

남극 크릴(*Euphausia superba*) 연육의 물성에 대한 첨가제의 영향

채연주 · 최은혜 · 이양봉 · 전병수 · 김선봉*

부경대학교 식품공학과/식품연구소

Effects of Additives on the Physical Properties of Antarctic Krill *Euphausia superba* Surimi

Yeon-Joo Chae, Eun-Hye Choi, Yang-Bong Lee, Byung-Soo Chun and Seon-Bong Kim*

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

This study examined the effects of additives on the physical properties of surimi made from Antarctic krill *Euphausia superba*. Krill surimi was prepared from krill meat with an added cryoprotectant (sugar 6%, polyphosphate 0.2%). Krill surimi without additives does not form a gel. In order to enhance the gelling of krill surimi, additives such as soy protein isolate (SPI), guar gum, carrageenan, and wheat starch were examined. Of these, SPI had the highest gel-forming activity, while guar gum, carrageenan, and wheat starch had decreasing gel-forming activity and negative effects on other physical properties as their concentrations were increased. In addition, SPI enhanced the gel strength and physical properties of krill surimi. The fluoride and astaxanthin contents of krill surimi with added SPI were 55.0 mg/kg and 0.8 mg/kg, respectively.

Key words: Antarctic krill, *Euphausia superba*, Surimi, Texture, Additives

서 론

크릴(Antarctic krill)은 외관이 새우와 유사하고 남극해에는 3억 7900만톤에 달할 정도로 자원이 막대하다(Tou et al., 2007; Atkinson et al., 2009). 크릴은 해수면 200 m 이내의 수심에서 고밀도로 커다란 무리를 지어 생활하는 습성이 있으므로 대량 조업이 가능하여 노르웨이, 한국, 일본 등이 주요 크릴 어업국이다. 크릴은 자원량이 막대할 뿐만 아니라 청정 자원이므로 인류의 미래 식량자원으로서 커다란 관심의 대상이 되고 있다. 또한 크릴은 지속적으로 소비가 증가하는 어 자원을 대체할 자원으로 vitamin A, vitamin E, vitamin B₁₂, 엽산, 필수아미노산 및 천연항산화제 등의 영양학적 및 기능적 가치가 높은 양질의 단백질 자원이다(Tou et al., 2007). 그러나 크릴은 불소 함량이 높아 식용으로는 극히 제한되어 있고(Jung et al., 2013a), 낚시미끼용으로 대부분 이용하고, 사료용으로 일부 이용되고 있다. 이와 같이 크릴은 자원량과 영양 기능적 가치가 높으므로 불소 함량이 낮고 시장수용성이 높은 가공식품의 개발이 필요하다.

한편, 연육(Surimi)은 1960년도에 일본 북해도 수산시험장에

서 동결내성이 약한 북양 명태자원의 고도이용을 위해 개발되어 어육연제품 등 식품 가공용 중간소재로서 폭넓게 활용되고 있다(Hunt et al., 2009). 연육 소재로 많이 사용되는 백색육 어류의 어획량은 1995년 약 900만톤에서 최근에 650만톤으로 감소하고 있어(Gueneugues and Morrissey, 2004), 오징어(Kim and Choi, 2011), 멍장어(Kim, 1978) 등 대체 어종에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 또한 남방청대구(*Micromesistius australis*), 남방대구(*Macruronus novaezelandiae*), 북방청대구(*Micromesistius poutassou*), 매통이(*Saurida undosquamis* L.), 큰 눈 통돔(*Lutjanus lutjanus*) 등도 대체 가능한 어류로 검토되고 있다(Park and Morrissey, 2000). 연육으로 만든 어묵 등의 어육 연제품에는 겔화력 등의 물성이 품질에 커다란 영향을 미친다. 어육 연제품의 물성 개량을 위하여 다양한 첨가물에 대한 연구가 이루어 지고 있다. 그 예로서 돼지 혈장 단백질과 난백분말이 가열 겔 생성에 미치는 효과(Kato et al., 2010), 전분이 연육-소고기 겔의 물성에 미치는 영향(Zhang et al., 2013), 전갱이 연육에 kappa-carragenan이 미치는 영향(Ortiz and Aguilera, 2004), 카라기난과 염에 의한 명태 단백질 겔의 영

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0347>



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.

Kor J Fish Aquat Sci 47(4) 347-355, August 2014

Received 6 March 2014; Revised 10 July 2014; Accepted 14 July 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5829 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: owlkim@pknu.ac.kr

향(Hunt and Park, 2013) 등의 연구가 진행되어 왔다. 특히 분리대두단백, 난백, 유청단백과 같은 단백질을 첨가하였을 때 어묵의 조직감에 미치는 영향(Chung and Lee, 1994)과 대두단백이 겔 형성에 미치는 영향(Beveridge et al., 1984; Hermansson, 1986; Boatright and Hettiarachchy., 1995), 명태와 잉어 연육에 분리대두단백을 첨가했을 때 겔 특성에 미치는 영향(Luo et al., 2004) 등 대두단백이 겔화에 미치는 영향에 대한 연구가 많다. 또한 소혈청 단백질, transglutaminase, polyphosphate를 첨가한 크릴 단백질의 pH 등전점에 따른 겔화의 영향에 관한 연구가 진행되었다(Tou et al., 2007). 크릴의 이용에 관한 연구로는 크릴 페이스트(Lee et al., 1985), 크릴 간장(Lee et al., 1984), 크릴 젓갈(Park et al., 1980), 크릴죽(Jung et al., 2013b), 크릴 패티(Kim et al., 2013) 등이 있으나, 불소 문제와 관련하여 행한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 크릴 육을 이용하여 어묵 대체 원료로서의 크릴 연육을 제조하고 크릴 연육의 겔 형성과 겔 강도, texture, 색도 및 불소함량과 아스타잔틴 등을 분석함과 아울러 크릴 연육에 물성 개량제를 첨가하여 크릴 연육의 물성에 미치는 영향을 확인하여, 크릴 연육의 겔 강도 증강 첨가제 조성물을 제조함으로써 기존 식품가공용 소재으로서의 가능성을 검토하였다

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 남극 크릴(*Euphausia superba*) 육은 (주)동원산업(Busan, Korea)에서 어획한 것을 신선한 냉동 상태로 구입한 후 -20℃에서 냉동 보관하면서 사용하였다. 명태(Alaska pollack, *Theragra chalcogrammus pallas*) 연육(ASC, Seattle, U.S.A, Frozen alaska pollack surimi FA Grade), 실꼬리돔(Itoyori, *Nemipterus virgatus*) 연육(Thutrong 1 Sea, Vietnam, Frozen itoyori surimi AA Grade)는 -20℃에서 동결 저장하면서 실험하였다. 첨가제로는 설탕(CJ, 제일제당), polyphosphate(MSC, 엠에스씨), κ-carrageenan (Marcel trading corporation, 카르만 주), 구아검(Lotus gums & Chemical, 카보넬코리아), 분리대두단백(VENSON & CO.,LTD, 성풍 주), 소맥전분(MSC, 엠에스씨)을 사용하였다. 실험에 사용된 시약은 실험용 특급시약을 사용하였다.

실험방법

연육의 제조

냉동 상태의 크릴 육은 5℃ incubator (DJ-MR105, 동진상사)에서 저온해동하여 탈수(W-100T, 한일전기)하였다. 탈수한 크릴 육은 silent cutter (대광기계 주)를 이용하여 10분간 분쇄하고, 시료로 사용하는 실꼬리돔 연육과 같은 함량으로 sugar 6%,

polyphosphate 0.2%를 첨가하여 크릴 연육을 제조하였다. 제조한 크릴 연육은 -20℃에서 냉동 보관하여 사용하였다.

겔 증강제 처리

제조한 크릴 연육에 식염 3%를 첨가하여 food mixer (SF-100, 삼우공업)로 7분간 혼합하였다. 이 때 각각의 첨가물인 분리대두단백(SPI; soy protein isolate), 카라기난(carrageenan), 구아검(guar gum), 소맥전분(W.S ; wheat starch)을 10-40% 첨가하였다. 혼합이 완료된 연육은 polyvinylidenechloride (PVDC) 필름에 20 cm 길이로 충전하여 90±3℃의 water bath (HB-205W-S4, 한백과학)에서 40분간 가열하였다. 가열 후 즉시 얼음물에 1시간 동안 냉각 시킨 뒤 5℃ incubator (DJ-MR105, 동진과학상사)에서 24시간 냉장 보관한 후 물성 측정에 사용하였다.

겔 강도의 측정

크릴 연육의 겔 강도 측정은 Okada (1964)의 방법을 수정하여 사용하였다. 겔 강도는 직경 5 mm의 구형 plunger가 장착된 Rheometer (Compac-100, Sun Scientific co., Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정용 가열 연육은 film을 제거한 후 길이 25 mm로 절단하고 Table speed 60.00 mm/min, load cell (Max) 2 kg의 조건으로 측정하였다. 가해진 하중을 force strength (g), plunger가 진입한 깊이를 penetration dept (cm) 를 표시한 $g \times cm$ 를 겔 강도(gel strength)로 하였다.

Texture 측정

Texture는 직경 10 mm의 Round adapter No.25가 장착된 Rheometer (Compac-100, Sun Scientific co., Japan)를 사용하여 측정하였다. Film을 제거한 후 길이 25 mm로 절단하고 Table speed 60.00 mm/min, load cell (Max) 2 kg의 조건으로 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 깨짐성(brittleness)을 측정하였다.

절단 강도 측정

절단 강도는 adapter No. 8을 장착한 Rheometer (Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)을 이용하여 측정하였다. Film을 제거한 후 2×2×1.5 cm (가로×세로×높이)로 절단하고 Table speed 60.00 mm/min, load cell (Max) 2 kg의 조건으로 측정하였다

색도 측정

크릴 연육의 표면 색도는 3 반복하여 Reflectance Tintometer (RT series, Lovivond, UK)를 이용하여 명도(lightness, L*), 적색도(redness, a) 및 황색도(yellowness, b*)를 측정하였다. 이 때 백색도(whiteness, W)는 Whiteness = (L* - 3b*)와 같이 계산하였다(Park, 1994).

Fluoride의 정량

총 불소는 ASTM (2002)과 AOAC (2005)의 방법을 수정한 Jung et al. (2013a)의 방법으로 측정하였다.

Astaxanthin의 정량

Astaxanthin의 분석은 Kim et al. (2013)의 방법을 수정하여 사용하였다. 크릴 연육을 동결 건조(PVTFD 500R, Ilshin Lab Co., Korea)한 시료 12 g을 Soxhlet 장치에 넣어 ethyl ether 로 60℃에서 12시간 추출하였다. 추출하여 얻은 지방 30 mg 을 dichloromethane/ethanol (1:4)에 100 mL로 정용한 후, 0.45 μm membrane filter (Toyo Roshi Kaisha, Japan)로 여과하여 HPLC (HITACHI 2000, Tokyo, Japan)로 분석하였다. HPLC 분석은 C18 column (250×4.6 mm, 5 μm, Waters, Japan)을 사용하여, 용매 acetonitrile/dichloromethane/ethanol (5:10:85), 유속 1.0 mL/min, 시료주입량은 10 μL로 하여 470 nm에서 분석하였다. Astaxanthin의 정량은 표준 astaxanthin (Dr. Ehrenstorfer GmbH Co., Germany)을 이용한 표준검량곡선으로 구하였다.

통계처리

실험 결과는 3 반복하여 평균±표준오차로 나타내었으며, 유의차 검증은 분산분석을 한 후 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

크릴연육의 겔 강도 및 stress-strain curve

크릴 연육과 명태 연육, 실꼬리돔 연육의 겔 강도를 Fig. 1에 나타내었다. FA Grade의 명태 연육은 804.8±55.3 g×cm으로 겔 강도가 가장 높게 나타났으며, 실꼬리돔 연육과 크릴 연육은 각각 233.0±16.3 g×cm과 244.3±13.6 g×cm으로 나타났으며 유의적 차이는 없었다. 그리고 Fig. 2의 명태, 실꼬리

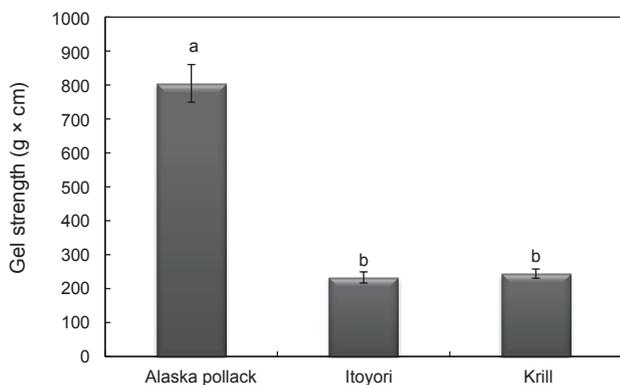


Fig. 1. Gel strength of Alaska pollack *Theragra chalcogramma*, itoyori *Nemipterus virgatus* and krill *Euphausia superba* surimi.

돔 및 크릴 연육의 stress-strain curve를 살펴보면 명태 연육과 실꼬리돔 연육의 경우 stress-strain curve가 탄성한계까지 선형을 그리며 증가하고 이후 파괴되어 응력이 낮아지는 탄성이 있

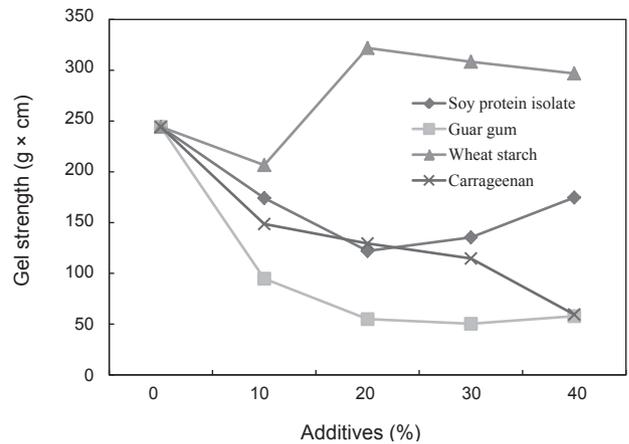


Fig. 2. Changes in gel strength of krill *Euphausia superba* surimi as affected by different additives.

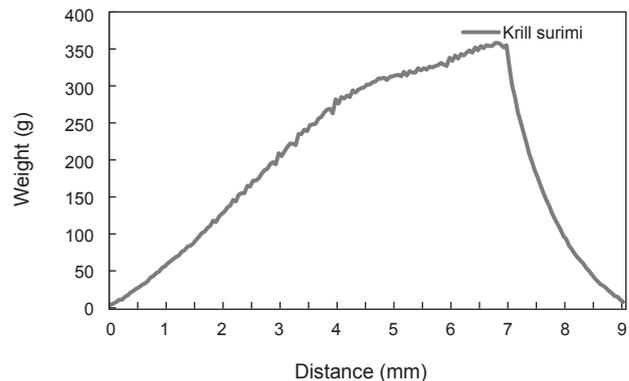
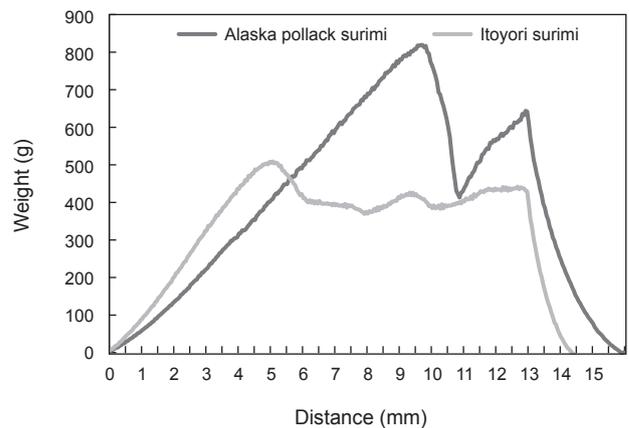


Fig. 3. Stress-strain curves of Alaska pollack *Theragra chalcogramma*, itoyori *Nemipterus virgatus* and krill *Euphausia superba* surimi.

는 겔을 형성한 것을 확인 하였지만 크릴 연육 단독으로는 측정 진입 깊이까지 응력이 지속적으로 증가하는 형태로 탄성한계(항복점)가 나타나지 않아 탄력 있는 겔을 형성하지 못하는 것을 확인 할 수 있다.

실험의 결과에서 크릴 연육 단독으로는 탄력있는 겔을 만들지 못하므로 크릴 연육의 탄력형성과 겔 강도 향상을 위하여 크릴 연육에 분리대두단백(SPI), 구아검, 소맥전분(Ws), 카라기난을 각각 10-40%로 첨가하여 첨가량에 따른 겔 강도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 첨가물을 첨가하지 않은 크릴 연육과 비교하여 분리단백의 경우 첨가량 20%에서 겔 강도가 $122.05 \pm 6.30 \text{ g} \times \text{cm}$ 로 가장 낮게 나타났으며 첨가량 20%까지는 감소하는 경향을 보였다. 그러나 20% 이상 첨가하였을 때 겔 강도는 증가하는 경향을 보였으며, 첨가함량 40%에서는 겔 강도가 $174.7 \pm 1.8 \text{ g} \times \text{cm}$ 까지 증가되었다. 크릴 연육 단독과 비교하여 겔 강도는 낮으나 크릴 연육의 경우 탄력이 있는 겔을 형성하지 못한 반면, Fig. 4와 비교하여 살펴 보면 겔 강도가 증가하기 시작하는 시점인 첨가량 20%에서부터 항복점이 나타나는 stress-strain curve를 확인 할 수 있어 크릴 연육이 겔

화된 것을 확인 할 수 있다. Gomez-Guillen et al. (1996)은 대두단백질은 품질이 낮은 마쇄육의 겔 강도를 증가시키는 효과가 있다고 하였다. 크릴 연육에 분리대두 단백질의 첨가로 겔 강도 증가의 효과뿐만 아니라 겔화 효과 또한 있는 것으로 보여진다. 구아검의 경우는 첨가량에 따라 급격하게 겔 강도가 감소하였으며 첨가량 30%에서 $50.3 \pm 0.3 \text{ g} \times \text{cm}$ 로 가장 낮게 나타났고, 첨가함량 20-40%에서는 겔 강도의 유의적 차이가 나타나지 않았다. Fig. 4의 stress-strain curve와 비교하여 살펴보면 크릴 연육 단독과 같이 진입 깊이까지 응력이 지속적으로 증가하다가 멈춘 항복점이 없는 형태가 나타나 구아검의 첨가로 겔화하지 않은 것을 확인 할 수 있었다. 소맥전분은 10% 첨가하였을 때 첨가함량 0%와 유의적 차이는 나타나지 않았다. 20% 첨가하였을 때 $321.9 \pm 46.8 \text{ g} \times \text{cm}$ 으로 겔 강도가 가장 높게 나타났으며, 함량이 증가함에 따른 유의적 차이는 없었다. 또한 Fig. 4와 비교하여 보면 모든 첨가구에서 stress-strain curve가 항복점이 없는 형태로 나타나 겔화 하지 않은 것을 확인 할 수 있었다. Yamazawa (1991)은 전분이 수분 흡수에 따라 팽윤함으로써 농축된 단백질은 연제품에 강한 인장강도를 준다고 하였다.

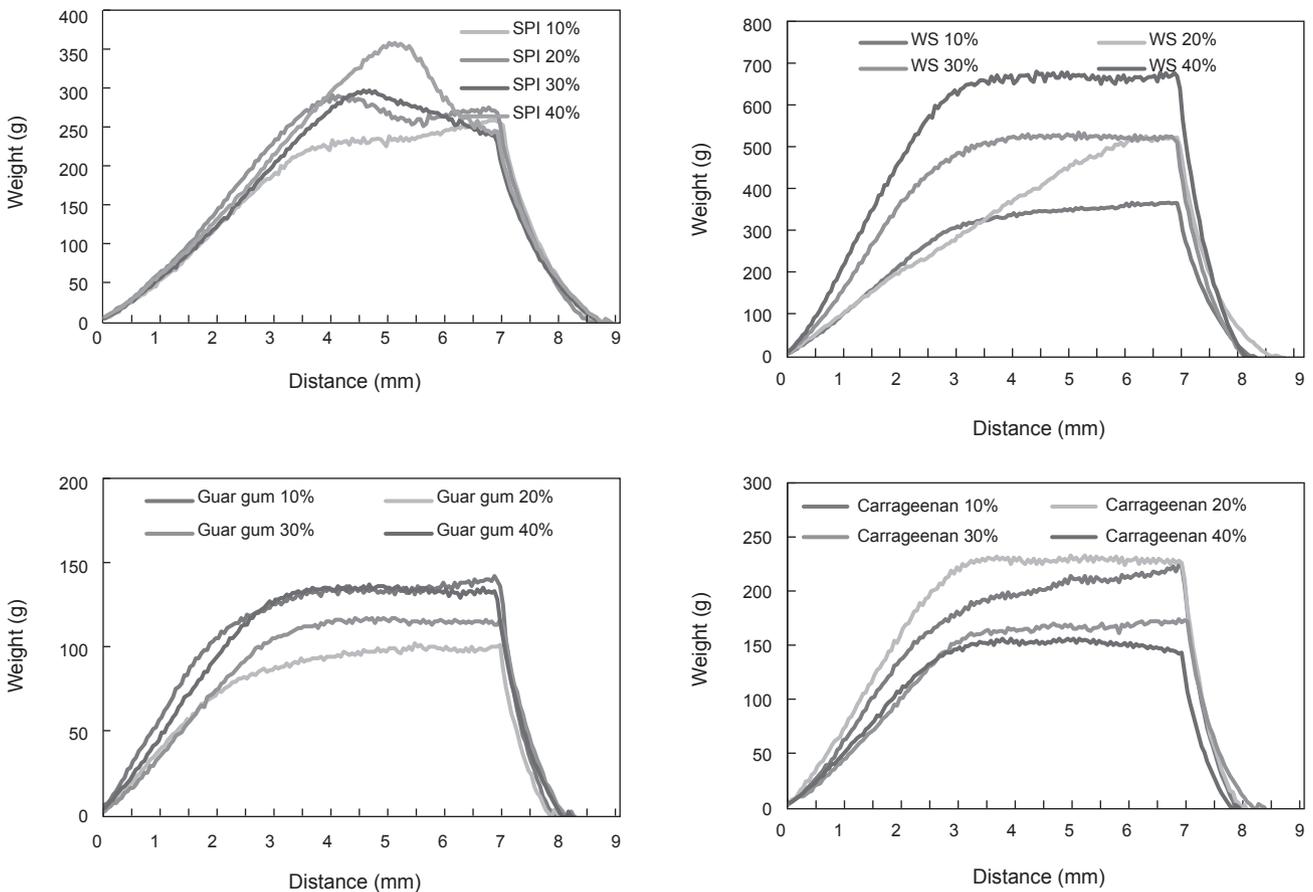


Fig. 4. Stress-strain curves of krill *Euphausia superba* surimi as affected by a concentrations of different additives. SPI, soy protein isolate; WS, wheat starch.

겔을 형성하지 못한 소맥전분의 높은 겔 강도는 Fig. 4와 비교하면 단단함의 증가로 인한 파단까지의 하중 증가로 생각된다.

카라기난은 첨가량이 증가함에 따라 겔 강도가 감소하는 경향을 보였으며 Fig. 4의 stress-strain curve 또한 항복점이 없는 형태를 나타내었다. Choi and Oh (2009)는 카라기난을 첨가한 녹두전분의 겔 특성이 저장시 경도, 씹힘성, 검성, 파단용력, 파단 변형, 파단에너지가 감소하여 텍스처가 약화되어 겔 질감이 연화된다고 하였다. 카라기난의 첨가는 크릴 연육의 겔을 형성하지 못하며, 첨가량 증가에 따른 겔 연화로 겔 강도가 감소한 것으로 보여진다. 이와 같이 카라기난과 구아검의 첨가는 크릴 연육을 겔화 시키지 못할 뿐만 아니라 강도 또한 약화시키며, 소맥전분은 겔화는 하지 못하였으나 강도 증가의 효과를 나타내었다. 분리대두단백은 첨가량 20%부터 겔을 형성하지 못하는 크릴 연육을 겔화시키면서 겔 강도 또한 증가하는 경향을 보이며 분리대두단백의 겔화, 겔 강도 증가 효과를 확인 할 수 있었다.

겔 증강제 처리에 의한 크릴 연육의 Texture 변화

크릴 연육에 분리대두단백, 구아검, 소맥전분(WS), 카라기난을 첨가하여 texture를 측정 결과를 Table 1에 나타내었다. 명태 연육의 탄력성은 크릴 연육과 실꼬리돔 연육과 비교하여 가장 높은 98.7±0.0%, 응집성은 92.0±0.7%, 씹힘성은

847.9±54.1 g, 깨짐성은 83,679.5±5,347.6 g을 나타내었다. 명태 연육이 탄력이 좋고 말랑말랑 한 것을 알 수 있었다. 실꼬리돔 연육은 탄력성과 응집성은 명태 연육에 비해 낮았지만 씹힘성과 깨짐성이 1,087.0±54.8 g과 105,468.7±4,773.4 g으로 높게 나타나 탄력과 응집성에 비해 단단한 질감을 가진 것을 알 수 있다. 크릴 연육은 모든 물성이 명태, 실꼬리돔 연육보다 낮게 나타났다.

분리대두단백의 경우 Fig. 4에서 확인 한 바와 같이 겔을 형성하기 시작하는 첨가량 20%부터 탄력성이 실꼬리돔 연육과 비슷한 97.2±0.8%로 증가하였으며, 첨가량이 증가함에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. 응집성의 경우도 탄력성과 마찬가지로 겔을 형성하기 시작하는 20%에서 가장 많이 증가하였으며, 첨가량이 30%와 40%에서는 유의적 차이가 없었다. 씹힘성과 깨짐성은 첨가량 40%에서 각각 792.3±16.2 g과 77,009.7±2,662.6 g으로 가장 높게 나타났다. 겔을 형성하기 시작하는 첨가량 20%에서 탄력성, 응집성, 깨짐성, 씹힘성이 모두 증가하여 분리대두단백이 크릴 연육을 겔화시킬 뿐만 아니라 물성 변화에도 긍정적인 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 구아검의 경우 첨가량 20%에서 가장 낮은 83.2±1.8%로 나타났으며 첨가량 30%와 40%에서 유의적 차이는 없었다. 응집성의 경우 구아검은 첨가량 10%에서 가장 많이 감소한

Table 1. Changes in textures of Alaska pollack *Theragra chalcogramma*, itoyori *Nemipterus virgatus* and krill *Euphausia superba* suirmi as affected by different concentrations of additives

Samples	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Chewiness (g)	Brittleness (g)
Alaska pollack surimi	98.7±0.0 ^a	92.0±0.7 ^a	847.9±54.1 ^a	83,679.5±5,347.6 ^a
Itoyori surimi	97.0±0.5 ^{abc}	88.0±1.7 ^{ab}	1087.0±54.8 ^b	105,468.7±4,773.4 ^b
Krill surimi	92.6±1.2 ^{dgh}	81.3±1.3 ^c	629.8±18.0 ^e	58,339.5±2,359.5 ^{hi}
SPI10% ¹	93.6±0.7 ^{dghi}	81.6±0.5 ^c	569.3±13.6 ^{de}	53,264.6±1,434.9 ^{ij}
SPI 20%	97.2±0.8 ^{ab}	86.6±1.2 ^b	734.7±15.5 ^b	71,403.1±2,060.1 ^{ef}
SPI 30%	97.2±0.6 ^{ab}	88.3±0.5 ^{ab}	631.6±3.4 ^e	61,387.1±415.4 ^{gh}
SPI 40%	97.2±1.4 ^{ab}	89.4±0.7 ^{ab}	792.3±16.2 ^{ab}	77,009.7±2,662.6 ^{de}
Guar gum 10%	88.1±3.9 ^e	64.7±2.5 ^d	421.2±67.5 ^h	37,263.2±7,734.3 ^k
Guar gum 20%	83.2±1.8 ^f	67.1±1.5 ^{de}	322.1±12.2 ^f	26,786.4±691.5 ^b
Guar gum 30%	83.2±0.2 ^f	69.7±2.4 ^{efg}	315.0±8.3 ^f	26,215.1±762.2 ^l
Guar gum 40%	86.3±0.7 ^e	74.0±0.3 ^{gh}	421.9±24.3 ^h	36,410.8±2,346.3 ^k
WS 10% ²	95.8±1.3 ^{bci}	73.1±3.2 ^{gh}	856.7±26.3 ^a	82,076.6±3,550.3 ^l
WS 20%	95.3±0.8 ^{bchi}	73.1±3.2 ^{gh}	1334.3±98.8 ^l	127,075.6±8,471.2 ^l
WS 30%	96.6±1.7 ^{abc}	73.2±1.1 ^{gh}	148.2±4.1 ^g	14,317.0±152.0 ^m
WS 40%	94.2±2.1 ^{cghi}	73.7±1.4 ^{gh}	178.2±14.0 ^g	16,784.7±1,281.2 ^m
Carrageenan 10%	90.9±0.3 ^d	74.7±0.7 ^h	634.5±16.2 ^e	57,709.0±1,652.7 ^{hi}
Carrageenan 20%	91.9±2.1 ^g	72.4±0.6 ^{fgh}	732.6±21.3 ^b	67,328.4±1,336.1 ^g
Carrageenan 30%	94.7±1.5 ^{bcghi}	73.5±2.9 ^{gh}	556.4±4.9 ^d	52,684.4±543.7 ^{ij}
Carrageenan 40%	95.2±2.0 ^{bchi}	68.3±7.0 ^{def}	526.1±64.3 ^d	49,978.4±5,224.4 ^l

¹SPI, soy protein isolate; ²WS, wheat starch; Means of duplicate groups. Values are presented as mean±SD. Values in the same column having different superscript letters are significantly different (P<0.05).

64.7±2.5%로 첨가량이 증가함에 따라 조금씩 증가하였으나, 첨가하지 않은 크릴 연육과 비교하여 응집성이 낮아 구아검을 첨가하였을 때 내부적 결합력이 약해지는 것을 확인할 수 있었다. 씹힘성과 깨짐성의 경우도 첨가량 30%에서 315.0±8.3 g과 26,215.1±762.2 g으로 가장 낮게 나타났으며, 첨가량 40%에서 증가하여 첨가함량 10%와 유의적 차이를 나타내지 않았다. 탄력성, 응집성, 씹힘성, 깨짐성 모두 첨가하지 않은 크릴 연육과 비교하여 낮았으며, 탄력성과 내부결합력이 떨어지며 무른 물성을 나타내었다. 소맥 전분은 첨가량 30%에서 96.6±1.7%로 가장 높게 나타났다. 응집성은 첨가량에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았으며 73%로 감소하였다. 하지만 씹힘성과 깨짐성의 경우 첨가량 20%까지 증가하였으며 첨가량 30%이상에서는 크릴 연육이 단단하게 굳어 2 kg의 하중에서는 측정이 불가능하였다. 전분함량이 증가 할수록 단단한 물성을 나타내는 것을 알 수 있었다. Yamazawa (1991)은 감자전분의 수분 흡수능력이 어묵의 탄력강화 효과에 크게 기여한다고 하였다. 전분의 씹힘성과 깨짐성의 증가는 전분함량이 증가함에 따른 수분흡수 능력의 증가로 전분입자가 호화되어 경도가 증가하여 나타난 결과라고 보여진다. 카라기난은 첨가량이 증가함에 따라 탄력성이 점차적으로 증가하였다. Montero et al. (2000)은 kappa-carrageenan을 청대구 연육에 첨가하였을 때 응집성이 감소한다고 보고한 바와 같이 응집성은 카라기난 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 씹힘성은 첨가량 20%에서는 732.6±21.3 g으로 증가하였지만 첨가량 30% 이상에서는 감소하였다. 깨짐성은 첨가량 20%에서 증가하여 67,328.4±1,336.4 g로 증가하였으나, 첨가량 30%이상에서는 감소하는 경향이 나타났다. Hunt and park (2013)은 카라기난의 첨가는 유티 및 가금류, 수산식품에 겔을 형성하여 보수력과 텍스처를 증가시킨다고 하였다. 하지만 크릴에서는 소목의 탄력성의 증가는 있으나 응집성, 씹힘성, 깨짐성은 카라기난의 함량이 증가함에 따라 감소하였으며, 카라기난은 크릴 연육을 부드럽고 무르고 부스러지기 쉬운 물성을 가지게 하는 것으로 확인하였다.

겔 증강제 처리에 의한 크릴 연육의 절단 강도 변화

크릴 연육에 분리대두단백, 구아검, 소맥전분(WS), 카라기난을 첨가하여 절단강도의 변화를 Table 2에 나타내었다. 겔 강도가 가장 높은 명태 연육의 절단 강도가 358.0±19.3 g/cm²로 가장 높게 나타났다. 분리대두단백은 첨가량 10%에서 절단 강도가 감소하여 겔을 형성하는 20% 첨가량에서 절단강도가 증가하지만 그 이상 첨가하였을 때 유의적 차이를 나타내지 않았다. Table 1에서와 같이 탄력성, 응집성, 씹힘성, 깨짐성이 가장 낮은 구아검은 절단강도 또한 다른 첨가물들과 비교하여 가장 낮게 나타났으며, 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 소맥전분은 절단강도가 첨가량이 증가함에 따라 증가하였다. 소맥전분은 Table 1에서 씹힘성과 깨짐성이 높은 단단한 물성으로 Yoon

Table 2. Changes in cutting strength of Alaska pollack *Theragra chalcogramma*, itoyori *Nemipterus virgatus* and krill *Euphausia superba* surimi as affected by different concentrations of additives

Samples	Cutting strength (g/cm ²)
Alaska pollack surimi	358.0±19.3 ^j
Itoyori surimi	187.7±2.9 ^h
Krill surimi	98.0±3.8 ^{cde}
Soy protein isolate 10%	72.8±3.0 ^b
Soy protein isolate 20%	93.9±6.5 ^{cd}
Soy protein isolate 30%	92.3±2.9 ^{cd}
Soy protein isolate 40%	94.1±2.2 ^{cd}
Guar gum 10%	73.4±2.0 ^b
Guar gum 20%	58.1±1.3 ^a
Guar gum 30%	50.3±0.3 ^a
Guar gum 40%	57.9±1.3 ^a
Wheat starch 10%	110.8±4.2 ^e
Wheat starch 20%	164.0±13.1 ^f
Wheat starch 30%	173.7±6.6 ^g
Wheat starch 40%	218.3±2.9 ^j
Carrageenan 10%	104.6±2.4 ^{de}
Carrageenan 20%	104.9±2.6 ^{de}
Carrageenan 30%	87.1±2.4 ^{bc}
Carrageenan 40%	74.2±2.14 ^b

Means of duplicate groups. Values are presented as mean±SD. Values in the same column having different superscript letters are significantly different ($P<0.05$).

et al. (2001)은 경도는 전분함량의 증가와 함께 양의 상관성이 있다고 보고하였다. 소맥전분의 첨가량에 따른 경도의 증가가 절단강도를 높인 것으로 생각되었다. 카라기난은 첨가량이 증가할수록 씹힘성과 깨짐성이 떨어져 절단 강도 또한 첨가량이 증가할수록 감소하는 것이라 생각되었다.

겔 증강제 처리에 의한 크릴 연육의 색도 변화

크릴 연육에 겔 증강제를 처리하여 색도 변화를 Table 3에 나타내었다. 명태 연육은 L값이 높고 a값, b값이 낮았으며 W값은 70.2±1.1로 가장 높게 나타났다. 어묵의 백색도는 냉동 연육으로 연제품을 제조하였을 때 제품의 관능에 크게 영향을 주는 항목으로서 최종제품의 품질과 관련이 있는 항목이므로 W값이 높을수록 제품으로서의 가치가 높다. Grade가 낮은 실꼬리돔 연육은 b값이 높고 W값 또한 명태 연육에 비해 많이 떨어지는 32.2±0.9로 나타났다. 크릴 연육은 b값이 10.9±0.2로 높게 나타나 L값이 71.0±1.4로 높은데도 불구하고 W값은 실꼬리돔 연육보다 약간 높은 35.4±0.8로 나타났다. 크릴 연육은 명태 연육과 실꼬리돔 연육과는 다르게 아스타잔틴의 함유로 인하여 크릴 특유의 연분홍빛 육색을 가져 a값은 10.2±0.4이

Table 3. Hunter's color values of krill *Euphausia superba* surimi as affected by different concentrations of additives

Samples	Hunter's color values			
	L ¹	a ²	b ³	W ⁴
Alaska pollack surimi	65.9±0.3 ^{bc}	-3.8±0.1 ^a	-1.4±0.3 ^a	70.2±1.1 ^a
Itoyori surimi	65.7±0.1 ^{bc}	-1.7±0.1 ^b	11.2±0.3 ^g	32.2±0.9 ^g
Krill surimi	71.0±0.4 ^a	10.2±0.4 ^c	10.9±0.2 ^g	35.4±0.8 ^{hi}
SPI 10% ⁵	66.2±0.5 ^c	5.0±0.0 ^g	15.8±0.2 ⁱ	18.9±0.6 ^e
SPI 20%	61.7±0.6 ^d	3.7±0.2 ^f	17.5±0.8 ^j	9.3±2.4 ^d
SPI 30%	58.0±0.5 ^e	3.2±0.1 ^e	17.5±0.5 ^j	5.7±1.0 ^b
SPI 40%	55.4±0.6 ^f	2.81±0.1 ^e	17.5±0.4 ^j	2.8±0.8 ^c
Guar gum 10%	63.9±0.5 ^k	6.2±0.1 ^h	12.2±0.2 ^h	27.4±1.1 ^f
Guar gum 20%	57.4±0.2 ^e	3.7±0.2 ^f	10.3±0.3 ^{ef}	26.7±0.6 ^f
Guar gum 30%	53.4±0.1 ^g	2.4±0.2 ^d	10.9±0.4 ^{fg}	20.8±1.3 ^e
Guar gum 40%	53.7±0.3 ^g	2.2±0.1 ^d	10.9±0.2 ^{fg}	21.0±0.5 ^e
WS 10% ⁶	69.7±0.0 ^h	8.7±0.7 ⁱ	9.9±1.1 ^{de}	40.1±3.1 ^{ik}
WS 20%	68.1±0.2 ^{ij}	8.3±0.1 ⁱ	9.1±0.1 ^{cd}	40.8±0.2 ^k
WS 30%	65.4±0.3 ^b	7.2±0.3 ⁱ	8.6±0.1 ^c	39.7±0.5 ^{jk}
WS 40%	63.3±0.2 ^k	6.0±0.2 ^h	7.8±0.3 ^b	40.0±0.9 ^{jk}
Carrageenan 10%	71.6±0.3 ^a	8.3±0.2 ⁱ	11.3±0.5 ^g	37.7±1.8 ^{hi}
Carrageenan 20%	68.7±0.4 ⁱ	7.3±0.1 ⁱ	10.9±0.7 ^{fg}	36.1±2.6 ^h
Carrageenan 30%	68.9±0.9 ^j	5.9±0.1 ^h	9.1±0.5 ^{cd}	41.5±2.0 ^k
Carrageenan 40%	67.7±0.5 ^j	5.1±0.2 ^g	8.6±0.1 ^c	42.0±0.6 ^k

¹L, Lightness ²a, redness ³b, yellowness ⁴W, whiteness; ⁵SPI, soy protein isolate; ⁶WS, wheat starch. Means of duplicate groups. Values are presented as mean±SD. Values in the same column having different superscript letters are significantly different ($P<0.05$).

었다. 크릴 연육에 분리대두단백을 첨가하였을 때 첨가량이 증가함에 따라 L값, a값이 감소하였으며 b값은 증가하지만 첨가 함량 20-40%에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. L값, a값의 감소 및 b값의 증가는 분리대두단백이 가지고 있는 고유의 황색에 의한 것으로 첨가량의 증가에 따라 W값이 감소하였다. Luo et al. (2004)은 명태 연육에 분리대두단백을 첨가하였을 경우 W값은 감소하고 b값은 증가한다고 보고하였다. 구아검 또한 첨가량이 L값, a값이 낮아지는 경향을 보이며 b값은 첨가량 10%에서 증가하지만 첨가량 20-40%에서는 크릴 연육과 차이를 보이지 않았으며 W값은 분리대두단백에 비해서는 높으나 다른 첨가물들에 비해서는 낮았다. 소맥전분을 첨가했을 때에는 함량이 높아짐에 따라 L값, a값, b값이 감소하는 경향을 나타내지만 다른 첨가물들에 비해 비교적 작게 감소하였다. W값은 첨가함량 20%일 때 40.8±0.2로 높게 나타났으나 첨가량에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. 높은 W 값은 소맥전분이 가지고 있는 흰색으로 인해 높게 나타난 것으로 b값이 낮아 소맥전분을 첨가하였을 때에는 크릴 연육은 옅은 분홍빛을 띠었다. Zhang et al. (2013)은 전분의 첨가는 황색도와 적색도가 낮아져 a값과 b값에 영향을 준다고 하였으며, Park et al. (2003)은 전분의 첨가가 젤의 백색도를 개선한다고 하였다. 카라기난은

L값, a값에 대해 소맥전분과 비슷한 경향을 보이며 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. b값은 10-20%일 때 크릴 연육과 유의적 차이가 나타나지 않았으나 30%이상 첨가할 경우 감소하였다. W값은 첨가량 40%에서 42.0±0.6으로 가장 높게 나타났다. 분리대두단백과 구아검의 경우 황색도가 높아 백색도가 낮게 나왔으며 흰 빛을 내는 소맥전분과 카라기난의 경우 다른 첨가물과 비교하여 높은 W값을 나타내면서 크릴 연육 특유의 붉은 빛을 나타내었다.

크릴 연육의 불소 및 아스타잔틴 함량

크릴 연육의 불소 함량과 아스타잔틴 함량을 측정하여 Table 4에 나타내었다. 크릴 육의 경우 불소는 293.6±3.7 mg/kg으로 나타났으나, 제조된 크릴 연육의 경우는 62.6±0.3 mg/kg으로 나타났다. 젤을 형성하기 시작하는 시점인 분리대두단백 20% 첨가량에서는 더 낮은 55.0±0.7 mg/kg으로 나타났다. 분리대두단백을 첨가한 경우 첨가량이 증가함에 따라 불소함량이 감소한 것으로 사료되며, 제조한 크릴 연육의 불소함량 감소는 제조 시 폴리인산염 첨가로 인한 것으로 생각된다. Park et al. (1988)은 Na 염이 크릴 근육의 가용성 단백질과 결합된 불소를 감소시키는 효과가 있다고 하였으며, 연육 첨가한 폴리인산염의 Na 염이 불소를 감소 시킨 것으로 생각되었다. 그리

Table 4. The contents of fluoride and astaxanthin of krill *Euphausia superba* meat, krill surimi and 20% SPI¹ added-krill surimi (dry weight)

Samples	Fluoride (mg/kg)	Astaxanthin (mg/kg)
Krill meat	293.6±3.7 ^a	1.1±0.0 ^a
Krill surimi	62.6±0.3 ^b	1.0±0.1 ^a
Krill surimi + SPI 20%	55.0±0.7 ^c	0.8±0.0 ^b

¹SPI, soy protein isolate. Means of duplicate groups. Values are presented as mean±SD. Values in the same column having different superscript letters are significantly different ($P<0.05$).

고 크릴 육의 아스타잔틴 함량은 1.1 ± 0.0 mg/kg으로 나타났고, 크릴 연육은 1.0 ± 0.1 mg/kg로 나타났다. 분리대두단백을 첨가한 크릴 연육의 경우는 0.8 ± 0.0 mg/kg로 나타났다. 크릴 육과 크릴 연육은 유의적 차이가 나타나지 않았으며, 분리대두단백을 첨가한 크릴 연육의 아스타잔틴 함량은 첨가량의 증가에 따른 감소로 생각된다. Hiroshi et al. (2002)는 아스타잔틴이 암전이 억제 효과가 있으며, 대표적인 항산화제인 α -tocopherol과 β -carotene 보다 스트레스에 의한 면역기능 장애를 개선한다고 하였다.

사 사

이 연구는 해양수산부의 기획(지정공모)과제(남극 크릴의 영양학적 가치를 살린 미래 식량자원 기술개발)로 수행되었습니다(No. 3100083).

References

- AOAC. 2005. AOAC official method 978.03. Fluoride in plants. In: Official Methods of Analysis Horwitz W, ed., AOAC International, Maryland, U.S.A., 16-20.
- ASTM. 2002. Standard test method for total fluorine in coal by the oxygen bomb combustion/ion selective electrode method. D 3761-96, ASTM International, PA, U.S.A., 1-3.
- Atkinson, A, Siegel V, Pakhomov EA, Jessopp, MJ and Loeb V. 2009. A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill. Deep-Sea Research 56, 727-740. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2008.12.007>.
- Beveridge T, Jones L and Tung MA. 1984. Progel and gel formation and reversibility of gelation of whey, soybean, and albumen protein gels. J Agric Food Chem 32, 307-313. <http://dx.doi.org/10.1021/jf00122a033>.
- Boatright WL and Hettiarachchy NS. 1995. Spray-dried soy protein isolate solubility, gelling characteristics, and extractable protein as affected by antioxidants. J Food Sci 60, 806-809. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb06234.x>.
- Choi EJ and Oh MS. 2009. Quality characteristics of mungbean starch gels with various hydrocolloids. Korean J Food Culture 24, 540-551.
- Chung KH and Lee CM. 1994. Function of nonfish proteins in surimi-based gel products. Korean J Food Cook Sci 10, 146-150.
- Gomez-Guillen CM, Borderias JA and Montero P. 1996. Rheological properties of gels made from high- and low-quality sardine (*sardina pilchardus*) mince with added nonmuscle proteins. J Agric Food Chem 44, 746-750. <http://dx.doi.org/10.1021/jf950338q>.
- Guenneugues P and Morrissey MT. 2004. Surimi resources. In: Surimi and Surimi Seafood. Park JW, ed. Taylor & Francis, New York, U.S.A., 3-32.
- Hermansson AM. 1986. Soy protein gelation. JAOCS 63, 658-666. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02638232>.
- Hiroshi K, Hirofumi K, Sumio A, Yoshinobu K and Takaharu T. 2002. Contribution of the antioxidative property of astaxanthin to its protective effect on the promotion of cancer metastasis in mice treated with restraint stress. Life Sciences 70, 2509-2520. [http://dx.doi.org/10.1016/S0024-3205\(02\)01522-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0024-3205(02)01522-9).
- Hunt A and Park JW. 2013. Alaska pollock fish protein gels as affected by refined carrageenan and various salts. J Food Qual 36, 51-58. <http://dx.doi.org/10.1111/jfq.12010>.
- Hunt A, Getty K. JK and Park JW. 2009. Roles of starch in surimi seafood: a review. Food Rev Intl 25, 299-312. <http://dx.doi.org/10.1080/87559120903155834>.
- Jung HR, Choi EH, Seo YS, Lee YB, Chun BS and Kim SB. 2013a. Decreasing effect of fluoride content in Antarctic krill (*Euphausia superba*) by chemical treatments. Intl J Food Sci Technol 48, 1252-1259. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.12084>.
- Jung HR, Choi EH, Lee YB, Chun BS and Kim SB. 2013b. Food quality characteristics of instant gruel prepared with peeled krill *Euphausia superba* meat. Kor J Fish Aquat Sci 46, 343-350. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0343>.
- Kim BG and Choi YJ. 2011. Formulation of surimi and surimi-based products with acceptable gelling ability from squid muscle. Kor J Fish Aquat Sci 44, 37-44.
- Kato N, Suzuki Y, Kunimoto M, Kitakami S, Murakami Y and Arai K. 2010. Comparison of effects of plasma and albumen powders on the physical property of heated gels formed from salt-ground of three species fish frozen surimi. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 57, 26-31.
- Kim MA, Chae YJ, Lee YB, Chun BS and Kim SB. 2013. Food quality of patties prepared using Antarctic krill *Euphausia superba* meat. Kor J Fish Aquat Sci 46, 520-527. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0520>.
- Kim SH. 1978. Processing of steamed fish jelly product from hagfish. Kor J Fish aquat Sci 11, 197-203.
- Lee EH, Cha YJ, Oh KS and Koo JK. 1985. Processing of intermediate product(krill paste) derived from krill. Kor J Fish Sci 18, 195-205.
- Lee EH, Cho SY, Cha YJ, Park HS and Kwon CS. 1984. Studies

- on the processing of krill sauce. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 13, 97-106.
- Luo Y, Kuwahara R, Kaneniwa M, Murata Y and Yokoyama M. 2004. Effect of soy protein isolate on gel properties of alaska pollock and common carp surimi at different setting conditions. *J Sci Food Agric* 84, 663-671. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.1727>.
- Montero P, Hurtado JL and Perez-Mateos M. 2000. Micro-structural behaviour and gelling characteristics of myo-system protein gels interacting with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* 14, 455-461. [http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00025-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00025-4).
- Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Bull Japan Soc Sci Fish* 30, 255-261.
- Ortiz J and Aguilera JM. 2004. Effect of kappa-carrageenan on the gelation of horse mackerel (*T. murphyi*) raw paste surimi-Type. *Food Sci Tech Int* 10, 223-232. <http://dx.doi.org/10.1177/1082013204045884>.
- Park HJ, Ham KS, Kim DM and Kim KH. 1988. Decrease of fluoride content of Antarctic krill. *Korean J Food Sci Technol* 20, 19-22.
- Park JD, Kim JS, Cho YJ, Choi JD and Choi YJ. 2003. Optimum formulation of starch and non-muscle protein for alkali surimi gel from frozen white croaker. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32, 1026-1031.
- Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J Food Sci* 59, 525-527. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb05554.x>.
- Park JW and Morrissey MT. 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In: *surimi and surimi seafood*, Park JW, ed. Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A., 12-58.
- Park YH, Lee EH, Lee KH, Pyeun JH, Oh HK and Byun DS. 1980. Studies on the utilization of antarctic krill. 3. Processing and Quality Evaluation of Salted and Fermented Krill. *Kor J Fish Aquat Sci* 13, 81-87.
- Tou J.C, Jaczynski J and Chen YC. 2007. Krill for human consumption: nutritional value and potential health benefits. *Nutrition Reviews* 65, 63-77. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00283.x>.
- Yamazawa M. 1991. Relationship between the swelling ability of starch granules and their kamaboko-gel reinforcing effect. *Bull Japan Soc Sci Fish* 57, 971-975. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.57.971>.
- Yoon SS, Cho WJ, Chung YJ and Cha YJ. 2001. Studies on the prediction of shelf-life of commercial fish paste products. *Kor J Fish Aquat Sci* 34, 652-655.
- Zhang F, Fang L, Wang C, Shi L, Chang T, Yang H and Cui M. 2013. Effects of starches on the textural, rheological, and color properties of surimi-beef gels with microbial transglutaminase. *Meat Science* 93, 533-537. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.013>.