업적인 적용이 시도 중이다.

따라서 본 연구에서는 돈피 콜라겐 성분의 가공적성 향상을 위해 효소처리 등을 통해 콜라겐 성분의 생산수율을 향상시키면서 물리적 처리 등을 통해 콜라겐 성분의 순도를 향상시키는 방안을 탐색하기 위한 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용한 돈피는 강원도 소재 K 도축장에서 구입한 1+ 등급, 170일령 3원 교잡 거세돈에서 생산된 것을 사용하였다. 이 때 시험의 균일성을 높이기 위해 시료의 부위를 등 부위로 고정하고 각각 3반복 처리하여 실험재료로 사용하였다. 각 실험재료를 냉장상태에서 실험장소로 이동한 후 각 시료별로 균일한 상태가 될 때까지 가시지방을 제거하고 시료를 충분히 세척한 후 1~2 cm 크기로 절단하고 돈피와 물을 1:1.5 비율로 혼합하여 공시재료로 사용하였다.

2. 효소처리 방법

1) 효소의 종류별 돈피 콜라겐 처리방법

돈피에 효소의 종류를 달리하여 처리한 조건은 Fig. 1과 같다. 전처리한 돈피로부터 콜라겐의 생산 수율을 향상시키기 위해 단백질분해효소인 브로멜라인(파인애플에서 추출한 식물성 단백질분해효소, 분말 타입, 200GDU, (주)비전바이오캡)과 미생물효소(*Aspergillus oryzae* 배양물 유래, 분말 타입, 2000P, (주)비전바이오캡)를 각각 0.5% 비율의 단일처리로 사용하거나 또는 브로멜라인과 미생물효소 혼합물로 조성하여 돈피에 효소처리를 하였다. 이 때 효소 반응 환경은 각 효소에 따라 이미 최적 온도조건으로 선정된 기준으로 시험하였고 이에 따라 브로멜라인 50℃, 미생물효소 60℃ 온도로 설정된 항온수조에서 각각 4시간 반응시켰고, 브로멜라인과 미생물효소 혼합물로 사용한 효소는 50℃ 2시간 반응시킨 후 다시 60℃에서 2시간 반응시켰다. 이 후 시료를 95℃에서 15분간 열처리하여 효소 불활성화시킨 후 동결건조(LP50-500, 일신바이오베이스, 한국)하여 분석에 사용하였다.

2) 복합효소 농도별 돈피 콜라겐의 처리방법

복합효소 농도별 처리에서는 두 가지 종류 효소를 같은 비율로 혼합한 상태를 유지하면서 최종 혼합 비율 0.2% 처리구(미생물효소 0.1% 및 브로멜라인 0.1% 혼합처리구), 혼합 비율 0.5% 처리구(미생물효소 0.25% 및 브로멜라인 0.25% 혼합처리구) 그리고 혼합 비율 1.0% 처리구(미생물효소 0.5% 및 브로멜라인 0.5% 혼합처리구)로 각각 효소 농도를 다르게 처

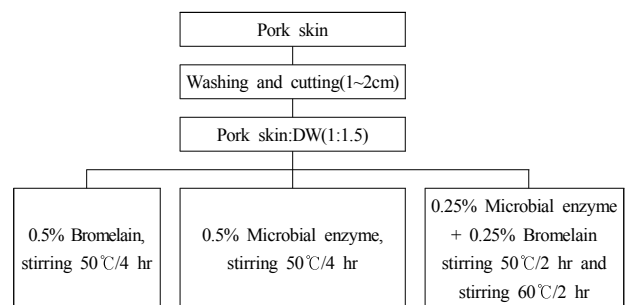


Fig. 1. Procedure of pork skin collagen preparation by different conditions of various enzyme treatment

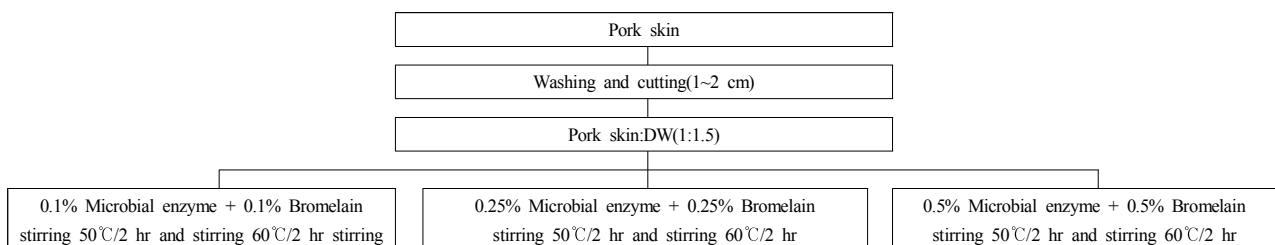


Fig. 2. Procedure of pork skin collagen preparation by different conditions of enzyme concentration treatment

리하였다(Fig. 2).

3. 분석항목 및 방법

1) 고형분 함량 및 수율

수용액 속의 함유된 용질의 양을 % 단위로 나타내는 무게 비로 나타내는 °Brix 함량을 측정하기 위하여 당도계(NI, ATAGO, Japan)를 사용하여 고형분의 함량을 측정하였다. 수율은 건조 전의 중량 대비 동결건조 후 중량의 백분율로 표시하였다.

$$\text{수율}(\%) = (\text{건조 후 중량} / \text{건조 전 중량}) \times 100$$

2) 색도

색차계(Chromameter: Model CR-410. Minolta Co., Japan)를 이용하여 L(Lightness, 명도), a(Redness, 적색도), b(Yellowness, 황색도)의 색채 값을 5회 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 이 때 사용된 표준백판은 L값 97.10, a값 -0.17, b값 2.08 이었다.

3) 단백질 함량

단백질 함량은 bicinchoninic acid(BCA) protein assay kit(Sigma Chemical Co., USA)를 이용하여 측정하였고(Kim 등 2013) 이 때 표준용액은 BSA(bovine serum albumin)를 이용하였다.

4) 콜라겐 함량

콜라겐 함량은 Kolar K(1990)의 방법을 이용하여, 시료 2 g에 7 N HCl 15 mL를 첨가하여 105°C dry oven에서 16시간 산가수분해한 후 250 mL로 정용하고 여과하였다. 가수분해 물을 희석한 다음 희석액 2 mL에 chloramine-T 용액 1 mL를 첨가하고, 실온에서 20분간 정치시켰다. 발색시약(Ehrlich's reagent solution) 1 mL를 첨가한 후, 60°C에서 15분간 반응시켜 UV/VIS spectrophotometer(Mecasys, Optizen 2120 UV, Korea)를 사용하여 558 nm에서 흡광도를 측정하였다. 콜라겐 함량은 콜라겐에 존재하는 hydroxyproline 함량을 표준곡선으로부터 측정하였고 여기에 상수 8을 곱하여 계산하였다.

5) 전기영동 패턴(SDS-PAGE electrophoresis)

SDS-PAGE는 Laemmli UK(1970)의 방법을 이용하였으며, Prosi prestained protein marker(GenDEPOT, USA)를 사용하여, 5% stacking gel과 12% separating gel을 만들어 사용하였으며, 시료는 단백질 함량 정량 후, 2X sample buffer와 1:1로 혼합한 후 95°C에서 5분간 열처리하여 사용하였다. 전기영동장치(page Run, AE-6531, ATTO, Japan)를 이용하여 100 volt로 전기영동하였으며, 젤의 염색액(0.25% Coomassie brilliant blue

R-250, 5% methanol and 7.5% acetic acid)을 이용하였으며, 7.5% acetic acid 와 25% methanol로 만든 탈색하여 분리된 단백질 밴드를 확인하였다.

6) 조지방 함량

시료 약 3 g 원통여지에 넣어 지방추출용 사이폰관에 넣고 지방수기를 장착한 다음 유기용매를 사용하여 16시간 추출 후 수기내 남아있는 유기용매(ethyl ether)를 evaporator로 1차로 제거한 다음 수기에 남아있는 용매를 2차로 완전 건조하여 desiccator에서 30분간 방냉시킨 다음 무게를 측정하여 지방 함량을 계산하였다.

$$\text{조지방}(\%) = \{(\text{추출후 수기} + \text{지방}) - \text{추출 전 수기}\} / \text{시료무게} \times 100$$

4. 통계처리

각 분석 방법을 3회 이상 반복 실험한 결과에 대하여 SAS (statistical analysis system, Version 9.1) 프로그램을 이용하여 분산분석을 한 후 유의차 검정은 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 효소의 종류별 돈피 콜라겐 품질특성

1) 고형분 함량 및 수율

돈피를 각 효소 종류별로 처리하였을 때 효소분해물의 고형분 함량과 건조 후 수율은 Table 1과 같다. 고형분 함량은 단독처리구인 미생물효소 처리 시 12.0 °Brix였으나 브로멜라인 처리 시 6.0 °Brix로 낮아졌고, 혼합처리구인 브로멜라인 +미생물효소 복합 처리 시 13.6 °Brix로 가장 높았다($p < 0.05$). 수율은 미생물효소 처리 시 17.48%, 브로멜라인 처리 시 6.37%

Table 1. Solid content and yield of pork skin prepared by different types of enzyme treatment

Treatment	Solid content(°Brix)	Yield(%)
PB	6.0±0.2 ^c	6.37±0.12 ^c
PM	12.0±0.1 ^b	17.48±0.04 ^b
PMB	13.6±0.1 ^a	18.08±0.08 ^a

PB: Pork skin hydrolysates by bromelain 1200GDU

PM: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P

PMB: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P+bromelain 1200GDU

^{a-c} Values with different letters within a column differ significantly at $p < 0.05$

이었으나 브로멜라인+미생물효소 복합 처리 시 18.08%으로 유의적으로 가장 높아 본 실험의 최적 조건으로 선정하였다. Kim HK(2013)은 어피와 돼지 심근단백질에서 0.50 M 아세트산과 초음파 처리를 병행하면 콜라겐의 추출수율과 추출속도를 높이기 위하여 0.01 M, 0.05 M 및 0.1 M 아세트산으로 24시간 동안 초음파 처리한 결과, 콜라겐 추출 수율이 0.05 M 아세트산 처리구에서 약 20%의 수율을 나타내었다고 보고하였다. 본 실험에서는 18.08%로 추출수율이 가장 높게 나타났으나, 산과 초음파 처리하여 20%의 추출 수율은 보인 것 보다는 적게 나타나 콜라겐을 화학적 처리방법이 아닌 효소만으로 처리하였기 때문에 적은양의 콜라겐분해물을 얻을 수 있다고 생각된다.

2) 색도

돈피를 각 효소 종류별로 처리하였을 때 효소분해물의 색도는 Table 2와 같다. L(명도) 값은 미생물효소 처리구는 83.40 이었고 브로멜라인 처리구는 82.65이었으나 브로멜라인+미생물효소 복합처리구의 경우 89.25로 가장 밝게 나타났다($p<0.05$). a(적색도) 값은 각각 처리구별로 0.25, 1.40 및 -0.24로 브로멜라인 처리구의 값이 가장 높았다. 또한 b(황색도) 값은 각각 15.57, 14.79, 11.28로 미생물효소 처리구의 값이 가장 높아 효소 종류가 돈피 효소분해물 색상에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이는 효소자체가 가지고 있는 색이 다르기 때문에 돈피의 분해물에 황색도와 적색도에 영향을 주었다고 사료된다.

3) 단백질 함량 및 콜라겐의 함량

돈피를 각 효소 종류별로 처리하였을 때 효소분해물의 단백질 및 콜라겐 함량은 Table 3과 같다. 브로멜라인 처리구의 경우, 단백질 함량 234.17 mg/g으로서 미생물효소 처리구 251.30 mg/g 및 브로멜라인과 미생물효소 복합처리구의 결과 240.79 mg/g에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 효소처리구

Table 2. Color of pork skin prepared by different types of enzyme treatment

Treatment	L*	a*	b*
PB	82.65±0.10 ^c	1.40±0.03 ^a	14.79±0.09 ^b
PM	83.40±0.18 ^b	0.25±0.05 ^b	15.57±0.15 ^a
PMB	89.25±0.15 ^a	-0.24±0.03 ^c	11.28±0.06 ^c

PB: Pork skin hydrolysates by bromelain 1200GDU

PM: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P

PMB: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P+bromelain 1200GDU

^{a-c} Values with different letters within a column differ significantly at $p<0.05$

Table 3. Protein and collagen content of pork skin prepared by different types of enzyme treatment

Treatment	Protein content(mg/g)	Collagen content(g/100 g)
PB	234.17±7.52 ^b	24.28±1.16 ^c
PM	251.30±6.63 ^a	30.63±1.31 ^b
PMB	240.79±1.86 ^{ab}	37.73±0.27 ^a

PB: Pork skin hydrolysates by bromelain 1200GDU

PM: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P

PMB: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P+bromelain 1200GDU

^{a-c} Values with different letters within a column differ significantly at $p<0.05$

에 따라 돈피 콜라겐 함량은 각 처리구별로 유의적 차이를 보였다($p<0.05$). 브로멜라인과 미생물효소 혼합처리구의 콜라겐 함량은 37.73 g/100 g으로 처리구 중 가장 높은 결과를 보였으며, 미생물효소 처리구의 돈피 콜라겐 함량은 30.63 g/100 g, 브로멜라인 처리구의 돈피 콜라겐 함량은 24.28 g/100 g으로 나타났다. 이는 Kim 등(2013)의 효소를 사용하여 돈피 콜라겐을 추출한 결과 본 실험과 같이 BCA 단백질 함량이 감소됨을 보여 펩타이드 결합이 끊어져서 나타난 결과로 생각된다. 결과적으로 돈피를 가수분해하여 콜라겐을 추출하기 위해서는 브로멜라인과 미생물효소를 복합적으로 처리하는 것이 가장 좋은 것으로 판단되었다.

4) SDS-PAGE

돈피를 각 효소 종류별로 처리하였을 때 효소분해물을 SDS-PAGE한 결과는 Fig. 3과 같다. 단백질 분해효소 처리하지 않은 돈피(PS)의 경우, 상대적으로 분자량이 큰 130, 170 kDa 범위에서 밴드가 관찰되었으며, 단백질분해효소 처리구 중 미생물효소 단독 처리구인 미생물효소 가수분해 돈피(PM)의 경우 단백질이 분해되어 전반적으로 분자량이 적은 범위까지 밴드가 관찰되는 반면, 브로멜라인 단독처리구인 브로멜라인 가수분해 돈피 처리구(PB)의 경우는 17 kDa 이하 범위인 작은 분자량 단백질이 많았음을 알 수 있었다. 한편 미생물효소와 브로멜라인 혼합처리구인 미생물효소와 브로멜라인 혼합효소 가수분해 돈피 처리구(PMB)의 경우에서도 28 kDa 이하의 작은 분자량 단백질이 관찰되었다. Cho 등(2006)은 돈피에 방사선조사 후 papain 효소를 처리한 후 SDS-PAGE한 결과, 대조구인 30만 kDa에서 40 kGy 조사선량에서는 100 kDa 또는 200 kDa 부근에서 콜라겐 분자가 점차 소실되었으며, 방사선량을 300 kGy까지로 점차 증가할수록 콜라겐 분자가 24 kDa에서 밴드가 증가함을 보였다. 방사선 조사에 의한 콜라겐 분자의 저분자화는 방사선량이 증가함에 따라 비례적으로 콜라겐 저분자가 증가하나 방사선취도 증가하기 때

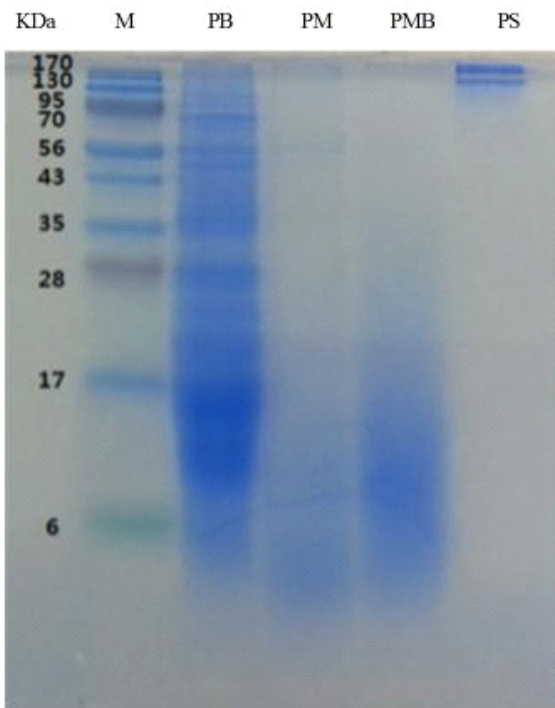


Fig. 3. SDS-PAGE of pork skin treated with different types of enzyme treatment. M: Marker, PB: Pork skin hydrolysates by bromelain 200GDU, PM: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P, PMB: Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 2000P+bromelain 1200GDU, PS: Pork skin

문에 바람직한 방법은 아니라고 사료된다. 또한 Kim 등(2013)은 돈피추출물에 flavourzyme을 0.3% 첨가하여 pH 7.0 보정 후 50℃에서 12시간 동안 분해한 후 전기영동을 통해 분자량이 45~200 kDa에서 3 kDa 이하의 저분자 물질로 분리되어 저분자 콜라겐을 얻었다.

2. 복합효소 농도별 돈피 콜라겐의 품질특성

1) 고형분 함량 및 수율

돈피를 각 효소의 농도별로 처리하였을 때 효소분해물의 고형분 함량과 수율을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 고형분 함량은 브로멜라인과 미생물효소를 각각 0.1% 혼합 처리하였을 때 18.00 °Brix이었으나, 0.25% 혼합 처리 시 20.20 °Brix로 상승하였고, 0.5% 혼합 처리 시 21.8 °Brix의 결과를 보여 처리구 중 가장 높았다($p<0.05$). 또한- 수율의 경우 처리구별로 각각 25.25%, 32.42% 및 37.20%의 결과를 보여 브로멜라인과 미생물효소를 각각 0.5%씩 처리한 효소 처리구가 가장 우수한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

Table 4. Solid content and yield of pork skin prepared by different concentration of enzyme treatment

Treatment	Solid content(°Brix)	Yield(%)
0.2%	18.00±0.13 ^c	25.25±0.12 ^c
0.5%	20.20±0.08 ^b	32.42±0.24 ^b
1.0%	21.80±0.04 ^a	37.20±0.19 ^a

0.2% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.1%+bromelain 0.1%
 0.5% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.25%+bromelain 0.25%
 1.0% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.5%+bromelain 0.5%

^{a-c} Values with different letters within a column differ significantly at $p<0.05$

2) 색도

돈피를 각 효소의 농도별로 처리하였을 때 효소분해물의 색도는 Table 5와 같다. L(명도)값은 B(0.1%)+P(0.1%) 처리구가 86.14, B(0.25%)+P(0.25%) 처리구는 85.98이었으며 B(0.5%)+P(0.5%) 처리구는 85.54의 결과를 보여 효소 농도가 높아질수록 L 값은 떨어지는 경향을 보였다. 이는 효소분해가 많이 진행됨에 따라 고형분 함량이 증가되고 가용성 단백질 함량이 감소되어 명도값이 감소됐다고 생각된다. 가용성 단백질의 증가로 a(적색도) 값의 경우, B(0.1%)+P(0.1%) 처리구는 -0.06, B(0.25%)+P(0.25%) 처리구는 -0.10이었으며 B(0.5%)+P(0.5%) 처리구의 경우 -0.14로 나타나서 처리구 중 가장 낮은 값을 보였다. b(황색도) 값의 경우, 각각 처리구에 따라 16.69, 16.68 및 16.67의 결과를 보여 처리구 간 차이를 보이지 않았다.

3) 단백질 함량 및 콜라겐 함량

돈피를 각 효소의 농도별로 처리하였을 때 효소분해물의 단백질 및 콜라겐 함량은 Table 6과 같다. B(0.5%)+P(0.5%) 처리 시, 단백질 함량은 108.83 mg/g으로 B(0.25%)+P(0.25%) 처리구의 120.50 mg/g 그리고 B(0.1%)+P(0.1%) 처리구 248.00 mg/g 보다 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 이는 Kim 등(2013)의 돈피추출물에 flavourzyme 효소처리한 후 고분자의 단백질 함량은 511.53 mg/g에서 저분자 단백질 함량 54.43

Table 5. Color of pork skin prepared by different concentration of enzyme treatment

Treatment	L	a	b
0.2%	86.14±0.65	-0.06±0.06	16.69±0.21
0.5%	85.98±0.30	-0.10±0.03	16.68±0.62
1.0%	85.54±0.41	-0.14±0.04	16.67±0.33

0.2% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.1%+bromelain 0.1%
 0.5% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.25%+bromelain 0.25%
 1.0% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.5%+bromelain 0.5%

Table 6. Protein and collagen content of pork skin prepared by different concentration of enzyme treatment

Treatment	Protein content(mg/g)	Collagen content(g/100g)
0.2%	248.00±4.33 ^a	37.63±0.52 ^b
0.5%	120.50±1.25 ^b	36.56±0.57 ^b
1.0%	108.83±6.17 ^c	43.76±1.10 ^a

0.2% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.1%+bromelain 0.1%

0.5% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.25%+bromelain 0.25%

1.0% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.5%+bromelain 0.5%

^{a-c} Values with different letters within a column differ significantly at $p<0.05$

mg/g에 비해 약 10배 높은 함량을 나타내어, 효소처리에 의한 단백질 펩타이드가 분해되므로 단백질 함량이 감소된 것이 본 실험 결과와 일치하였다. 또한 돈피의 콜라겐 함량은 B(0.1%)+P(0.1%) 처리구가 37.63 g/100g, B(0.25%)+P(0.25%) 처리구는 36.56 g/100 g으로 효소처리에 따른 콜라겐 함량의 차이가 없었다. 반면 B(0.5%)+P(0.5%) 처리구의 경우 43.76 g/100 g으로 나타나 처리구 중 가장 높은 결과를 보였다. 이는 가수분해가 일어날수록 단백질의 함량은 낮고 이와 반대로 콜라겐의 함량은 높게 나타났다. 따라서 저분자가 진행됨에 따라 따라서 돈피를 가수분해하여 콜라겐을 추출하기 위해서는 B(0.5%)+P(0.5%) 처리 시 가장 효과적인 것으로 판단되었다.

4) 조지방 함량

돈피를 각 효소의 농도별로 처리하였을 때 효소분해물의 지방 함량은 Table 7과 같다. B(0.1%)+P(0.1%)는 24.91%, B(0.25%)+P(0.25%)는 27.38%, B(0.5%)+P(0.5%)는 11.12%로 나타나 B(0.5%)+P(0.5%) 처리 시 조지방 함량이 가장 낮아짐을 알 수 있었다. 효소농도 증가에 따라 조지방 함량의 변화는 효소의 분해에 따라 3차구조의 단백질이 분해되면서 비극성 메틸기가 노출되어 유기용매에 해되므로 조지방 함량이 증가된 것으로 보인다.

Table 7. Crude fat content of pork skin prepared by different concentration of enzyme treatment

Treatment	Crude fat(%)
0.2%	24.91±0.87 ^b
0.5%	27.38±0.62 ^a
1.0%	11.12±0.84 ^c

0.2% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.1%+bromelain 0.1%

0.5% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.25%+bromelain 0.25%

1.0% Pork skin hydrolysates by microbial enzyme 0.5%+bromelain 0.5%

^{a-c} Values with different letters within a column differ significantly at $p<0.05$

요약 및 결론

돈피 콜라겐의 회수율을 향상시키기 위한 목적으로 브로멜라인 및 미생물효소 등 효소의 종류별 처리 그리고 이들 종류별 효소의 단일처리 및 혼합처리 등 효소 처리조건에 따라 시험하여 각 효소의 처리 특성에 따른 돈피 효소 분해물 품질을 평가하였다. 효소 종류별 처리에 따른 돈피 고형분의 함량과 회수율은 미생물효소와 브로멜라인 혼합처리구(PMB)에서 13.60% 및 18.05%로 가장 우수하였고, 각 효소의 특성에 따라 돈피 효소 분해물의 색상에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 단백질 함량의 경우 미생물효소처리구가 251.30 mg/100 g으로 가장 높았으나 콜라겐 함량의 경우, PMB 처리구가 37.73 g/100 g으로 처리구 중 가장 높은 결과를 보였다. SDS-PAGE 실험 결과 돈피는 130 kDa과 170 kDa 범위에서 밴드가 관찰되었으며 브로멜라인 처리구에서 17 kDa 이하로 분자량의 크기가 작아진 것을 관찰 할 수 있었다. 효소의 농도별 처리에 따른 돈피의 콜라겐 함량을 측정한 결과, PMB 0.5% 혼합처리 시 콜라겐 함량이 43.76 g/100 g으로 다른 처리구에 비해 증가하였으며 지방 함량은 다른 처리구에 비해 11.12%까지 감소하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구를 통해 돈피 콜라겐 성분의 가공적성 향상을 위한 효소처리에 따라 돈피의 콜라겐 성분 생산 수율을 향상시킬 수 있다고 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 농림축산식품부에서 지원한 고부가가치 식품기술 개발사업(2015-313050-3)의 연구수행 내용으로 작성하였으며 이에 감사드립니다.

References

- Cho YJ, Seo JE, Kim YJ, Lee NH, Hong SP, Kim YH. 2006. Study on the degradation of pigskin collagen using irradiation technique. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:588-593
- Han CJ, Kang SM. 2008. The effect of collagen supplementation from pork skin on serum collagen, serum sex steroid hormone, serum lipid and skin crack in Korean middle-aged women. *Korean J Community Nutrition* 13:912-921
- Kim DW, Park K, Ha G, Jung JR, Chang O, Ham JS, Jeong SG, Park BY, Song J, Jang A. 2013. Anti-oxidative and neuroprotective activities of pig skin gelatin hydrolysates. *Korean J Food Sci An* 33:258-267
- Kim HK. 2013. Efficient extraction technique of fish skin collagen

- and pork cardiac protein by ultrasonic treatment. MS Thesis, Korea Univ. Seoul, Korea
- Kim HS, Seong JH, Lee YG, Xie CL, Choi WS, Kim SH, Yoon HD. 2009a. Effect of low-molecular-weight collagen peptide extract isolated from scales of the flathead mullet (*Mugil cephalus*) on lipid metabolism in hyperlipidemic rats. *Korean J Food Preserv* 16:938-945
- Kim JW, Kim DK, Park JS, Lee YK, Beik KY, Kim SD. 2009b. Antioxidant and antimicrobial activities of shark collagens and inhibitory actions on elastase and tyrosinase. *Korean J Food Preserv* 16:419-426
- Kimura S, Omura Y, Ishida M, Shirai H. 1993. Molecular characterization of fibrillar collagen from the body wall of starfish *Asterias amurensis*. *Comp Biochem Physiol* 104:663-668
- Kolar K. 1990. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products: NMK collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem* 73:54-57
- Kwon MC, Syed AQ, Kim HS, Ahn JH, Cho NH, Lee HY. 2008. UV protection and whitening effects of collagen isolated from outer layer of squid *Todarodes pacificus*. *J Kor Fish Soc* 41:7-12
- Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685
- Mizuta S, Hwang J, Yoshinaka R. 2002. Molecular species of collagen from wing muscle of skate (*Raja kenojei*). *Food Chem* 76:53-58
- Mizuta S, Yoshinaka R, Sato M, Sakaguchi M. 1994. Isolation and partial characterization of two distinct types of collagen in the muscle and skin of the squid *Todarodes pacificus*. *Fish Sci* 60:467-471
- Nagai T, Suzuki N. 2000. Partial characterization of collagen from purple sea urchin (*Anthocidaris crassispina*) test. *Int J Food Sci Technol* 35:497-501
- Yang SJ, Hong JH. 2012. Extraction and physiochemical properties of collagen from squid (*Todarodes pacificus*) skin and Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) skins. *Korean J Food Cookery Sci* 28:711-719

Received 04 October, 2016

Revised 14 October, 2016

Accepted 21 October, 2016