

황다랑어 복부 껍질로부터 추출한 gelatin의 물리화학적 특성

유승재 · 조승목¹ · 우진욱 · 김상호² · 변상훈 · 김태완 · 김선봉*
부경대학교 식품공학과/식품연구소, ¹한국식품연구원, ²송호식품개발(주)

Physicochemical Characteristics of Gelatin from Abdominal Skin of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*)

Sung-Jae YOO, Seung-Mock CHO¹, Jin-Wook WOO, Sang-Ho KIM²,

Sang-Hun BYUN, Tae-Wan KIM and Seon-Bong KIM*

Department of Food Science and Technology/Institute of Food Science,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Research Division for Food Industry Promotion, Korea Food Research Institute,
Sungnam Gyeonggi-do 463-746, Korea

²Song-Ho Food Development Co., Busan 619-912, Korea

Physicochemical characteristics of gelatin extracted from abdominal skin of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), were investigated by comparing its proximate composition, pH, amino acid composition, viscoelastic properties, gel strength and SDS-PAGE patterns, with those of bovine and porcine gelatins. The effects of gelatin concentration, maturation time, heat and freeze treatments on the gel strength of yellowfin tuna abdominal skin gelatin were studied. Amounts of α -chains, β - and γ -components of yellowfin tuna abdominal skin gelatin were higher than those of the two mammalian gelatins. Yellowfin tuna abdominal skin gelatin had the lowest imino acids (proline and hydroxyproline) content, which was consistent with that of other fishes. However, yellowfin tuna abdominal skin gelatin was highest in glycine, alanine, and lysine. The gel strengths of all gelatins were proportional to the concentration of gelatin, but yellowfin tuna abdominal skin gelatin exhibited the greatest gel strength at each concentration. Yellowfin tuna abdominal skin gelatin required a longer maturation time than the two mammalian gelatins to form a firm gel. Higher heating temperature decreased the gel strength of yellowfin tuna abdominal skin gelatin more than in the two mammalian gelatins. Freezing decreased the gel strength of bovine gelatin only slightly, but longer freezing times resulted in greater reductions in gel strength in the yellowfin tuna abdominal skin and porcine gelatins.

Key word: Fish skin, Fish gelatin, Yellowfin tuna, Yellowfin by-products, Physicochemical characteristics

서 론

Gelatin은 collagen의 열변성에 의해 유도되는 단백질을 썩은 돼지고기 산 처리하여 얻어지는 type A gelatin과 우피를 석회 처리하여 얻어지는 type B gelatin으로 구분된다 (Song-chotikunpan et al., 2008). 또한 gelatin은 온도에 의존적인 졸(sol)-겔(gel)의 상변화 특성으로 인해 식품산업을 비롯한 다양한 산업분야에 활용되고 있다. 식품산업분야에서는 겔화제로 이용될 뿐만 아니라 열가역성, 보수성, 유화성, 팽창성, 점성 등의 특징으로 인해 제과, 음료, 빙과, 마요네즈 등의 가공식품 제조에 첨가물로 매우 널리 활용되고 있다 (Cho et al., 2005). Gelatin은 생체단백질인 collagen에서 유래되었기 때문에 생체 적합성이 뛰어나 최근에는 인공피부 및 신경세포 재생을 위한 의약품 분야에도 사용되고 있다 (Maruyama et al., 1999). 특히, 천연 단백질이기 때문에 친환경 및 생분해

특성으로 인해 친환경 소재로써 각광받고 있다 (John and Courts, 1977).

GME (Gelatine Manufacturers of Europe, www.gelatine.org) 보고에 의하면, 2005년도 세계 gelatin 생산량은 306,800 ton 규모인데 이 중 72.1%가 돈피와 우피로부터 생산되고 있으며 소 및 돼지 뼈로부터 26.6%가 제조되고 있다. 또한, 식품에 첨가물로 사용되는 gelatin의 경우 생산량의 80%가 돈피로부터 생산되고 있으며, 10%만이 우피를 이용하는 것으로 보고되었다. 광우병 (BSE, Bovine Spongiform Encephalopathy)의 위험성 내포로 인해 우피의 사용량은 감소하고, 상대적으로 돈피의 사용량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 우제류 동물의 급성가축전염병인 구제역의 전염 및 발병으로 인한 돈피사용 여부에 대하여 논쟁이 벌어지기도 한다.

이와 같이 안전성에 대한 우려가 사회적으로 대두되면서 천연의 안전성이 확보된 신규 gelatin 원료에 대한 연구가 요구되고 있는 실정이다. 과거 수산자원으로부터 gelatin을 이용하

*Corresponding author: owlkim@pknu.ac.kr

기 위한 많은 연구가 진행되었으며, 특히 수산물의 뼈, 어피 등 부산물을 이용하기 위한 연구가 많이 진행되었다 (Cho et al., 2004; 2005; Kim and Cho, 1996; Montero and Gómez-Guillén, 2000). 수산자원 유래 gelatin이 식품 및 의약품 산업에서 사용되기 위해서는 두 가지 선결조건이 충족되어야 하는데, 첫 번째는 산업적 이용이 가능한 규모의 대량생산과 지속적인 공급이 가능해야 한다는 것이며, 두 번째는 현재 널리 사용되고 있는 육상동물 gelatin과 유사한 수준의 물리적 성질(겔 강도, 겔화 및 용화 온도 등)을 가져야 한다는 것이다. 그러나 대부분의 수산자원의 경우 개체의 크기가 작아 효과적인 부산물의 수집이 어려운 실정이며, lumpfish (Osborne et al., 1990), tilapia (Jamilah and Harvinder, 2002), conger 및 squid (Kim and Cho, 1996) 등 일반적인 어류 gelatin의 경우 육상동물에 비해 물리적 특성이 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

최근 FAO 통계자료 (FAOSTAT-Fisheries, <http://faostat.fao.org>)에 의하면 황다랑어를 비롯한 참치류는 세계적으로 400만 톤이 생산되는 대표적인 수산물로써 국내 참치 어획량은 총 수산물 생산량의 12%에 달한다. 또한 tuna는 대부분 통조림 또는 횡감용으로 처리되어 유통, 소비되며, 특히 황다랑어는 대부분 횡감용으로서 -40°C 이하에서 보관되어 껍질 및 뼈 부분을 제거하여 loin 상태로 유통되고 있다. 따라서 황다랑어의 부산물인 껍질의 경우 식용 가능한 원료로써 위생적인 처리과정을 통해 공급될 수 있으며, 냉동 보관되어 가공되기 때문에 연중 공급이 가능한 원료인 것이다.

본 연구에서는 황다랑어 피 (복부)로부터 gelatin을 추출하고 그 물리화학적 특성을 우피 및 돈피 gelatin과 비교하여, 육상동물 gelatin을 대체할 수 있는 산업화 가능성을 알아보았다.

재료 및 방법

재 료

황다랑어 (yellowfin tuna, *Thunnus albacares*) 피는 복부 부분을 사용하였으며, (주)두영수산 (부산, 한국)으로부터 공급 받았다. 어피는 비늘을 제거한 후 수세하였으며, 실험 전까지 -18°C에서 동결 보관하였다. 실험에 사용된 육상동물 gelatin은 우피 (G-9382, 225 Bloom)와 돈피 (G-2500, 300 Bloom) gelatin을 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였으며, 이 외 사용된 모든 시약은 연구용 특급품을 사용하였다.

방 법

Gelatin의 제조

Jamilah and Harvinder (2002)의 방법을 약간 수정하여 다음과 같이 하였다. 세절된 황다랑어 피를 8배 (v/w)의 알칼리 용액 (1.89% NaOH)에 침지하여, 10°C, 900 g의 조건에서 2.9일 동안 진탕 교반하였다. 알칼리 처리는 원료의 비콜라겐 단백질을 제거하고 단단한 조직을 평윤 시킬 목적으로 사용되었

다. 알칼리 처리 후, 흐르는 물로 수세하고 6 N HCl로 중화시켰다. 중화된 황다랑어 피에 원료 대비 6배 (v/w)의 증류수를 가해 56°C에서 4.7시간 열수추출을 하였다. 추출 용액은 30°C에서 900×g의 속도로 원심분리 (HB-201SF, Hanbaek Scientific Co., Korea) 되었으며, 상층액은 여과지 (5 A 110 mm, Advantec, Japan)를 이용하여 감압여과 되었다. 여과된 gelatin 추출용액은 10 Brix까지 농축된 후 열풍건조 되었다. 이를 분말로 분쇄한 후 물리화학적 특성을 분석하기 위한 시료로 사용하였다.

pH 측정

Gelatin의 pH는 Leach and Eastoe (1977)과 Choi and Regenstein (2000)의 방법을 이용하여 측정되었다. 0.1 mg의 gelatin을 60°C의 조건에서 10 mL의 증류수에 녹인 후, pH meter (Accument model 15, Fisher Scientific Co., U.S.A.)를 이용하여 25°C에서 측정하였다.

Gelatin의 정량

Gelatin의 함량은 Sato et al. (1991)의 방법에 따라 분석되었으며, gelatin의 hydroxyproline 변환계수는 ISO (International Organization for Standardization, 1978)에 따라 11.42를 사용하였다. Gelatin 시료 100 mg을 유리시험관에 담고 6 N HCl 5 mL를 넣어 dry bath에서 12시간 동안 산 가수분해하였다. 이후 가수분해액을 6 N NaOH로 중화시키고 2 mL의 acetate/citrate buffer (pH 3)를 혼합하고 최종적으로 0.3 M NaCl 용액으로 25 mL 정용하였다. 7% (w/v) chloramide T (the sodium salt of *p*-toluene sulfonchloramide)와 acetate/citrate buffer (pH 3)를 1:4 비율로 혼합한 산화제용액을 준비하여, isopropanol (300 μ L)와 산화제용액 (600 μ L)가 혼합된 시험관에 시료 용액을 혼합하여 상온에서 4분간 방치하였다. Ehrlich's reagent solution (7% chloramide T와 acetate/citrate buffer를 3:13 비율로 혼합) 4 mL를 각각의 tube에 첨가하여 진탕혼합한 후, 25분 동안 60°C에서 가열하고 용액의 흡광도를 spectrophotometer (UV-140-02, Shimadzu, Japan)를 이용하여 660 nm에서 측정하였다. Gelatin 시료의 hydroxyproline 함량은 Sigma-Aldrich사로부터 구입한 hydroxyproline (H5877, St. Louis, MO, USA)을 이용한 표준검량곡선으로부터 계산하였다.

아미노산 분석

5 mg의 gelatin 시료를 6 N HCl 용액 3 mL에 녹이고 vacuum-sealed glass tubes를 이용하여 110°C에서 24시간 동안 dry bath에서 산 가수분해시켰다. 이후, 분해액을 진공건조하였으며, sodium citrate buffer (pH 2.2, Sigma-Aldrich)에 녹여 아미노산 자동분석기 (Amino acid analyzer S-433H, Sycam, Germany)를 이용하여 분석하였다.

SDS-PAGE 전기영동

SDS-PAGE는 Laemmli (1970)의 방법에 의해 Mini-Protean 3 (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA)을 이용하였다. Polyacrylamide gel은 4%의 stacking gel과 5%의 resolving gel로

제조되었으며, gelatin 시료와 우피에서 추출된 type I collagen 은 5 mg/mL의 농도로 60°C의 증류수에 녹여 사용하였다. 준비된 gelatin 용액을 5% 2-mercaptoethanol, 10% SDS, 20% glycerol과 0.1%의 bromophenol blue가 함유된 0.5 M Tris-HCl buffer (pH 6.8)와 섞어 90°C에서 5분 동안 가열하였다. 이후, 시료 용액을 각각의 gel에 분주하고 slab gel에서 25 mA/gel의 조건으로 전기영동 하였다. 단백질 bands의 염색은 0.25% (w/v) Coomassie brilliant blue R250을 이용하여 2시간 동안 실시하였다. 우피 type I collagen이 α -chains, β -과 γ - component의 maker로 사용하였다.

겔 강도의 측정

겔 강도의 측정은 AOAC official method 948.21 (AOAC, 2000)의 방법을 이용하였으며, rheometer (Compac-100, Sun Scientific Co. LTD., Japan)로 분석하였다. 6.67% (w/v) gelatin을 60°C에서 증류수에 완전히 녹인 후, 7°C에서 17시간 동안 겔을 형성시켜 겔 강도를 측정하였으며, Bloom 값으로 나타내었다. 겔강도의 측정은 plunger, 12.7 mm diameter; penetration depth, 4 mm; penetration speed, 2 cm/min의 조건에서 실시하였다.

점탄성 분석

Gelatin의 점탄성 (viscoelastic properties)는 rheometer (Rheostress 1 RS30, HAAKE Co., Ltd., Germany)의 원통형 점도계 (concentric cylinder geometry)를 이용하여 측정하였다. Gelatin용액 (6.67%, w/v)을 60°C에서 증류수에 녹인 후 frequency 1 Hz, stress 3 Pa, gap 4.2 mm의 조건에서 분당 0.5°C 증가시키면서 측정하였다. 냉각 및 가열 범위는 각각 40°C에서 5°C까지, 5°C부터 40°C까지였으며, 온도의 함수에 따른 elastic modulus (G'; Pa)와 loss modulus (G"; Pa)를 그래프로 나타내었다.

겔 형성점 및 녹는점

Gelatin의 겔 형성점 (gelling point)과 녹는점 (melting point)는 Gudmundsson (2002)의 방법에 의해 측정되었다. 겔 형성점 및 녹는점은 점탄성 측정 시 냉각 및 가열 과정에서 elastic modulus (G', kPa)와 loss modulus (G", kPa)가 교차하는 지점에서 결정하였다.

통계 처리

모든 실험은 3회 반복하여 실시되었으며, one-way analysis of variance에 의해 검증되었다. Duncan's multiple range test ($\alpha=0.05$)를 사용하여 유의수준 95% ($P<0.05$)에서 유의차 검증 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 pH

본 연구에 사용된 황다랑어 피의 일반성분 조성은 수분 56%, 조지방 7%, 조단백질 34%, 조회분 1%였으며, gelatin의

전구체인 콜라겐의 함량은 14%였다 (데이터 미제시). 황다랑어 피 gelatin의 일반성분을 우피 및 돈피 gelatin과 비교한 결과, 황다랑어 피 gelatin의 조단백질 함량은 91.7%로 우피 (90.6%) 및 돈피 (90.9%) gelatin과 비슷한 수준을 나타내었다 (Table 1). 실제 gelatin의 함량은 모두 90% 이상으로 단백질의 대부분이 gelatin인 것으로 나타났다. 미국 표준 (gelatin, USP XXIII NF 18, 1994)에 따르면, gelatin의 최대 회분함량은 식품 및 의약품이 각각 3%와 2%이다. 황다랑어 피 gelatin의 회분함량은 0.2%로 이들 한계치보다 낮았다. Sigma-Aldrich사의 우피 gelatin (type B)의 pH 범위는 5.0-7.5, 돈피 gelatin (type A)의 pH 범위는 3.8-5.5로 명시되어 있는데, 본 연구에 나타난 실제 pH는 우피 및 돈피 gelatin의 경우 각각 5.9 및 4.7로 측정되었다. 황다랑어 피 gelatin은 pH가 7.3으로 우피 gelatin과 같은 type B의 젤라틴으로 나타났다.

Table 1. Proximate composition and pH of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) abdominal skin, bovine and porcine skin gelatins

	Gelatin type		
	Yellowfin tuna	Bovine	Porcine
Moisture (%)	8.0±0.4	8.9±0.1	8.5±0.3
Crude lipid (%)	0.7±0.2	0.2±0.2	0.9±0.1
Crude ash (%)	0.2±0.3	0.9±0.2	0.5±0.2
Crude protein (%)	91.7±0.2	90.6±0.2	90.9±0.2
Gelatin content (%)	90.6±0.2	90.1±0.1	90.7±0.1
pH	7.3	5.9	4.7

아미노산 조성

황다랑어 피 gelatin의 아미노산 조성을 우피 및 돈피 gelatin과 비교하여 Table 2에 나타내었다. 황다랑어 피 gelatin의 경우 glycine의 함량이 24.81%로 우피 및 돈피 gelatin 보다 높은 것으로 나타났으며, alanine 함량 또한 11.14%로 돈피나 우피보다도 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 gelatin은 glycine (Gly)-proline (Pro)-hydroxyproline (Hyp)의 아미노산 구조가 반복되는 특징을 가지고 있다. Imino acids인 proline과 hydroxypoline은 gelatin의 열에 대한 안정성을 부여하며, Gly-Pro-Hyp 구조의 함량은 콜라겐 열적 안정성에 영향을 미치는 주된 요인 중에 하나이다 (Burjandze, 2000; Ledward 1986). 또한 Ledward (1986)는 imino acid의 함량이 gelatin의 안정성과 관련이 있다고 보고하였으며, Arnesen & Gildberg (2002)는 어피 gelatin은 포유동물 gelatin과 아미노산의 조성이 다르며 이는 생태환경적 특성에 기인한다고 보고하였다. 일반적으로 육상동물 gelatin의 glycine 함량은 24% 정도이며, 어피 gelatin은 16-18% 정도로 육상동물에 비해 낮다 (Gilsenan & Ross-Murphy, 2000). 반면에 이러한 높은 glycine 함량은 황다랑어 피 gelatin이 우피 및 돈피 gelatin에 비해 높은 겔 강도를 보이는데 영향을 미친 것으로 판단된다. 일반적으로 어피 gelatin은 glycine과 마찬가지로 imino acids 또한 육상동물에 비해 낮는데 황다랑어 피 gelatin의 경우 24.32%로 다른

Table 2. Amino acid composition of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) abdominal skin, bovine and porcine skin gelatins (%)

Amino acids	Gelatin origin		
	Tuna	Bovine	Porcine
Hydroxyproline	9.46	10.29	10.32
Aspartic acid	5.69	5.78	5.64
Threonine	3.35	1.67	1.79
Serine	3.97	3.41	3.34
Glutamic acid	11.07	10.41	10.45
Proline	13.47	15.47	15.82
Glycine	25.48	23.56	23.37
Alanine	11.14	8.92	8.97
Valine	2.29	2.23	2.29
Isoleucine	1.23	1.18	1.14
Leucine	2.76	2.88	2.85
Tyrosine	0.49	0.74	0.79
Phenylalanine	2.29	2.48	2.23
Lysine	3.67	3.52	3.58
Histidine	1.23	1.27	1.24
Arginine	9.14	7.83	7.94
Imino acids ^a	22.93	25.76	26.14

^aImino acids mean proline and hydroxyproline.

어피 gelatin과 마찬가지로 낮은 함량을 나타냈다 (Ledward, 1986; Norland, 1990; Giraud-Guille et al., 2000). Gilsenan & Ross-Murphy (2000)는 냉수성 어류는 hydroxyproline의 함량이 매우 낮으며 더불어 낮은 겔화 및 졸화 온도를 가지는 것으로 보고하였으며, 육상동물 gelatin의 경우에는 10% 농도로 상온 (20°C)에서도 겔을 형성하는 반면에 대구와 같은 냉수성 어류의 경우 10% 농도로 2°C에 저장할 경우 겔을 형성하는 것으로 보고하였다. Gómez-Guillén et al. (2002)의 연구에 따르면, alanine은 비극성 아미노산으로 그 함량이 낮은 경우 gelatin의 겔 형성 능력을 떨어뜨리게 된다. 이러한 결과로 볼 때 황다랑어 피 gelatin이 육상동물 gelatin에 비해 높은 겔 강도를 가지는 것은 높은 함량의 glycine 및 alanine에 영향을 받을 것으로 볼 수 있다.

SDS-PAGE 전기영동

황다랑어 피, 우피 및 돈피 gelatin의 단백질 분자량을 알아 보고자 SDS-PAGE를 이용하였으며, 이를 위해 우피 type I 콜라젠과 비교하였다 (Fig. 1). 우피 type I 콜라젠은 α_1 , α_2 , β 및 γ 의 band 형태를 보여주는데, 황다랑어 및 돈피 gelatin의 경우 type I 콜라젠과 비슷한 유형의 band 형태를 나타내었다. 반면에 우피 gelatin의 경우 β -component (α -chains의 crosslinked dimer) 및 γ -component 형태는 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 gelatin의 전구체인 콜라젠 (우피)의 경우 α_1 과 α_2 chain (대략 2:1의 비율), β -component (α -chains의 crosslinked dimer) 및 γ -component (α -chains의 crosslinked trimer)로 이루어져 있다 (Giraud-Guille et al., 2000). Chang et al. (2000)의 보고에 따르면 우피 콜라젠의 α_1 , α_2 , β and γ 의 분자량은 각각 93, 93, 186 및 279 kDa 정도이다. 육상동물

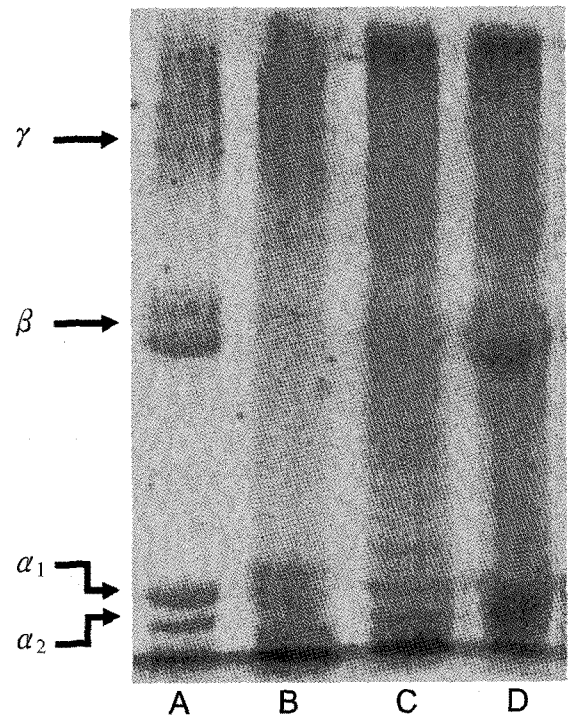


Fig. 1. SDS-PAGE patterns of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) abdominal skin, bovine and porcine skin gelatins. 5 mg/mL of gelatin solution, 4% stacking gel and 5% resolving gel were used for electrophoretic analysis. In order to compare molecular weight of sample gelatins, bovine skin type I collagen was used as mobility makers of α -chains, β - and γ -components. A, type I collagen from bovine skin; B, bovine skin gelatin; C, porcine skin gelatin; D, yellowfin tuna skin gelatin.

gelatin에 비해 상대적으로 높은 황다랑어 gelatin의 α -chain, β - 및 γ -component 함량이 높은 겔 강도를 유도한 것으로 판단된다.

점탄성

점탄성 (viscoelastic properties)는 냉각 (40-5°C)과 가열 (5-40°C) 두 개의 과정으로 나뉘어 0.5°C/min의 속도로 분석하였다. Fig. 2와 3은 황다랑어 피, 우피 및 돈피 gelatin의 elastic modulus (G' , kPa)과 loss modulus (G'' , kPa)를 각각 나타내고 있다. Elastic modulus (G' , kPa)와 loss modulus (G'' , kPa)는 gelatin의 겔 형성능력을 나타내는 지표를 의미한다. 황다랑어 피 gelatin은 냉각 과정 중 G' 와 G'' 의 값이 육상동물 gelatin보다 낮게 나타났다. 육상동물 gelatin은 20°C 이전부터 G' 와 G'' 값이 증가하기 시작하였으나 황다랑어 피 gelatin의 경우 이보다 늦은 20°C 이후부터 증가하였다 (Fig. 2A 및 Fig. 3A). 가열하는 동안의 G' 와 G'' 값 또한 육상동물 gelatin이 황다랑어 피 gelatin보다 높게 나타났는데 (Fig. 2B 및 Fig. 3B), 이는 열안정성과 졸화 온도가 육상동물 유래의 gelatin이 높다는 것을 의미한다.

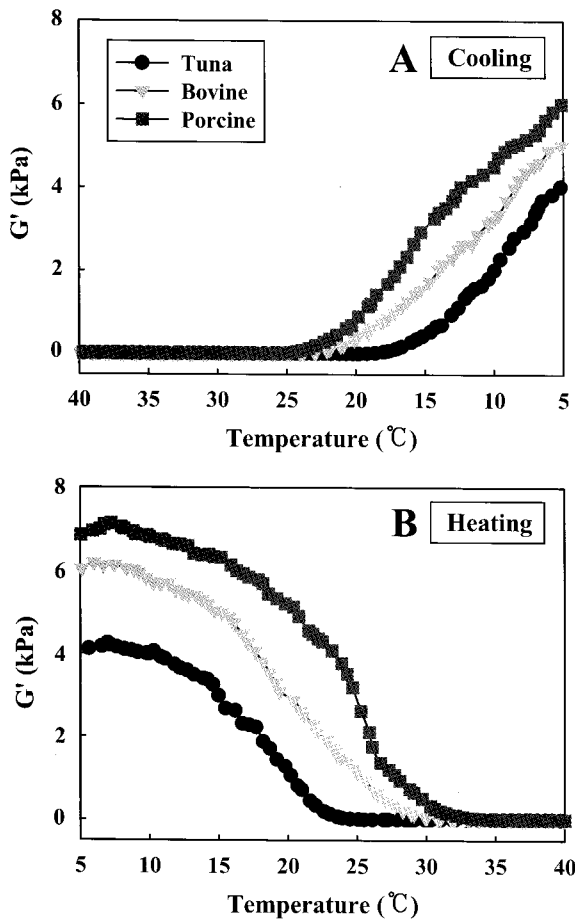


Fig. 2. Evolution of the elastic modulus (G' , kPa) during cooling (40°C-5°C) and heating (5°C-40°C) of the gelatin solutions. A cooling and heating rate was 0.5°C/min, and a 6.67% (w/v) gelatin solution was used.

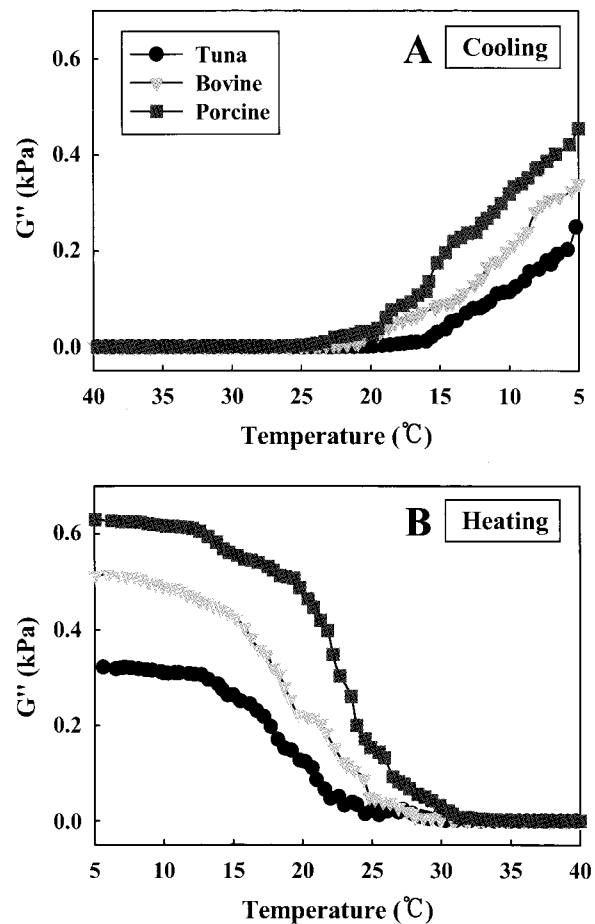


Fig. 3. Evolution of the loss modulus (G'' , kPa) during cooling (40°C-5°C) and heating (5°C-40°C) of the gelatin solutions. A cooling and heating rate was 0.5°C/min, and a 6.67% (w/v) gelatin solution was used.

겔 형성점 및 녹는점

황다랑어 피 gelatin의 겔 형성점 및 녹는점을 육상동물 gelatin과 비교하여 Table 3에 나타내었다. 우피 및 돈피 gelatin의 겔 형성점은 각각 23.8°C 및 25.6°C로 황다랑어 피 gelatin의 18.8°C에 비해 높게 나타나 상온에서도 쉽게 겔을 형성할 수 있었다. Gudmundsson (2002)의 연구에서 측정된 우피 및 돈피의 겔 형성점은 각각 22.6, 24.7°C으로 본 연구의 결과와 비슷한 수준을 보였다. 반면에 녹는점의 경우는 우피 및 돈피가 각각 33.8°C and 36.5°C로 Gudmundsson의 연구 결과 (29.7°C 및 32.3°C)보다 높게 나타났다. 이는 본 연구에서의 가열속도가 0.5°C/min로 Gudmundsson의 0.1°C/min에 비해 높기 때문인 것으로 여겨진다. 황다랑어 피 gelatin의 겔 형성점과 녹는점은 각각 18.8°C 및 24.0°C로 육상동물 gelatin에 비해 매우 낮게 나타났다. 이러한 경향은 다른 어류 유래 gelatin과 유사하며, 특히 온대성인 tilapia와 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다 (Gilsenan & Ross-Murphy, 2000; Gudmundsson, 2002). 어류 gelatin의 경우 일반적으로 육상동물 gelatin에 비해 겔 형성점 및 녹는점이 낮는데 이는 낮은 imino acid의 함량이 요인이

Table 3. Comparison of gel strength, gelling point and melting point of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) abdominal skin, bovine and porcine skin gelatins

	Gelatin origin		
	Yellowfin tuna	Bovine	Porcine
Gel strength (Bloom)	402±3.2	216±2.2	295±1.9
Gelling point (°C)	18.8	23.8	25.6
Melting point (°C)	24.0	33.8	36.5

된다 (Gilsenan & Ross-Murphy, 2000).

겔 강도

Gelatin은 일반적으로 겔 형성제로 사용되기 때문에 겔 강도는 gelatin의 가장 중요한 물리적 특성이다. 황다랑어 피 gelatin의 겔 강도는 402 Bloom으로 우피 (216 Bloom) 및 돈피 (295 Bloom) gelatin에 비해 매우 높게 나타났다 (Fig. 4). 일반적으로 어류 gelatin은 육상동물 gelatin에 비해 낮은 겔 강도를 가지고 있어 산업적으로 널리 활용되지 못하였다. Gómez-Guillén et al. (2002)의 연구 결과에 의하면, tilapia 같은 온대성 어종은

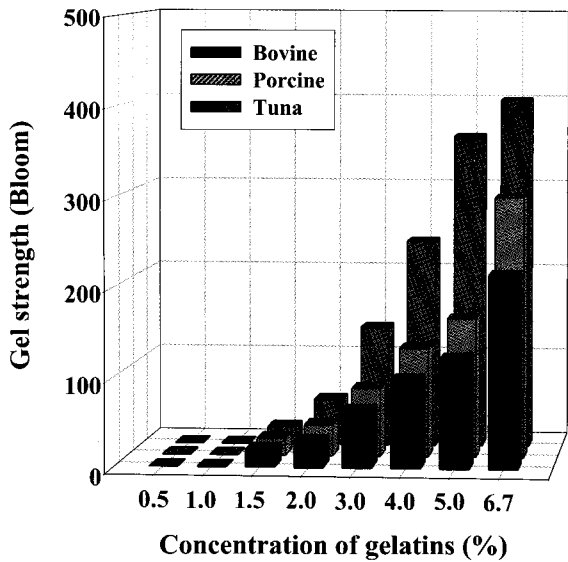


Fig. 4. Changes of the gel strength as affected by the concentration of the gelatins. Gelatin solutions were prepared at 60°C, and gelatin gels were matured at 7°C for 17 hr.

겔 강도가 높은 gelatin을 추출하기에 좋은 원료로 평가하고 있다. 하지만 대구와 같은 한대성 어종에서 추출된 gelatin의 경우 겔 강도가 매우 낮게 나타났다 (Gudmundsson & Hafsteinnsson, 1997). 황다랑어 피 gelatin은 일단 겔을 형성하게 되면 높은 겔 강도를 보이지만, 겔 형성이 육상동물 gelatin에 비해 낮은 온도에서 이루어는 단점을 가지고 있어 겔 형성점을 높일 수 있는 보완 연구가 이루어진다면 육상동물 gelatin을 대체할 수 있는 좋은 소재가 될 수 있을 것으로 판단된다.

Gelatin 농도 및 숙성시간에 따른 겔 강도의 변화
Gelatin의 농도에 따른 겔 강도의 변화를 알아보기 위하여 황다랑어 피, 우피 및 돈피 gelatin을 0.5-6.67%의 농도별로 겔화시켜 겔 강도를 측정하였다 (Fig. 4). 황다랑어 피 gelatin의 경우 1%의 농도에서 겔을 형성하였지만 우피 및 돈피 gelatin의 경우는 겔을 형성하지 못하였다. 1.5%의 농도부터는 모든 gelatin들이 농도에 비례하여 겔 강도가 증가하였다. 특히, 황다랑어의 겔 강도 증가율이 가장 높은 것으로 나타났다. 숙성 시간에 따른 겔 강도를 비교한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 숙성 시간에 따른 겔 강도의 변화는 gelatin 농도 6.67%에서 측정을 하였으며, 7°C에서 숙성하였다. 숙성 시간에 따른 겔 강도 값은 모든 gelatin들이 10시간까지 증가하고 10-16시간 사이에는 유의적인 차이 없이 일정한 수준을 유지하였다. 육상동물 gelatin의 경우는 황다랑어 피 gelatin에 비해 빠른 6시간 이후로는 큰 변화가 없었다. 이를 통해 황다랑어 피 gelatin이 겔을 형성하기 위해서는 같은 농도에서 많은 숙성시간을 요구하는 것을 알 수 있었다.

가열 및 동결이 gelatin의 겔 강도에 미치는 영향
식품의 가공 및 유통에 있어서 재료 및 첨가물의 가열과

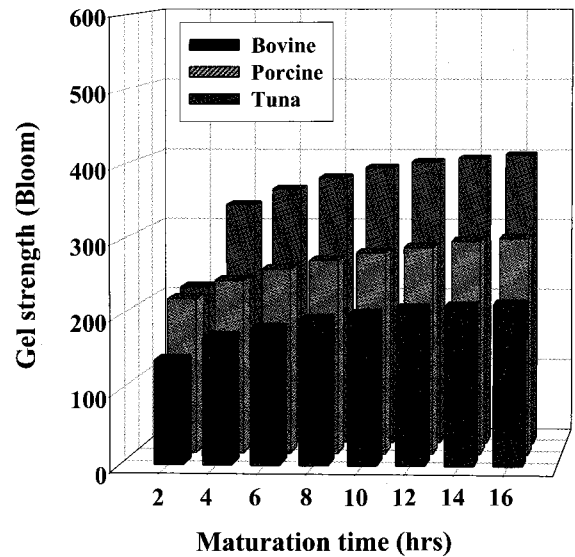


Fig. 5. Changes of the gel strength as affected by the maturation time of the gelatin solutions. Gelatin solutions were prepared with 6.67% (w/v) concentration at 60°C, and gelatin gels were matured at 7°C for 2-16 hr.

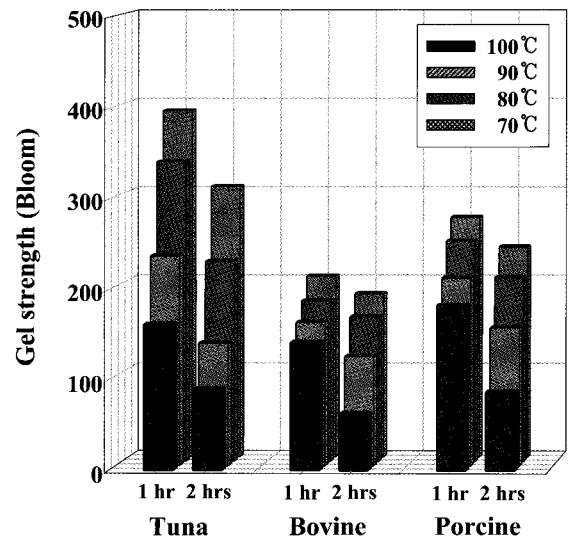


Fig. 6. Changes of the gel strength as affected by the heat treatment of 6.67% (w/v) gelatin solutions. Gelatin solutions were heated at 70-100°C for 1-2 hr, and then gelatin gels were matured at 7°C for 17 hr.

냉동은 필수적인 공정이라 볼 수 있다. 시중에 유통되고 있는 상업적 gelatin 제품은 살균 공정을 통해 생산되어지며, 본 실험에 사용된 Sigma-Aldrich사의 육상동물 gelatin도 살균된 제품이다. 따라서 황다랑어 피 gelatin의 겔 강도에 미치는 가열 및 동결의 영향에 대해 알아보았다. 가열에 대한 영향을 알아보기 위하여 6.67% gelatin을 60°C에서 녹인 후 각각 다른 온도 (70-100°C)대에서 1-2시간 동안 가열처리하여 겔 강도를 측정하였다. 70-100°C에서 1시간동안 가열하였을 때 황다랑

어 피 gelatin은 21%의 겔 강도 감소를 보여 우피 (12%) 및 돈피 (13%)에 비해 감소폭이 큰 것으로 나타나 비교적 열에 약한 것을 알 수 있었다 (Fig. 6). 2시간 동안 가열처리 시에는 1시간의 경우보다 더욱 큰 겔 강도의 감소를 보였다. 동결에 따른 영향을 알아보기 위하여 6.67%의 gelatin을 물에 녹인 후 이를 -20℃에서 동결시키고 동결 횟수를 3차까지 반복하면서 겔 강도를 측정하였다. 모든 gelatin들이 동결에 의해 겔 강도 값이 떨어졌으며, 동결 횟수가 증가함에 따라 8-13% 정도의 겔 강도 감소율을 보였다 (Fig. 7). 특히 황다랑어 피 및 돈피 gelatin의 경우 감소율이 13%로 우피 gelatin (8%) 보다 높은 것으로 나타나 동결에 의해 겔 강도가 우피 gelatin에 비해 상대적으로 더 감소하는 것을 알 수 있었다.

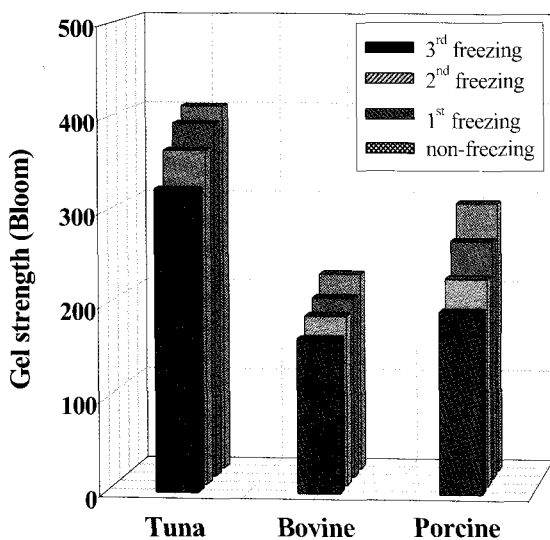


Fig. 7. Changes of the gel strength as affected by the freeze treatment of 6.67% (w/v) gelatin solutions. Gelatin solutions were frozen at -20℃ for 10 hr, and then gelatin gels were matured at 7℃ for 17 hr. Freezing and measurement were repeated 3 times.

사 사

본 연구는 지식경제부에서 지역중점기술개발사업으로 시행된 수산가공부산물물을 이용한 고기능성 단백질의 제조공정 개발 및 산업화 (Grant No. 10024274) 과제지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

AOAC. 2000. In W. Horwitz (Ed.), (17th ed.). Official methods of the association of official agricultural chemists international, Gaithersburg: AOAC International, 38.1.03.
 Amesen, J.A. and A. Gildberg. 2002. Preparation and characterisation of gelatine from the skin of harp seal (*Phoca groenlandica*). Bioresource Technol., 82,

191-194.
 Burjandze, T.V. 2000. New analysis of the phylogenetic change of collagen thermostability. Biopolymers, 53, 523-528.
 Chang, P., S. Kuan, G. Eberlein, D. Burke and R. Jones. 2000. Characterization of bovine Collagens using capillary electrophoresis an alternative to slab gel electrophoresis. J. Pharm. Biomed. Anal., 22, 957-966.
 Cho, S.M., Y.S. Gu and S.B. Kim. 2005. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. Food Hydrocolloids, 19, 221-229.
 Cho, S.M., K.S. Kwak, D.C. Park, Y.S. Gu, C.I. Ji, D. H. Jang, Y.B. Lee and S.B. Kim. 2004. Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. Food Hydrocolloids, 18, 573-579.
 Choi, S.S. and J.M. Regenstein. 2000. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. J. Food Sci., 65, 194-199.
 FAO. 2008. Statistics of Fisheries, <http://faostat.fao.org>.
 GME. 2008. Gelatine Manufacturers of Europe, <http://www.gelatine.org>.
 Gilsenan, P.M. and S.B. Ross-Murphy. 2000. Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. Food Hydrocolloids, 12, 191-195.
 Giraud-Guille, M.M., L. Besseau, C. Chopin, P. Durand and D. Herbage. 2000. Structural aspects of fish skin Collagen which forms ordered arrays via liquid crystalline states. Biomaterials, 21, 899-906.
 Gómez-Guillén, M.C., J. Turnay, M.D. Fernández-Díaz, N. Ulmo, M.A. Lizaebe and P. Montero. 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species. Food Hydrocolloids, 16, 25-34.
 Gudmundsson, M. 2002. Rheological properties of fish gelatins. J. Food Sci., 67, 2172-2176.
 Gudmundsson, M. and H. Hafsteinsson. 1997. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatment. J. Food Sci., 62, 37-39.
 ISO. 1978. Meat and meat products - Determination of L(-)-hydroxyproline content (Reference method). International Organization for Standardization ISO 3496-1978.
 Jamilah, B. and K.G. Harvinder. 2002. Properties of gelatins from skins of fish-black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*).

- Food Chem., 77, 81-84.
- John, P. and A. Courts. 1977. The Science and Technology of Gelatin; Ward, A.G. and Courts, A., eds.; Academic Press: New York, 138.
- Kim, J.S. and S.Y. Cho. 1996. Screening for raw material of modified gelatin in marine animal skins caught in coastal offshore water in Korea. Agric. Chem. Biotechnol., 39, 134-139.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature, 227, 680-685.
- Leach, A.A. and J.E. Eastoe. 1977. The chemical examination of gelatins. In A.G. Ward & A. Courts (Eds.), The science and technology of gelatin (pp. 475-506). New York: Academic Press.
- Ledward, D.A. 1986. Gelation of gelatin. In J.R. Mitchell & D.A. Ledward (Eds.), Functional properties of food macromolecules (pp. 171-201). London: Elsevier Applied Science Publishers.
- Maruyama, M., K. Sato, A. Ohtaka, A. Ogura and T. Hama. 1999. Characteristics of brain injury-derived neurotrophic peptide-binding sites on rat brain synaptosomes and neurons in culture. Neuroscience, 89, 149-156.
- Montero, P. and M.C. Gómez-Guillén. 2000. Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin Collagen affect functional properties of the resulting gelatin. J. Food Sci., 65, 434-438.
- Norland, R.E. 1990. Fish gelatin: Technical aspects and applications. In S.J. Band (Ed.). Photographic gelatin (pp. 266-281). London: Royal Photographic Society.
- Osborne, K., M.N. Voight and D.E. Hall. 1990. Utilization of lumpfish carcasses for production of gelatin. Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability (pp. 143-153). Lancaster, Pa.: Technomic Publishing Co.
- Sato, K., C. Ohashi, K. Ohtsuki and M. Kawabata. 1991. Type V Collagen in trout (*Salmo gairdneri*) muscle and its solubility change during chilled storage of muscle. J. Agric. Food Chem., 39, 1222-1225.
- Songchotikunpan, P., J. Tattiyakul and P. Supaphol. 2008. Extraction and electrospinning of gelatin from fish skin. Int. J. Biol. Macromol., 42, 247-255

2008년 10월 11일 접수

2008년 12월 22일 수리