

아세트산 처리 황다랑어(*Thunnus albacares*) 껍질 유래 젤라틴으로 제조한 바이오필름의 물리적 특성

김주연, 김도형, 김선봉*

부경대학교 식품공학과/식품연구소

Physical Properties of Biofilm Manufactured from Gelatin of Yellowfin Tuna *Thunnus albacares* Skin Treated with Acetic Acid

Ju-Yeon Kim, Do-Hyeong Kim and Seon-Bong Kim*

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

The present study examined the physical properties of biofilms manufactured from yellowfin tuna *Thunnus albacares* skin gelatin with the aim of developing a biofilm from fisheries by-products to replace mammalian sources. The physical properties of biofilms from yellowfin tuna gelatin were compared with those of biofilms from porcine gelatin. The yellowfin tuna gelatin biofilm exhibited higher tensile strength (69.08 MPa) and greater elongation (14.32%) than did porcine gelatin biofilm (50.50 MPa and 10.21%, respectively). The ΔE and YI (yellowness index) Hunter-color values of yellowfin tuna gelatin biofilm were three-fold and 15-fold higher, respectively, than values for porcine gelatin biofilm. The opacity value of yellowfin tuna gelatin biofilm was higher than that of porcine gelatin biofilm. The stability against water of yellowfin tuna gelatin biofilm was lower than that of porcine gelatin biofilm at pH 3 to pH 11. Thermogravimetric analysis (TGA) indicated that the thermal stability of the biofilms was about 270°C for porcine gelatin biofilm and about 250°C for yellowfin tuna gelatin biofilm.

Key words : Yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, Edible film, Gelatin, Physical properties

서 론

최근에 식품용 필름 및 의약품용 생체접착성 바이오 필름에 대한 관심이 높아지고 있다(Cao et al., 2007). 바이오 필름은 단백질, 다당류, 지질 또는 이들 성분들의 결합으로부터 만들어 지는데, 이들 중, 단백질에 의한 바이오 필름이 식품용 가식성 필름의 경우 영양적 공급면에서 이점을 가지고 있고, 의약품용 생체접착성 면에서는 접착성 등 물리적 성질이 우수한 이점을 가지고 있다(Ou et al., 2004).

젤라틴은 식품산업에서의 겔화제, 증점제, 안정제 등으로 식품의 기능과 물성 증진 향상과 아울러 피막제 등 필름으로도 사용되고 있다(Arvanitoyannis, 2002). 또한 영양성과 생분해성으로 인하여 가식성 필름 및 친환경 생분해성 필름으로서 높은 관심을 얻고 있을 뿐만 아니라 식품의 저장성 향상에도 기여하고 있다(Gennadios et al., 1997; Jongjareonrak et al., 2006).

젤라틴을 소재로 한 필름에 관한 연구를 살펴보면, sorbitol의 작용에 따른 소와 돼지 껍질 젤라틴 필름의 물리적 특성(Sobral et al., 2001), 분리대두단백과 젤라틴 혼합필름의 제조와 물리적

특성(Cao et al., 2004), 포유 동물 젤라틴과 대구 젤라틴필름의 물리적 성질(Haug et al., 2004), transglutaminase, glyoxal 및 formaldehyde 처리 젤라틴 필름의 특성(Carvalho et al., 2004)에 관한 연구가 있다. 아울러, 나일 퍼치(*Lates niloticus*)의 껍질과 뼈에서 추출한 젤라틴의 물리 화학적 특성(Muyonga et al., 2004), 젤라틴 필름의 가소제 영향(Vanina et al., 2005), 통갈통돔(*Lutjanus vitta*)과 홍치(*Priacanthus macracanthus* Cuvier)에서 추출한 젤라틴 가식성 필름의 특성과 가소제 첨가 영향(Jongjareonrak et al., 2006a, 2006b), 도금양(*Ugni molinae*) 잎 추출물과 젤라틴 필름 제조 특성(Gómez-Guillén et al., 2007), 가자미(*Hippoglossus hippoglossus*)의 껍질 젤라틴 필름의 특성(Carvalho et al., 2008), 대구(*Gadus morhua*) 젤라틴에 해바라기 오일을 첨가하여 제조한 필름의 특성에 대한 연구(Pérez-Mateos et al., 2008) 등이 있다.

산업적으로 이용되고 있는 젤라틴은 주로 소나 돼지의 도축과정 중에 나오는 뼈와 껍질로부터 얻어지는데, 광우병 및 구제역 등으로 인해 안전성 문제에 논란이 있다. 이를 대체하기 위하여 어류 부산물을 이용한 젤라틴의 생산 시도가 많이 진행되고 있다. 일반적으로 어류 껍질 젤라틴은 물리적 특성이 포유동물보다 약하여 산업적 이용에 제약이 많다. 그러나 어종과 추출 제

*Corresponding author: owlkim@pknu.ac.kr

조 조건에 따라서는 포유동물과 비슷한 특성을 나타낸다(Choi and Regenstein, 2000; Zhou et al., 2006; Yang et al., 2007). 특히, 황다랑어 껍질 젤라틴은 겔강도 및 접착력 등의 물성이 돼지 젤라틴 보다 우수하다고 보고되고 있다(Cho et al., 2005; Yoon et al., 2008).

일반적으로 포유동물은 고열을 이용한 처리가 젤라틴 수율을 향상시키는데 이용되는데, 어류젤라틴의 경우에는 콜라겐의 가교결합이 낮은 수준이기 때문에 약산성의 열처리 조건에서 좋은 품질의 젤라틴이 얻어진다(Montero et al., 1990; Bateman et al., 1996; Gómez mez-Guillén et al., 2002).

이에 본 연구에서는 황다랑어 껍질을 아세트산으로 전처리하여 추출한 젤라틴을 사용하여 바이오필름을 제조하여 인장강도, 신장률, 색도, 불투명도, 수분 안정도 및 열적 특성 등의 물리적 특성을 돼지 젤라틴으로 제조한 바이오 필름과 비교하여 해석하였다

재료 및 방법

재 료

황다랑어(*Thunnus albacares*) 껍질로부터 추출, 정제한 젤라틴을 사용하여 필름으로 만들어 사용하였다. 필름의 형판으로는 아크릴로 제작(10×10×0.5 cm)하여 사용하였다. 또한 필름의 물리적 특성을 비교하기 위하여 돼지껍질 gelatin(EC No 232-554-6, Type A :From porcine skin, Sigma, USA)을 사용하였다. 본 연구에 사용된 모든 시약은 analytical grade 이다.

실험방법

젤라틴의 제조

실험에 사용된 젤라틴은 Cho et al. (2005) 의 방법을 약간 변형하여 제조하였다. 육을 제거한 황다랑어 껍질을 10×30 mm 크기로 자른 다음, 10배량(v/w)의 0.2 N acetic acid를 가한 후 10±1°C에서 6시간 동안 shaking incubator (NB-205V, N-Biotec, INC., Korea)를 이용하여 교반하였다. 그 후, 12시간 동안 흐르는 물을 이용하여 중화과정을 거친 후 3 N NaOH를 이용하여 pH 7로 조정한 다음 60°C water bath (HB-205W-S4, Hanbaek Scientific Co., Korea) 에서 6시간 동안 가열하여 젤라틴을 추출하였다. 불순물을 제거하기 위해 여과지(5A, 110 mm)를 이용하여 여과 한 뒤 여과된 액을 농축하였다. 농축된 용액을 70±1°C에서 건조(WFO-700, EYELA, Japan) 시킨 뒤 100 mesh로 분쇄하여 분말상태로 제조하였다.

젤라틴 바이오필름의 제조

3% (w/v)의 황다랑어 껍질 젤라틴 수용액 25 mL을 10×10×0.5 cm의 아크릴 틀 위에 붓고 25±1°C, RH 50±1% 의 조건에서 24시간 동안 건조(WFO-700, EYELA, Japan)시켜 0.1

mm 두께의 필름을 제조하였다.

필름두께의 측정

제조된 각각의 필름의 두께는 0.001 mm의 정밀도를 지니는 micrometer (Digimatic Micrometer 293-330, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

인장강도 및 신장률 측정

필름(1×8 cm)을 ASTM (D 822-97, 1999) 표준법에 따라 Universal Testing Machine (Instron 1011, Instron, USA)를 사용하여 load cell 5 kg, 5 mm/sec로 인장강도 및 신장률을 측정하였다. 인장강도 및 신장률은 각각 식 [Tensile strength (kgf/cm²)=Maximum tensile force/Cross section area, Elongation (%)=($\Delta L/L$)×100 m]을 이용하여 계산하였다. 여기에서 maximum tensile force (kgf)는 각각의 필름을 인장시켜 필름이 절단될 때까지의 작용한 가장 큰 힘을 말하며, cross section area(cm²)는 필름의 평균 단면적(average thickness×width, cm²)을 의미한다. 또한 L은 universal testing machine 초기 grip 사이의 거리(mm)이며, ΔL 은 필름이 절단될 때까지 움직인 grip간의 거리(mm)를 나타낸다. 인장강도 및 신장률은 동일 조건에서 3번 반복 실험하여 평균 및 표준오차를 산출하였다

수분 안정성 측정

각각의 필름의 물에 대한 안정성 실험은 Kim et al. (2005)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 실험에 앞서 105°C 의 건조기에서 24시간 건조하여 각각의 필름을 1×1 cm로 자른 후 초기의 필름 무게를 측정하였다. 필름 무게의 오차를 최소화 하기 위해 이들을 동일한 용량의 바이알 병에 넣고 서로 다른 종류(pH 3, 5, 7, 9, 11)의 물(10 mL)에 침지 하였다. 실온에서 1일에서 15일간 5일 간격으로 필름의 무게 변화를 측정하였다. 시간 경과 후 바이알에 남은 물을 버리고 50±1°C, RH 50±1%의 조건에서 3일간 건조 후 필름의 무게를 측정하였다. 필름의 물에 대한 안정성은 식[S (%) = $W_2/W_1 \times 100$]을 이용하여 계산하였다. 여기서 S는 실험 후 남아 있는 필름의 무게 퍼센트 값이며, W_1 은 침지 전 필름의 무게이고, W_2 는 침지 후의 무게이다. 필름의 물에 대한 안정성 실험은 동일 조건에서 3회 반복하여 평균 및 표준오차를 산출하였다.

색도의 측정

제조된 각각의 필름(2×2 cm)의 색도는 색차계(JC801, Color Techno System Co., Japan)를 사용하여 Hunter scale에 의한 L (lightness), a (redness) 및 b (yellowness) 값을 측정하였다. 여기에 L 값은 밝기를 나타내는 것으로 L = 0(black)에서 L = 100(white)을 나타내고, a 값은 색의 초록과 적색도를 나타내는 것으로 a = -80(greenness)에서 a = 100(redness)을 나타낸다. 그리고 b 값은 청색과 황색도를 나타내는 것으로 b = -80(blue-ness)에서 b = 70 (yellowness)을 나타낸다. 색도 측정은 필름 시료를 색차표 값이 L = 93.73, a = -0.12 및 b = 0.11 인 표준 백색

판(calibration plate) 위에 놓고, 혼합비율이 동일한 필름 3종류를 각 3회씩 3회 반복 측정하여 평균 및 표준오차 값으로 표시하였다. 이들 Hunter L, a 및 b 값으로부터 표준 백색판과의 총색차(total color difference; ΔE)와 황색지표(yellowness index; YI)는 각각의 식 [$\Delta E = [(L_{\text{film}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{film}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{film}} - b_{\text{standard}})^2]^{0.5}$, $YI = 1.4286 \times b/L$]에 의하여 계산하였다.

불투명도의 측정

필름의 불투명도는 Han et al. (1997)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 필름을 사각형으로 자른 후 이를 사각의 분광분석용 quartz cell의 빛 통과 영역에 부착시키고, 분광광도계(UV-1800, Shimadzu, Japan)를 이용하여 100-800 nm의 파장 영역에서 빛을 통과시키며 흡광도를 측정하였다. 불투명도는 식 [$Opacity = A_{600} / \chi$]에 의해 계산하였다.

여기서 A_{600} 은 600 nm에서의 흡광도 값을 나타내며, χ 는 film의 두께를 나타낸다. 필름의 불투명도는 동일 조건에서 3회 반복하여 평균 및 표준오차를 산출하였다.

Thermogravimetric analysis (TGA)

제조된 필름의 열안정성과 열적저동을 알 수 있는 TGA 분석은 Thermogravimetric analyzer (SDT Q600, TA, USA)를 이용하여 분석하였다. 측정은 질소 순환조건에서 시료를 20°C에서 600°C까지 100 ml/min의 속도로 측정하였다.

통계처리

각각의 시료에 대해 평균 ± 표준오차로 나타내었으며, 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석을 한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

인장강도 및 신장률

일반적으로 고분자 필름의 품질을 결정하는 요소 중에서 기계적 특성은 대단히 중요하다. 대부분의 필름은 연포장으로 사용될 때 인장응력을 가장 많이 받기 때문에 동일한 두께 및 기능에서 인장강도가 높은 것이 기계적인 성능면을 고려할 때 유리하다고 할 수 있다(Kim et al., 2005).

황다랑어 껍질 젤라틴으로 제조한 필름과 육상동물 유래 젤라틴인 돼지 젤라틴 필름을 제조하여 인장강도 및 신장률을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 인장강도 및 신장률은 황다랑어 젤라틴 필름이 69.08 MPa 및 14.32%의 값을 각각 나타내었고, 돼지 젤라틴 필름이 50.50 MPa 및 10.21%의 값을 각각 나타내었다. 황다랑어 젤라틴 필름이 인장강도 및 신장률 모두 높은 값을 나타내었다. 일반적으로 고분자의 콜로이드 용액은 겔을 형성한 후 일정한 온도 및 습도 조건하에서 건조시키면 필름이 형성된다. 겔화 과정을 살펴보면, 가열 용액 내에서 불규칙한 coil형태로 용해되어 있는 젤라틴은 냉각됨에 따라 3중 나선구조로 되돌

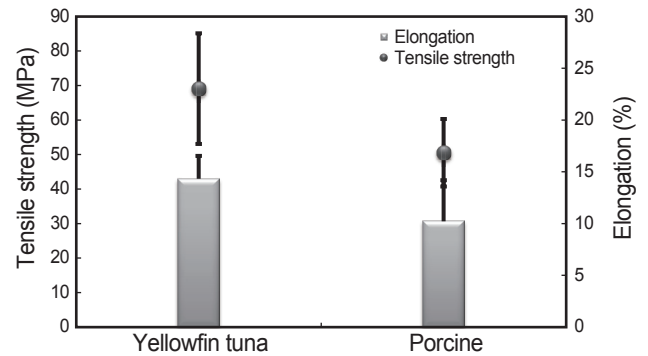


Fig. 1. Comparisons of tensile strength and elongation of yellowfin tuna *T. albacares* and porcine gelatin biofilms.

아가려는 3개의 polypeptide 사슬로부터 형성된 작은 영역들이 가교결합을 통해 접합지역을 형성하므로, 최종적으로 3차원의 결합을 형성하는 것으로 알려져 있다(Gilsenan et al., 2000). 황다랑어 젤라틴 필름은 젤라틴 분자가 겔을 형성한 후 분자 중에 존재하는 물 분자가 건조과정을 거치는 동안 더욱 조밀한 구조를 형성하기 때문에 인장강도 및 신장률이 높은 값을 나타내었다고 판단된다.

고분자 필름의 품질을 결정하는 요소 중에서 기계적인 특성은 대단히 중요한 만큼 황다랑어 젤라틴이 현재 주로 이용되고 있는 육상동물로부터 추출한 젤라틴을 대체할 수 있는 충분히 우수한 기계적 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. Cho et al. (2005)은 황다랑어 젤라틴이 돼지 젤라틴 보다 젤강도 등 물리적 특성이 뛰어나다고 보고한 바 있어 본 연구 결과와 잘 일치하고 있다.

수분 안정성

일반적으로 저온 저장 시 상온 저장에 비해 저장고의 습도에 의한 필름의 수분 접촉량이 많아지기 때문에 필름의 수분 저항성이 중요하다. 따라서 합성수지 포장재에 비하여 가식성 필름은 필름의 수분에 대한 안정성이 중요하다. 이러한 필름의 수분 안정성은 투습도와는 달리 수분에 대한 내성을 나타낸 것으로 이는 필름의 화학적인 구조에 따라 결정된다. 각각의 필름들의 수분 안정성 변화는 pH 3, 5, 7, 9, 11의 수용액에 15일 동안 침지한 후 측정된 것을 Fig. 2에 나타내었다. 돼지젤라틴의 경우 침지 1일에서 5일까지는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 10일 이후에는 40% 정도의 감소가 보이고 15일 이후에는 70% 정도의 감소가 나타났다. 황다랑어 젤라틴의 경우 pH 3에서 가장 높은 수분 안정성을 보이나 pH간의 유의적인 차이는 없고 5일차 이후부터는 안정성이 감소하였다. 전체적으로 돼지 젤라틴 필름이 황다랑어 필름보다도 pH별 시간 경과에 따라 수분 안정성이 다소 큰 것으로 나타났다.

색도

색도는 필름의 외관과 식품의 품질을 보호하는데 중요한 특성이므로 제조한 필름의 색도는 Table 1에 나타내었다. 돼지 젤

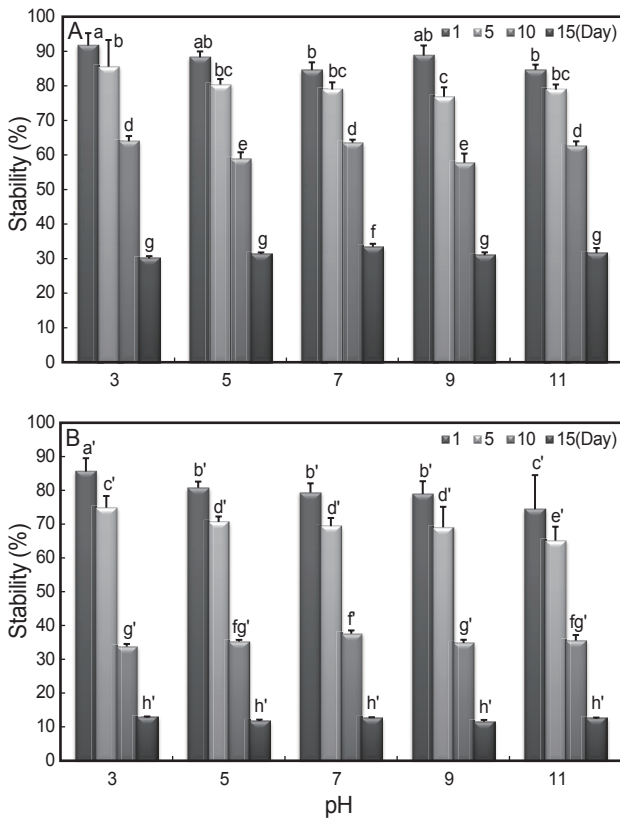


Fig. 2. The stabilities against water of porcine gelatin biofilms (A) and yellowfin tuna *T. albacares* gelatin biofilms (B) as affected by pH and dipping time at an ambient temperature. Different letters (a, a', a'', etc.) indicate significant differences at the α level of 0.05.

라틴 필름을 기준으로 색의 밝기를 나타내는 L값의 경우 황다랑어 젤라틴 필름보다 돼지 젤라틴 필름이 높게 나타났으며, 적색을 나타내는 a값의 경우 황다랑어 젤라틴이 돼지 젤라틴보다 높게 나왔으며 황색도를 나타내는 b값의 경우 돼지 젤라틴 필름보다 황다랑어 젤라틴 필름이 높은 값을 나타내었다. 이러한 Hunter L, a, b값 특히 b값의 영향으로 총색차를 나타내는 ΔE 값이 돼지 젤라틴 필름보다 황다랑어 젤라틴 필름이 약 3배, 황색지표를 나타내는 YI값이 약 15배정도 높은 값을 나타내었다. 이는 황다랑어 젤라틴 필름이 자외선 등 상품가치를 저하시키는 빛의 차단성이 높아 식품의 품질저하 방지에 효과가 클 것으로 생각된다.

불투명도

각각의 필름을 100-800 nm의 파장영역에서 빛을 통과시키면서 흡광도를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 파장별 필름의 흡광도를 측정된 결과 각각의 필름들은 모두 100 nm에서 최대 흡광도 값을 나타내었으며, 파장이 길수록 흡광도 값이 낮아졌다. Han et al. (1997)의 방정식에 따라 불투명도를 계산

Table 1. Hunter values (L, a, and b), total color differences (ΔE), and yellow index (YI) of yellowfin tuna *T. albacares* and porcine gelatin biofilms

Hunter values	Yellowfin tuna	Porcine
L	90.804±0.599	93.608±0.233
a	-0.463±0.140	0.360±0.031
b	13.773±0.976	0.660±0.066
ΔE	3.599±0.251	1.347±0.094
YI	0.149±0.010	0.010±0.001

Table 2. Absorbance of yellowfin tuna *T. albacares* and porcine gelatin biofilms

Wavelength (nm)	Yellowfin tuna	Porcine
100	3.737 ± 0.270	0.438 ± 0.074
200	1.546 ± 0.274	0.138 ± 0.016
300	0.268 ± 0.078	0.051 ± 0.009
400	0.132 ± 0.031	0.042 ± 0.007
500	0.096 ± 0.020	0.039 ± 0.006
600	0.081 ± 0.015	0.037 ± 0.005
700	0.075 ± 0.014	0.036 ± 0.005
800	0.070 ± 0.012	0.036 ± 0.005

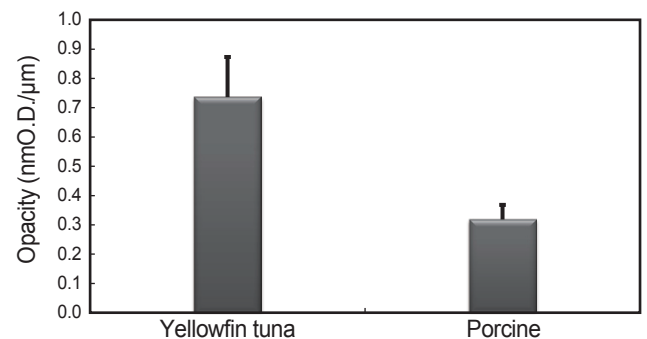


Fig. 3. Opacity of yellowfin tuna *T. albacares* and porcine gelatin biofilms.

하여 Fig. 3에 나타내었다. 600 nm에서 황다랑어 젤라틴 필름이 0.736 nmO.D./ μm 으로 돼지 젤라틴 필름의 불투명도 값인 0.318 nmO.D./ μm 보다 높은 불투명도 값을 나타내었다. 필름의 불투명도는 식품포장에 적용할 때 중요한 요인이다. 이와 같은 결과는 앞서 설명된 색도측정에서 황다랑어 젤라틴 필름의 색의 밝기를 나타내는 명도(L)가 낮고 황색도 값(YI)이 높은 것에 기인하는 것으로 판단된다. 키토산/젤라틴 블렌드 필름의 물리적 특성에 대해 연구한 Kim and Park (2005)에 의하면 젤라틴 필름의 불투명도가 0.3104 nmO.D./ μm 으로 나타났고 키토산 필름의 경우는 1.2161 nmO.D./ μm 으로 보고되었다. 이는 돼지 젤라틴 필름의 불투명도는 본 연구 결과와 일치하는 결과를 보인다. 황다랑어 젤라틴 필름의 불투명도는 돼지 젤라틴 필름의 불투명도 보다는 높지만 키토산 필름의 불투명도 보다는 낮은 것으로 보인다.

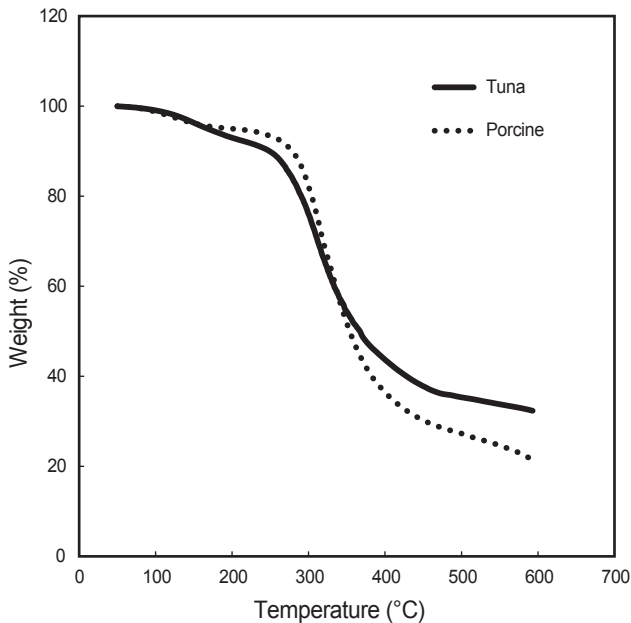


Fig. 4. Thermogravimetric analysis (TGA) profiles of yellowfin tuna *T. albacares* and porcine gelatin biofilms.

열 안정성

열 안정성은 필름의 물성에 영향을 미치는 인자의 하나이므로 Fig. 4에 필름의 열 안정성을 알아보기 위해 질소 순환조건에서 Thermogravimetric analysis (TGA)를 분석하여 나타내었다. 그 결과, 황다랑어 젤라틴 필름의 TGA 곡선은 250°C 부근에서 분해가 일어나고 있고, 돼지 젤라틴 필름의 분해는 270°C 부근에서 일어남을 보여주고 있다. 이러한 결과로 볼 때 돼지 젤라틴 필름이 황다랑어 젤라틴 보다 열 안정성이 다소 뛰어난 것으로 나타났다. 두 종류의 젤라틴 필름 모두 400°C 이상에서는 분해 속도가 다소 떨어져서 550°C 이상에서는 완전연소가 된 것으로 보인다. 잔유물은 돼지젤라틴 필름이 22%, 황다랑어 젤라틴 필름이 32%로 나타났다.

사 사

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2010-0010372).

참고문헌

- Arvanitoyannis IS. 2002. Formation and properties of collagen and gelatin films and coatings. In: Gennadios A, Ed. Protein-based Films and Coatings. CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A., 275-304.
- ASTM. 1999. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting (D 882-97). In: Annual Book of ASTM Standards. American society for testing and materials, Philadelphia, PA, U.S.A., 163-171.
- Bateman JF, Lamande SR and Ramshaw JAM. 1996. Collagen superfamily. In: Comper. W.D. Ed. Extracellular Matrix. Molecular Components and Interactions, Harwood Academic, U.K., 22-27.
- Cao N, Fu Y and He J. 2004. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. Food Hydrocoll 18, 573-579.
- Cao N, Fu Y and He J. 2007. Preparation and physical properties of soy protein isolate and gelatin composite films. Food Hydrocoll 21, 1153-1162.
- Carvalho RA and Grosso CRF. 2004. Characterization of gelatin based films modified with transglutaminase, glyoxal and formaldehyde. Food Hydrocoll 18, 717-726.
- Carvalho RA, Sobral PJA, Thomazine M, Habitante AMQB, Gimenez B, Gómez-Guillén MC, Montero P. 2008. Development of edible films based on differently processed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) skin gelatin. Food Hydrocoll 22, 1117-1123.
- Cho SM, Gu YS and Kim SB. 2005. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. Food Hydrocoll 19, 221-229.
- Choi S and Regenstein JM. 2000. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. J Food Sci 65, 194-199.
- Gennadios R, Hanna MA and Kurth LB. 1997. Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. Lebensm-Wisse U-Technol 30, 337-350.
- Gilsenan PM. and Ross-Murphy SB. 2000. Rheology characterization of gelatins from mammalian and marine sources. Food Hydrocoll 14, 191-195.
- Gómez-Guillén MC, Turnay J, Fernandez-Díaz MD, Ulmo N, Lizarbe MA and Montero P. 2002. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. Food Hydrocoll 16, 25-34.
- Gómez-Guillén MC, Ihl M, Bifani V, Silva A and Montero P. 2007. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugnimolinae turcz*). Food Hydrocoll 21, 1133-1143.
- Han JH and Floros JD. 1997. Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. J Plastic Film Sheeting 13. 287-298.
- Haug IJ, Draget KI and Smidsrød O. 2004. Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin. Food Hydrocoll 18, 203-213.
- Jongjareonrak A, Benjakul S, Visessanguan W and Tanaka M. 2006a. Characterization of edible films from skin gelatin of brownstripe red snapper and bigeye snapper. Food Hydrocoll 20, 492-501.

- Jongjareonrak A, Benjakul S, Visessanguan W and Tanaka M. 2006b. Effects of plasticizers on the properties of edible films from skin gelatin of bigeye snapper and brownstripe red snapper. *Eur Food Res Technol* 222, 229-235.
- Kim BH and Park JW. 2005. Study on the Physical and Thermal Properties of the Chitosan/Gelatin Blend. *Korean J Food Sci Technol* 37, 30-37
- Kim SW, Nimni ME, Yang Z and Han B. 2005. Chitosan/Gelatin-Based Films Crosslinked by Proanthocyanidin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 75, 442-450.
- Montero P, Borderias J, Turnay J and Leyzarbe MA. 1990. Characterization of hake (*Merluccius merluccius L.*) and trout (*Salmo irideus gibb*) collagen. *J Agric Food Chem* 38, 604-609.
- Muyonga JH, Cole CGB and Duodu KG. 2004. Extraction and physico-chemical characterisation of Nile perch (*Latesniloticus*) skin and bone gelatin. *Food Hydrocoll* 18, 581-592.
- Ou SY, Kwok KC and Kang YJ. 2004. Changes in in vitro digestibility and available lysine of soy protein isolate after formation of film. *J Food Eng* 64, 301-305.
- Sobral PJA, Menegalli FC, Hubinger MD and Roques MA. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. *Food Hydrocoll* 15, 423-432
- Vanina FM, Sobrala PJA, Menegallib FC, Carvalhoa RA and Habitante AMQB. 2005. Effects of plasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin-based films. *Food Hydrocoll* 19, 899-907.
- Yoon JH, Woo JW, Rho HJ, Ahn JR, Yu SJ, Lee YB, Moon CK and Kim SB. 2008. Optimization of adhesive strength to plywood of gelatin processed from dorsal skin of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Korean J Chem Eng* 25, 134-138 .
- Zhou P, Mulvaney SJ and Regenstein JM. 2006. Properties of Alaska pollock skin gelatin: a comparison with tilapia and pork skin gelatins. *J Food Sci* 71, 313-321.

2011년 10월 24일 접수

2011년 11월 3일 수정

2011년 12월 7일 수리