

양식지역의 차이에 따른 비규격 넙치 연육 (Surimi)의 품질 특성

허민수·신준호¹·박권현¹·이지선¹·노윤이¹·전유진²·김진수^{1*}

경상대학교 식품영양학과 / 해양산업연구소, ¹경상대학교 해양식품공학과 / 해양산업연구소,
²제주대학교 해양의생명과학부

Quality of Surimi from Unmarketable Bastard Halibut as Affected by the Region where Cultured

Min Soo Heu, Jun Ho Shin¹, Kwon Hyun Park¹, Ji Sun Lee¹,
Yu Ni Noe¹, You-Jin Jeon² and Jin-Soo Kim^{1*}

Department of Food Science and Nutrition / Industry of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

¹Department of Seafood Science and Technology / Institute of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

²Department of Marine Life Science, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

This study investigated the physicochemical and enzymatic properties of unmarketable bastard halibut (*Paralichthys olivaceus*) cultured in different regions (i.e., Jeju, Wando, and Geoje) as a potential source of surimi and surimi gel. The proximate composition of unmarketable bastard halibut cultured in different regions did not differ significantly at $P < 0.05$. Compared to Alaska pollock muscle, all of the unmarketable bastard halibut muscle had a 4% higher crude protein content and 5% lower moisture content. The collagen content of bastard halibut muscle cultured in Jeju was 1.96 g/100 g, which was higher than in fish cultured in other regions. Regardless of the region where cultured or pH, the enzymatic activities of the crude extracts from unmarketable bastard halibut muscle ranged from 0.30–0.48 U/mg for casein and hemoglobin, 11.9–13.7 U/mg for LeuPNA, 5.6–6.7 U/mg for ArgPNA, 2.8–4.7 U/mg for SAAPFNA, and 0.1–0.2 U/mg for BAPNA. Regardless of region, no mercury or lead was found in any of the unmarketable bastard halibut muscle, except for lead in fish cultured in Geoje. The strength of surimi gels from unmarketable bastard halibut cultured in Jeju, Geoje, and Wando was 1059, 988, and 900 g×cm, respectively. The surimi gel from unmarketable bastard halibut cultured in Jeju was stronger than commercial Alaska pollock surimi, which was grade SA.

Key words: Surimi, Surimi gel, Bastard halibut surimi, Bastard halibut

서 론

국내 수산가공산업은 가공원료의 부족, 소비자들의 잔가시와 비린내에 대한 거부감 및 가격 상승 등으로 수산물의 선택을 주저하고 있어 상당히 어려움을 겪고 있다. 그러나, 수산연제품은 이들 일반 수산가공품과는 달리 잔가시와 비린내가 없거나 적으면서 외관 및 물성이 어육과 차이가 있고, 바로 섭취할 수 있는 등의 특징을 가지고 있으며, 케첩어묵 등과 같은 다양한 응용 가공품이 개발되어 있어 소비자들로부터 선호받고 있는 대표적인 가공식품 중의 하나이다 (Park et al., 1995).

한편, 연육은 내장과 뼈를 제거하고 절취한 어육을 마쇄하여 수세공정을 통해 근원섬유 단백질을 농축한 후 냉동변성 방지제를 혼합하여 제조한 제품으로 수산연제품, 어육소시지 등과 같은 어육연제품의 중간소재로 널리 이용되고 있다 (Wu, 1992; Park and Morrissey, 2000). 따라서, 연육 산업은

잠재적인 성장 가능성이 있으나, 이의 원료 확보는 세계 각국의 200해리 경제수역의 선포, 어업규제의 강화, 입어료의 상승, 유럽을 위시한 서구에서 어류의 건강 기능성을 인지한 이래 축육 스테이크 (steak)보다 현재 연육 원료로 다량 이용되고 있는 어류 스테이크의 선호 현상, 중국에서 연육의 소비 증가 등으로 인하여 악화되어 가고 있다 (Park et al., 1995). 이로 인하여 연육 원료난을 해결하기 위한 방안으로 연육 생산을 위한 주자원인 명태 이외에 남방대구 (Pacific whiting), 찰치가자미 (arrowtooth flounder), 새꼬리민태 (hoki), 남부 남방대구 (southern blue whiting), 북부 남방대구 (northern blue whiting) 및 기타 동방실꼬리돔 (threadfin bream), 히메치 (lizardfish), 동등이석태 (croaker) 등과 같은 어종이 대체 소재로 검토되어 산업적으로 유효 이용되고 있다 (Park and Morrissey, 2000). 하지만, 연육 자원은 명태와 이들 어종으로도 부족하여 또 다른 어종에 대하여도 꾸준히 검토되고 있다.

한편, 최근 국내 넙치 양식산업은 제주특별자치도, 전남 및 경남과 같은 다양한 지역에서 실시되고 있으나, 이들 지역

*Corresponding author: jinsukim@gnu.ac.kr

의 양식 어가는 양식산 넙치의 생산량 증가와 일시에 대량 출하에 따른 가격하락, 그리고, 중국으로부터 저가 넙치의 수입 급증 등으로 경영 악화가 심각한 수준에 이르러 어려움에 처하여 있다 (Cha et al., 2009). 일반적으로 500 g 이하의 저상품성 비규격 넙치는 양식어민들이 생산단가를 낮추고 고수익을 내기 위하여 고밀도 밀집양식을 선호함으로 인하여 발생하는 것으로 알려져 있다. 그러나 넙치와 같은 양식어는 밀집사육으로 인하여 먹이 경쟁을 하여야 하고, 여기서 뒤쳐진 일부의 개체는 성장이 더디어 비경제성 양식어인 비규격 넙치로 남게 되어 선별 제거하는 것이 상업적으로 효율적이다. 이러한 일면에서 넙치 양식어민들에게 새로운 활력을 부여하는 방안 중의 하나가 과잉 생산되고 있는 넙치를 생선회 이외의 일부 다른 용도로 고도 이용함으로 인하여 생선회 시장에 공급량을 조절하는 것이라 할 수 있다. 따라서, 백색육 어류인 비규격 양식산 넙치의 효율적 이용 방안의 하나가 근년 소비자들에게 호응을 받고 있는 고품질 연육 및 연제품 소재로 이용하는 것이라 판단된다.

한편, 어류는 산지별 이화학적 및 효소학적 특성 등에 차이가 있어 (Park et al., 1995), 어류의 산지 차이에 의한 연제품 소재로서 차이가 있을 수 있다. 따라서 비규격 양식산 넙치를 연육 및 연제품의 소재로 효율적으로 이용하기 위하여는 반드시 산지에 따른 비규격 양식산 넙치의 이화학적 특성 및 효소학적 특성에 대하여 검토되어야 한다.

그러나, 비규격 양식 어류의 고도 이용에 관한 연구로는 Cha et al. (2009)의 저상품성 양식 넙치를 이용한 연제품의 제조 및 텍스처어 특성에 관한 연구만이 있을 뿐이다. 그리고, 현재 연육 소재로 이용되지 않은 어종으로부터 연육 및 연제품 소재로 이용하기 위한 연구로는 Lee et al. (1985)과 Park et al. (1985a,b)의 정어리와 고등어를 이용한 연육 및 연제품의 제조에 관한 연구, Kim (1978)의 떡장어를 이용한 연제품의 제조에 관한 연구, Park et al. (1968)의 상어를 이용한 연제품의 제조에 관한 연구 등이 있다. 하지만, 이들 연구 중 저상품성 양식 넙치를 이용한 연제품의 제조 및 텍스처어 특성에 관한 연구는 고품질 연육 제조를 위한 가장 중요한 공정 중의 하나인 정제 공정을 생략하여 제조하였고, 또한, 고품질 연제품의 제조를 위한 필수 공정인 setting 공정을 생략함으로 인하여 최종 제품이 중급 또는 하급의 연육 생산 및 연제품으로 저평가 (Park et al., 1995)되어 넙치를 이용한 연육 및 연제품의 제조공정 및 품질평가에 대하여 전반적으로 재검토가 요망된다. 그리고, 위에서 언급된 연육 소재로서 다양한 어류에 대하여 검토를 시도한 연구들은 적색육 어류, 지질함량이 많은 떡장어와 연육 제조시에 이물질에 해당하는 근기질 단백질의 함유량이 높은 상어를 이용함으로 인하여 연제품의 소재로서 가공적성이 낮아 일부 증량제로는 사용이 가능하나 고품질용 소재로 이용하기에는 한계가 있다.

본 연구에서는 연육 소재의 다양화와 고급 연육 소재의 검색에 관한 일련의 연구로 제주특별자치도 서귀포시, 전라남도 완도군 및 경상남도 거제시 소재 양식장과 같은 양식지역을 달리한 넙치들의 이화학적 및 효소학적 특성을 통하여

비규격 양식산 넙치의 고급 연육 및 연제품 소재로서 가능성에 대하여 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

시판 명태 (Alaska pollock, *Theragra chalcogramma*) 연육은 모두 미국산으로 SA급 (제조회사 Premier Pacific Foods, 제조일 2008년 9월), FA급 (제조회사 Premier Pacific Foods, 제조일 2008년 7월), AA급 (제조회사 Trident Seafood Corporation, 제조일 2008년 8월), KA급 (제조회사 American Sea Food Company, 제조일 2008년 7월) 및 A급 (제조회사 American Sea Food Company, 제조일 2008년 7월)의 경우 2009년 2월에 충청남도 당진군 소재 한성기업으로부터, 그리고, KB급 (제조회사 Trident Seafood Corporation, 제조일 2008년 9월) 및 RA급 (제조회사 Unisea INC, 제조일 2008년 8월)의 경우 2009년 3월에 부산광역시 사하구 소재 (주) Bluecan으로부터 각각 구입하여 사용하였다.

양식산 넙치 (bastard halibut, *Paralichthys olivaceus*)는 지역에 관계없이 전갱이와 고등어의 혼합 생사료로 해상 가두리 양식한 체중과 체장이 각각 400-500 g 범위 및 33-37 cm 범위의 것을 2009년 3월에 제주특별자치도 제주시, 전라남도 완도군 및 경상남도 거제시에서 각각 구입하여 사용하였다. 이 때 제주산 양식 넙치는 활어 차에 넙치를 넣고, 이를 배로 부산광역시 소재 축양장까지 운반한 다음 2-3일간 순치시킨 것을, 완도산 및 거제산 넙치는 각각 활어차로 통영시 소재 축양장까지 운반한 다음 2-3일간 순치시킨 것을 얼음에 채워 경상대학교 해양식품공학과로 운반하여 즉살시켜 연육 제조 원료로 사용하였다. 양식 지역에 따른 넙치의 체색은 확연히 차이가 있어 제주산 넙치의 경우 갈색을, 완도산 넙치의 경우 흑색을, 그리고, 거제산 넙치의 경우 이들의 중간인 연흑색을 나타내었다.

기타 연제품의 품질 특성 비교를 위하여 사용한 식염은 주 삼호산업에서 제조한 것을 2009년 3월에 경상남도 통영시 소재 마트에서 구입하여 사용하였다.

연육 (surimi) 및 연제품의 제조

넙치 연육은 넙치로부터 두부 및 내장을 제거하고, 필레 (fillet)처리 및 탈피한 후 chopper (M-12S, 한국후지공업, 한국)로 마쇄, 수세 및 체거르기하여, 그리고, 명태 연육은 위에서 언급한 조건의 시판 연육을 구입한 후 해동하여 각각 넙치 및 명태 연제품의 중간소재로 사용하였다.

이들 연육을 이용한 연제품은 stephan mixer (774027-01, UMC 5 Electronic Co. LTD, Germany)에 시제 넙치 연육 또는 시판 명태 연육과 이의 3% (w/w)에 해당하는 식염을 첨가 및 혼합하고, 진공포장기를 이용하여 탈기한 후 stuffer (50501, Shanghai Machinery Co. LTD, China)로 충전하였으며, 이어서 setting (5°C에서 24시간)처리한 다음, 열탕 (95°C에서 30분), 냉각 (얼음물에서 15분) 및 저온처리 (5°C에서 24시간)하여 제조하였고, 이들 연제품은 겔강도, 백색도 및 일반성분의

측정 시료로 사용하였다.

일반성분 조성 및 콜라겐 함량

일반성분은 AOAC법 (1995)에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법, 조회분은 건식회화법 및 조지방은 Soxhlet법으로 각각 측정하였다. 그리고, 탄수화물은 100 - (수분 함량 + 조단백질 함량 + 조지방 함량 + 회분 함량)으로 계산하였다.

콜라겐 함량은 Reddy and Enwemeka (1996)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 즉, cap tube에 분쇄된 시료 0.1 g과 6 N HCl 5 mL를 각각 넣고, cap을 닫은 다음 110°C에서 24시간 동안 가수분해하였다. 이어서 가수분해물을 glass filter로 여과하고, evaporator로 농축하여 HCl을 제거한 다음 acetate/citrate buffer 2 mL를 가한 후 0.3 M NaCl로서 정용 (25 mL)하여 시료액을 조제하였다. 시료액 300 µL에 oxidant solution 300 µL 와 isopropanol 600 µL를 넣어 실온에서 4분 동안 산화시킨 후 Ehrlich's reagent를 4 mL 첨가하고 가열 (60°C에서 25분) 및 실온에서 방냉한 후 흡광도를 측정 (558 nm)하였다. 이때 사용된 표준물질은 4-hydroxyproline (Sigma-Aldrich Co., USA)이었으며, 농도를 0-300 µL/mL의 범위로 하여 표준곡선을 작성한 후 시료 내 hydroxyproline의 양을 계산하여 collagen 함량으로 환산하였다.

조효소의 추출 및 단백질 농도

분해활성을 측정하기 위한 조효소는 납치 근육에 대하여 약 2배량 (w/v)의 탈이온수와 지질성분의 제거를 위하여 0.2배량 (w/v)의 사염화탄소를 가하여 균질화한 다음 균질액을 상온 (20±2°C)에서 3시간동안 교반하고, 원심분리 (10,000 × g, 20 min)하여 조제하였다.

이 때, 효소 활성을 계산하기 위한 단백질 농도는 Lowry et al. (1951)의 비색법에 따라 bovine serum albumin을 표준단백질로 하여 구한 검량선으로 측정하였다.

조효소의 분해 활성

천연기질에 대한 활성은 1% hemoglobin (Hb, pH 3과 6)과 2% casein (pH 6과 9)을 사용하여 Anson (1938)의 방법을 다소 수정하여 측정하였다. 즉, 일정량의 효소액 (육, 200 µL)에 0.5 mL의 기질용액과 1.5 mL의 각 pH별 완충액을 가하여 혼합한 반응혼액을 40°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응정지를 위하여 2 mL의 5% trichloroacetic acid (TCA) 용액을 가하고, 30분간 정치시킨 후, 원심분리 (3,000×g, 20분)하여 얻어진 상층액에 대하여 흡광도 (280 nm)를 측정하였다.

합성기질에 대한 활성은 10 mM Na-benzoyl-arginine-*p*-nitroanilide (BAPNA), N-succinyl-alanylalanyl-*p*-nitroanilide (SAAPNA), L-leucine-*p*-nitroanilide (LeuPNA) 그리고 L-arginine-*p*-nitroanilide (ArgPNA)를 사용하여 Erlanger et al. (1961, 1966)의 방법을 다소 수정하여 측정하였다. 즉, 일정량의 각 효소액 (육, 100 µL)에 150 µL의 각 10 mM 기질용액 (반응혼액 중, 최종 농도 0.5 mM)과 2.8 mL의 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 7.0)를 가하여 혼합한 반응혼액

을 40°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응정지를 위하여 300 µL의 33% acetic acid용액을 가하고, 30분간 정치시킨 후, 원심분리 (3,000×g, 20분)하여 얻어진 상층액에 대하여 흡광도 (410 nm)를 측정하였다.

효소활성 (U/mg)은 효소단백질 1 mg이 1시간동안 변화시키는 흡광도 0.1을 1 U/mg으로 하였다.

겔강도 및 백색도

겔강도는 Okada (1963)의 방법을 약간 변형하여 측정하였고, 시료는 원형 어묵을 일정한 크기 (2.5×2.5 cm)로 절단하여 사용하였다. 즉, 겔강도는 Sun rheometer (CR-100D, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 시료의 하중과 깊이를 각각 측정한 다음, 하중 × 깊이로 나타내었다. 이 때, rheometer의 load는 1 kg으로 하였고, plunger의 속도는 20 mm/min으로 하였으며, plunger는 직경 5 mm의 구형을 사용하였다.

백색도는 해동한 연육의 경우 용기에 채워서, 그리고 원형 어묵의 경우 표면이 일정한 크기 (2.5×2.5 cm)로 평형되게 절단한 전단면을 각각 시료로 하여 직시색차계 (ZE 2000, Nippon Denshoku Industries Co., Japan)로 Hunter L 및 b값을 각각 측정한 다음 Park (1994)이 언급한 방법 즉, L-3b로 계산하였다. 이 때 직시색차계의 표준백판은 L값이 96.82, a값이 -0.39 및 b값이 0.63이었다.

중금속

납은 Kim et al. (2007)이 언급한 방법에 따라 질산으로 유기질을 습식 분해하여 시료를 조제한 다음 inductively coupled plasma spectrophotometer (ICP, Atomscan 25, TJA)로 분석하였고, 수은은 KFDA (1999)에서 제시한 gold amalgamation method에 의하여 측정하였다.

통계처리

데이터들은 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후, Duncan의 다중위검정 (Steel and Torrie, 1980)으로 최소 유의차 검정 (5% 유의 수준)을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

시판 연육 및 이로부터 제조한 연제품의 품질 특성

양식지역에 따른 비규격 납치의 연육 소재로서 가능성을 살펴볼 때 기초 데이터로 사용할 목적으로 시판 연육의 일반성분, 연육의 백색도 및 연제품의 겔강도 등을 살펴보았다. 본 실험에서 시료로 사용한 연육의 등급은 일반적으로 SA급, FA급, AA급, A급, KA급, KB급 및 RA급으로 알려져 있으나, 제조사에 따라 AA급이 A급보다 낮게 생산되는 경우도 있다고 알려져 있다 (Kim et al., 2007). 여러 가지 등급을 가진 시판 명태 연육의 일반성분 및 백색도는 Table 1과 같다. 연육의 일반성분은 수분 함량의 경우 73.8-75.1% 범위, 단백질 함량의 경우 15.5-16.9% 범위, 지질 함량 및 조회분 함량은 두성분 모두 0.1-0.9% 범위이었고, 탄수화물 함량은 7.2-9.0% 범위이었다. 일반성분의 결과로 미루어 보아 건물당 시판

Table 1. Proximate composition and whiteness of commercial Alaska pollock surimis with various grades

Grade	Proximate composition (g/100 g)					Whiteness
	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash	Carbohydrate ¹⁾	
SA	74.3±0.8	16.9±0.1	0.1±0.0	0.9±0.2	7.8	40.3
FA	74.6±0.9	15.5±0.1	0.5±0.1	0.4±0.1	9.0	37.2
AA	74.6±0.2	16.7±0.1	0.8±0.1	0.6±0.1	7.3	36.6
A	74.7±0.8	15.7±0.1	0.5±0.1	0.2±0.1	8.9	30.5
KA	73.8±0.1	16.2±0.2	0.9±0.0	0.1±0.0	9.0	28.3
KB	75.1±0.3	16.0±0.0	0.7±0.1	0.6±0.1	7.6	27.0
RA	74.9±0.4	16.8±0.0	0.7±0.1	0.4±0.0	7.2	18.6

¹⁾Carbohydrate (%) = 100 - (Moisture + Protein + Lipid + Ash).

명태 연육의 주성분은 단백질과 탄수화물이었는데, 이는 연육의 경우 어육으로부터 염용성 단백질을 분리한 다음 냉동변성방지를 위하여 솔비톨 (일반적으로 4% 첨가)과 설탕 (일반적으로 4% 첨가)을 첨가하여 제조하기 때문이라 판단되었다 (Chen, 1987). 일반적으로 선상동결 연육의 등급 규격 항목 중 일반성분은 수분 함량 만이 제시되어 있고, 그 규격은 SA급의 경우 75.0-75.5% 범위, FA급의 경우 75.5-76.0% 범위, A급의 경우 75.5-76.5% 범위 및 RA급의 경우 76.5-77.5% 범위로 규정되어 있다 (Kim et al., 2007). 본 실험에서 검토한 연육의 수분 함량을 선상동결 연육의 수분 함량에 대한 규정에 적용하는 경우 SA급, FA급 및 A급은 오차 범위에 있었으나, RA급은 규정보다 약간 낮은 범위에 있었다.

해동한 시판 명태 연육의 백색도는 SA급이 40.3, FA급이 37.2, AA급이 36.6, A급이 30.5, KA급이 28.3, KB급이 27.0 및 RA급이 18.6이었다. 한편, 선상동결 연육의 등급 규격에서는 SA급과 FA급이 30이상, A급 및 RA급이 25-30 범위로 규정하고 있다 (Kim et al., 2007). 본 실험에서 검토한 연육의 백색도를 선상동결 연육의 백색도에 대한 규정에 적용하는 경우 SA급, FA급 및 A급은 규정을 충족하였으나, RA급은 규정을 충족하지 못하였다.

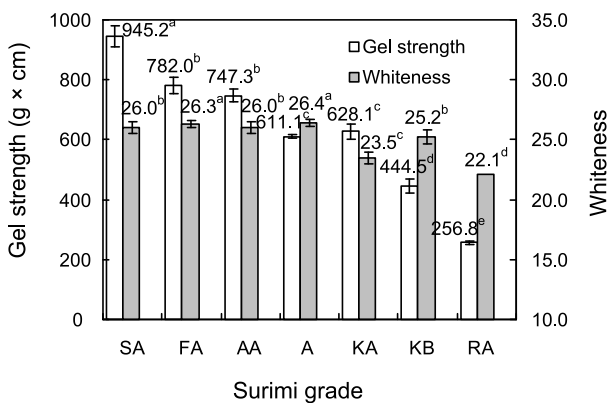


Fig. 1. Gel strength and whiteness of commercial Alaska pollock surimi gels with different grades.

시판 명태 연육으로 제조한 연제품의 겔강도 및 백색도는 Fig. 1과 같다. 시판 명태 연육으로 제조한 연제품의 겔강도는 SA급이 945 g x cm, FA급이 782 g x cm, AA급이 747 g x cm, A급이 611 g x cm, KA급이 628 g x cm, KB급이 445 g x cm, 그리고, RA급이 257 g x cm로, 등급이 우수할수록 높게 나타났다. 한편, 선상 동결 연육의 등급 규격에서는 SA급이 1200-1400 g x cm, FA급이 1100-1400 g x cm, A급이 900-1100 g x cm 및 RA급이 600-900 g x cm에 있어야 한다고 규정하고 있다. 본 실험에서 검토한 시판 명태 연육으로부터 제조한 연제품의 겔강도를 선상 동결 연육의 겔강도에 대한 규정에 적용하는 경우 등급에 관계없이 197-318 g x cm 범위에서 낮았다.

시판 명태 연육으로 제조한 연제품의 백색도는 SA급, FA급, AA급 및 A급이 모두 26.0-26.4 범위로 5% 유의수준에서 차이가 없었고, 이들은 나머지 등급에 비하여는 다소 높았다. 시판 명태 연육으로 제조한 연제품의 백색도 역시 일반적으로 알려진 등급의 순으로 높았으나, KB급의 경우 25.2로 KA에 비하여 다소 높아 차이가 있었다.

비규격 넙치의 일반성분 및 콜라겐 함량

연육 및 연제품 소재로서 특성을 살펴보기 위하여 제주특별자치도 제주시, 전라남도 완도군 및 경상남도 거제시와 같이 양식지역이 다른 비규격 넙치의 일반성분 함량과 콜라겐 함량을 비교 검토한 결과는 Table 2와 같다. 넙치 간의 일반성분 함량은 양식지역에 관계없이 수분함량의 경우 75.6-76.0% 범위, 조단백질 함량의 경우 20.8-21.9% 범위, 조지방 함량의 경우 0.6-0.7% 범위 및 조회분 함량의 경우 1.2-1.4% 범위로, 양식지역을 달리한 비규격 넙치 간의 일반성분 함량 차이는 5% 유의수준에서 인정되지 않았다. 이와 같이 양식지역이 다른 3종의 넙치 간 일반성분 함량에서 차이가 없는 것은 시료 채취시기가 동일시기에 이루어진 것 이외에 동일한 사료 (고등어)에 의하여 양식되어졌기 때문이라 판단되었다. 양식지역이 다른 3종의 넙치 일반성분은 연육 소재로 가장 널리 이용되고 있는 명태 근육의 일반성분 함량 (수분 함량이 80.9±0.2%, 조단백질 함량이 17.1±0.1%, 조지방 함량이 0.4±0.2% 및 회분 함량이 0.8±0.2%) (Park et al., 2007)에 비하여 조단백질 함량의 경우 약 4%가 높았고, 수분 함량의 경우 약 5%가 낮았으며, 조지방 함량과 회분 함량은 1% 미만의 차이를 나타내었다.

Table 2. Proximate composition and collagen of bastard halibut cultured in different areas

Area	Proximate composition (g/100 g)				Collagen (g/100 g)
	Moisture	Protein	Lipid	Ash	
Jeju	75.7±0.1	21.9±0.1	0.7±0.2	1.3±0.1	1.96±0.16
Wando	75.6±0.2	21.8±0.1	0.7±0.0	1.2±0.1	1.58±0.07
Geoje	76.0±0.3	20.8±0.9	0.6±0.1	1.4±0.2	1.68±0.04
Alaska pollock ¹⁾	80.9±0.2	17.1±0.1	0.4±0.2	0.8±0.2	-

¹⁾ These data were quoted by Kim and Park (2004).

한편, Park et al. (1995)은 넙치의 단백질 조성 중 근원섭유 단백질은 73-79% 범위이어서, 다른 어류의 단백질 조성 중 근원섭유 단백질의 조성 (대구 76%, 전기가오리 64%, 상어 73%, 잉어 70-72%)과 유사하거나 높았다고 보고한 바 있다. 이와 같은 단백질 함량, 근원섭유 조성 및 연육의 제조 공정 중 이물질에 해당하는 조지방 함량과 회분 함량으로 미루어 보아 연육의 수율은 양식지역의 차이에 관계없이 넙치를 소재로 하는 경우가 다른 어류를 소재로 하는 경우보다 높으리라 추정되었고, 양식지역에 따른 넙치 간에는 차이가 없으리라 판단되었다.

양식지역에 따른 비규격 넙치 근육의 콜라겐 함량은 제주도 넙치 근육이 1.96 g/100 g으로 가장 많았고, 다음으로 완도산 넙치 근육 (1.90 mg/100 g) 및 거제산 넙치 근육 (1.60 g/100 g)의 순이었다. 한편, 제주도 넙치의 콜라겐 함량은 정어리 근육 (0.34 g/100 g), 셋멸 근육 (0.43 g/100 g), 무지개송어 근육 (0.47 g/100 g), 고등어 근육 (0.50 g/100 g), 전갱이 근육 (0.51 g/100 g), 잉어 근육 (0.60 g/100 g), 말뚝치 근육 (0.68 g/100 g), 참돔 근육 (0.73 g/100 g), 농어 근육 (0.88 g/100 g), 노랑가오리 근육 (0.94 g/100 g), 송어 근육 (1.16 g/100 g) 및 갯장어 근육 (1.54 g/100 g)보다는 높았으나, 뱀장어 근육 (1.99 g/100 g), 까치상어 근육 (2.12 g/100 g) 및 붕장어 근육 (2.19 g/100 g)의 그것들 (Park et al., 1995)보다는 낮았다. 따라서 이들 넙치근육의 콜라겐 함량에 대한 결과로부터 양식지역에 관계없이 넙치를 연제품의 소재로 이용하고자 하는 경우 연제품 제조공정 중 수세 공정 이후에 염용성 단백질의 정제공정이 반드시 도입되어야 할 것으로 판단되었다.

비규격 넙치 근육 간의 조효소 활성분포

양식지역 (제주특별자치도 제주시, 경상남도 거제시 및 전라남도 완도군)이 다른 비규격 넙치 근육 조효소 간의 천연 및 합성기질에 대한 활성 분포를 비교 검토한 결과는 Fig. 2와 같다. 양식지역이 다른 3종 넙치 근육의 추출 단백질 함량은 완도산 넙치 근육이 3,094 mg/100 g으로 가장 높았고, 다음으로 거제산 넙치 (2,844 mg/100 g) 및 제주도 넙치 근육 (2,528 mg/100 g)의 순이었으며, 5% 유의수준에서 차이가 있었다.

양식지역에 관계없이 비규격 넙치 근육 조효소의 천연기질에 대한 활성은 Hb (pH 3 및 6)을 기질로 하였을 때 각각 0.38-0.43 U/mg 범위 및 0.40-0.45 U/mg 범위이었고, casein (pH 6 및 9)을 기질로 하였을 때 각각 0.42-0.47 U/mg 범위 및 0.30-0.48 U/mg 범위들로, 양식지역별 (제주, 거제 및 완도) 및 pH별 (pH 3, 6 및 9)에 관계없이 모든 넙치 근육 조효소의 단백질 분해 활성은 0.30-0.48 U/mg 범위로 낮았을 뿐만 아니라 서로 간에 크게 차이가 없었다. 한편, 일반적인 연제품 소재의 pH 범위인 pH 6에서 넙치 근육 조효소의 천연 기질에 대한 분해활성은 기질의 종류와 양식지역에 관계없이 0.40-0.47 U/mg 범위로 아주 낮아, 비규격 넙치로부터 연제품의 가공 중 이들 효소에 의한 탄력 저하 등과 같은 영향은 적으리라 판단되었다. 한편, Ting et al. (1968)은 연어 육 중에 분포하는 cathepsin의 부분 정제에 관한 연구에서 pH 3.7 부근에서 Hb 기질에 대하여 강한 활성을 보이는 효소군과 pH

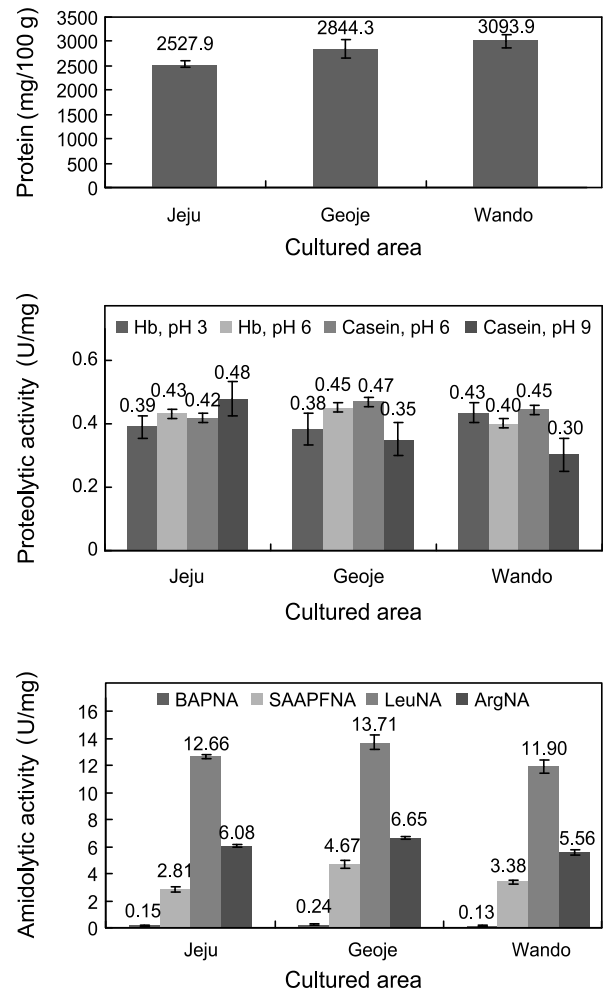


Fig. 2. Protein content, proteolytic activity, amidolytic activity of crude extracts from muscle of bastard halibut cultured in different area.

7 및 8.7에서도 활성을 보이는 효소가 분포한다고 하였고, Makinodan and Ikeda (1969)는 잉어, 날개다랑어, 고등어, 정어리, 방어, 대구 등의 육 중에 분포하는 단백질 분해효소에 관한 연구에서 pH 3 부근에서 Hb 기질에 대해, pH 8부근에서 casein에 대해 활성을 보이는 산성 및 알칼리성 단백질 분해효소가 분포한다고 보고한 바 있다. 또한 Makinodan et al. (1983)은 수종의 해산어류의 근육 조효소 추출액으로부터 Hb 및 casein 기질을 사용하여 pH 별로 활성을 측정된 결과, 산성 (pH 3), 중성 (pH 7), 그리고 알칼리성 (pH 8)에서 활성을 보이는 효소들이 각각 분포하였다고 보고한 바 있다.

합성기질에 대한 효소활성 분포를 살펴보기 위하여, cysteine proteinase로서 cathepsin B 및 L, 그리고 serine proteinase인 trypsin과 같은 trypsin like enzyme에 대해 분해 활성을 나타내는 기질로서 BAPNA, cysteine proteinase인 cathepsin G 그리고 serine proteinase로서 chymotrypsin과 같은 chymotrypsin like enzyme에 대해 분해활성을 나타내는 기질로

서 SAAPFNA, exopeptidase로서 aminopeptidase와 dipeptidyl peptidase로서 cathepsin H에 대한 분해 활성을 나타내는 기질인 LeuPNA 및 ArgPNA를 각각 사용하여 양식지역이 다른 비규격 넙치 근육 조효소의 분해활성을 살펴보았다. 넙치 근육 조효소의 합성기질에 대한 분해 활성은 양식지역에 관계없이 exopeptidase 기질인 LeuPNA 및 ArgPNA에 대한 분해활성이 각각 11.9-13.7 U/mg 및 5.6-6.7 U/mg으로 endoprotease 기질인 SAAPFNA 및 BAPNA에 대한 분해활성의 각각 2.8-4.7 U/mg 및 0.1-0.2 U/mg에 비하여 훨씬 높았다. 따라서 양식지역에 관계없이 넙치 근육 중에 LeuPNA에 대한 분해활성과 ArgPNA에 대한 분해활성이 높은 것으로 미루어 aminopeptidase와 cathepsin H 유사효소가 상대적으로 다량 분포하고 있는 것으로 추정되었고, 또한, SAAPFNA와 BAPNA에 대한 분해활성이 낮은 것으로 미루어 serine계 protease인 trypsin, trypsin 유사 효소, chymotrypsin 및 chymotrypsin 유사효소 등과 cathepsin G와 cathepsin B 및 L 유사효소가 상대적으로 소량 분포하고 있는 것으로 추정되었다. 한편, Park et al. (1995)은 고기갈이한 연육을 가열할 때 겔화온도에서 형성된 탄력있는 겔이 50-70℃의 온도 영역을 통과할 때 탄력이 떨어지고, 심지어는 겔이 붕괴하는 겔의 되풀림 현상(modori)이 일어나며, 이들은 어종에 따른 차이가 있으나 주 원인은 근육 중에 존재하는 serine계 protease가 myosine heavy chain을 분해하기 때문이라고 보고한 바 있다. 그러나, 제주산 넙치 근육 유래 조효소는 어묵의 탄력과 연관이 있는 SAAPFNA 및 BAPNA 기질에 대한 분해활성의 경우 각각 2.8 U/mg 및 0.2 U/mg으로 대체로 낮은 범위에 있었고, 또한 거제 및 완도와 같은 타지역 넙치 근육 유래 조효소의 각각 3.4-4.7 U/mg 및 0.1-0.2 U/mg에 비하여 낮거나 차이가 없었다.

이상의 제주, 거제 및 완도와 같이 양식지역과 기질에 따른 넙치 근육의 조효소 활성은 양식지역에 관계없이 모두 합성기질이 천연기질에 비하여 높았고, 합성기질 간에는 LeuPNA와 ArgPNA와 같은 기질을 분해하는 exopeptidase가 SAAPFNA 및 BAPNA와 같은 기질을 분해하는 endoprotease에 비하여 월등히 높았다. 또한, 연제품의 가공시에 품질 저하 요인인 겔 되풀림 현상에 관여하는 효소인 serine계 protease가 기질로 이용하는 SAAPFNA 및 BAPNA와 같은 기질에 대한 분해활성은 제주산 넙치근육 유래 조효소가 기타 지역 근육 유래 조효소에 비하여 SAAPFNA를 기질로 하는 경우 낮았고, BAPNA를 기질로 하는 경우 차이가 없어 제주산 비규격넙치의 경우 연육 및 연제품 소재 가공 중 자가소화 효소에 의한 품질 저하에 대한 우려는 크게 하지 않아도 되리라 판단되었다.

Table 3 Heavy metal of surimi from bastard halibut cultured in different areas

Heavy metal (mg/kg)	Cultured area			Commercial Alaska pollock (Grade SA)
	Jeju	Wando	Geoje	
Mercury	ND	ND	ND	ND
Lead	ND	ND	0.1	ND

비규격 넙치 연육의 중금속 함량

양식지역이 다른 3종의 넙치로부터 제조한 연육과 시판 명태 연육(SA급)의 위생성을 살펴보기 위하여 수은과 납을 수은분석기와 ICP로 분석한 결과는 Table 3와 같다. 수은은 양식지의 종류에 관계없이 모든 넙치 연육에서 검출되지 않았고, 납은 제주산 및 완도산 넙치 연육의 경우 검출되지 않았으나, 거제산 넙치 연육의 경우 모두 0.1 ppm이 검출되었다. 한편, 수출 수산물 및 수산가공품 정밀검사기준(Aquaculture Environment Institute, NFRDI, 2004)에서는 해산어패류의 경우 총수은이 0.5 ppm 이하, 납이 2.0 ppm 이하로 규정하고 있다. 이러한 일면에서 제주산, 완도산 및 거제산 넙치들로부터 연육을 제조하여도 중금속적인 면에서는 문제가 되지 않으리라 판단되었다. 한편, 시판 명태 연육(SA급)도 총수은과 납은 검출되지 않았다.

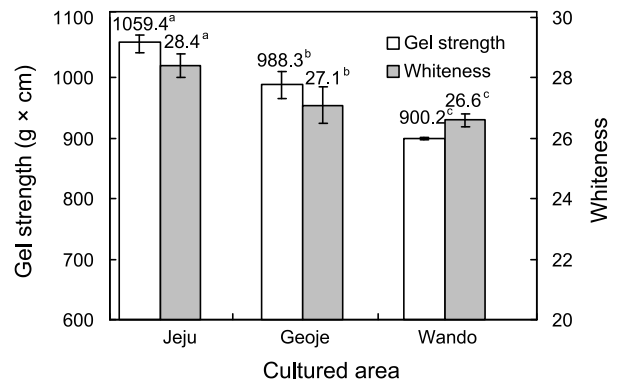


Fig. 3 Gel strength and whiteness of surimi gels prepared with bastard halibut cultured in different areas.

비규격 넙치 연제품의 겔강도 및 백색도

양식지역이 다른 3종의 비규격 넙치로부터 제조한 연제품의 겔강도 및 백색도는 Fig. 3과 같다. 넙치 연제품의 겔강도는 제주산 넙치 연제품이 1059 g × cm로 가장 높았고, 다음으로 거제산 넙치 연제품(988 g × cm) 및 완도산 넙치 연제품(900 g × cm)의 순이었다. 이와 같이 비규격 넙치 연제품의 겔강도는 본 실험에서 검토한 다양한 등급의 시판 SA급 명태 연육으로 제조한 연제품(945 g × cm)에 비하여 5% 유의수준에서 제주산 넙치 연제품의 경우 우수하였고, 거제산 넙치 연제품의 경우 차이가 없었으며, 완도산 넙치 연제품의 경우 약간 낮았다. 그러나 완도산 넙치 연제품의 겔강도도 시판 명태 연육 중 고급품으로 분류되는 FA급으로 제조한 연제품의 겔강도(782.0 g × cm)보다는 높았다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 지역에 관계없이 비규격 넙치의 경우 우수한 연육 및 연제품의 소재로 판단되었고, 그 중에서도 제주산 넙치가 가장 우수하였다. 이와 같은 양식지역이 다른 3종의 넙치로부터 제조한 연제품 간의 겔강도에서 차이가 있는 것은 3종의 넙치를 구성하는 염용성 단백질 간의 차이 또는 내재하여 있는 transglutaminase의 활성 등에 의한 영향이라 추정되었

고, 따라서 추후 염용성 단백질의 특성 검토 및 transglutaminase와 같은 탄력 강화에 관여하는 효소 및 성분 에 대하여 자세히 검토되어야 할 것으로 사료되었다.

넙치 연제품의 백색도는 제주산 넙치 연제품이 28.4로 가장 높았고, 다음으로 거제산 넙치 연제품 (27.1) 및 완도산 넙치 연제품 (25.6)의 순이었다. 이와 같이 넙치 연제품의 백색도를 본 실험에서 검토한 다양한 등급의 시판 명태 연육으로 제조한 연제품의 백색도와 비교하는 경우 5% 유의수준에서 제주산 넙치 연제품은 명태 연제품 중 고품질의 백색도를 가진 SA급 (26.0), FA급 (26.3), AA급 (26.0) 및 A급 (26.4)으로 제조한 연제품보다 우수하였고, 거제산 넙치 연제품은 이들 명태 연육으로 제조한 연제품 이외에 이보다 약간 낮은 KB급 (25.2)의 명태 연육으로 제조한 연제품과도 차이가 없었으나 KA급 (23.5) 및 RA급 (22.1) 명태 연육으로 제조한 연제품보다는 우수하였으며, 완도산 넙치 연제품은 SA급, AA급 및 KB급 명태 연육으로 제조한 연제품과 차이가 없었으나 FA급 및 A급 명태 연육으로 제조한 연제품보다는 낮았고, KA급 및 RA급 명태 연육으로 제조한 연제품보다는 높았다.

이상의 넙치 연제품의 겔강도 및 백색도의 결과로 미루어 보아 지역이 다른 3종의 비규격 넙치로 제조한 연제품 중 제주산 넙치로부터 제조한 연제품의 품질이 가장 우수하였고, 다음으로 거제산 넙치로부터 제조한 연제품 및 완도산 넙치로부터 제조한 연제품의 순이었다. 또한, 제주산 넙치로부터 연제품을 제조하는 경우 현재 시판되고 있는 고급 연육 제품인 명태 연육 SA급으로 제조한 연제품보다 우수하였다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부의 수산특정연구 개발사업 (과제번호 F20835309H22000 0120)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- An H, Peters MY and Seymour TY. 1996. Role of endogenous enzymes in surimi gelation. *Trends Food Sci Technol* 7, 321-326.
- Anson ML. 1937. The estimation of pepsin, trypsin papain and cathepsin with hemoglobin. *J Physiol* 22, 79-89.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC., U.S.A., 69-74.
- Aquaculture Environment Institute, NFRDI. 2004. Sanitary research of the designated area for shellfish production in the south sea of Korea, 2003. Shellfish Sanitation Report 9, 141-144.
- Cha SH, Jo MR, Lee JS, Lee JH, Ko JY and Jeon YJ. 2009. Preparation and texture characterization of surimi gel using a unmarketable rearing olive flounder. *J Kor Fish Soc* 42, 109-115.
- Chen JS. 1987. Optimization in the formulation of surimi based extrude products. MS Thesis, University of Rhode Island. Kingston, U.S.A.
- Choi YJ, Lee HS and Cho YJ. 1999. Optimization of ingredients formulation in low grades surimi for improvement of gel strength. *J Korean Fish Soc* 32, 556-562.
- Erlanger BF, Edel F and Cooper AG. 1966. The action of chymotrypsin on two new chromogenic substrates. *Arch Biochem Biophys* 155, 206-210.
- Erlanger BF, Kokowsky N and Cohen W. 1961. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Arch Biochem Biophys* 95, 271-278.
- Garcia-Carreno FL. 1996. Proteinase inhibitors. *Trends Food Science Technology* 7, 197-204.
- Kamath GG, Lanier TC, Foegeding EA and Hamann DD. 1992. Nondisulfide covalent cross-linking of myosin heavy chain in setting of Alaska pollock and Atlantic croaker surimi. *J Food Biochem* 16, 151-172.
- KFDA (Korean Food and Drug Administration). 1999. 1999 Food code. Moonyeong Publishing Co., Seoul, Korea, 70-72.
- Kim HJ, Yoon MS, Park KH, Shin JH, Heu MS and Kim JS. 2010. Processing optimization of gelatin from rockfish skin based on yield. *Aqua Sci* 13, 1-11.
- Km JS, Heu MS, Kim HS and Ha JH. 2007. Fundamental and Application of Seafood Processing. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 403-436.
- Kim JS and Park JW. 2004. Characterization of acid-soluble collagen from Pacific whiting surimi processing byproducts. *J Food Sci* 69, C637-C642.
- Kim JS, Schnee L and Park JW. 2009. Chemical and functional properties of various blends of phosphates. *J Food Qual* 32, 504-521.
- Kim SH. 1978. Processing of steamed fish jelly product from hagfish. *Bull Korean Fish Soc* 11, 197-203.
- Kocher PN and Foegeding EA. 1993. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels. *J Food Sci* 58, 1040-1046.
- KOSIS. 2009. <http://www.kosis.kr>
- Lee KH, You BJ, Suh JS, Jeong IH, Jung WJ, Lee BH and Kang JO. 1985. Processing of ready to cook food materials with dark fleshed fish. 2. Processing of ready-to cook low salt mackerel fillet. *Bull Korean Fish Soc* 18, 401-408.
- Lowry OH, Watanabe NJ, Farr AL and Randall RJ. 1951. Protein measurement with the Folin-phenol reagent. *J Biol Chem* 193, 265-269.
- Makinodan Y and Ikeda S. 1969. Studies on fish muscle

- protease-I. On the existence of two kinds of proteinases active in acid and in slightly alkaline pH range. Bull Japan Soc Sci Fish 35, 672-676.
- Makinodan Y, Toyohara H and Ikeda S. 1983. On the existence of acid, neutral, and alkaline proteinases in fish muscle. Bull Japan Soc Sci Fish 49, 1002-1006.
- Mireles Dewitt CA and Morrissey MT. 2002. Pilot plant of catheptic proteases from surimi wash water. Bioresource Technology 82, 295-301.
- Okada M. 1964. Effect of washing on the gelly forming ability of fish meat. Nippon Suisan Gakkaishi 30, 255-261.
- Park CH, Lee JH, kang KT, Park JW and Kim JS. 2004. Characterization of acid-soluble collagen from Alaska pollock surimi processing by-products (refiner discharge). Food Sci Biotechnol 16, 549-556.
- Park DK, Lee SK and Lee JB. 1968. A study on the material of fish paste using shark meats. Bull Korean Fish Soc 1, 87-96.
- Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. J Food Sci 59, 525-527.
- 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., 23-58.
- Park YH, Kim DS, Chun SJ, Kang JH and Park JW. 1985a. Processing of fish meat paste products with dark-fleshed fishes. (1) Processing of meat paste product with sardine. Bull Korean Fish Soc 18, 339-351.
- Park YH, Kim DS, Chun SJ, Kang JH and Park JW. 1985b. Processing of fish meat paste products with dark-fleshed fishes. (2) Processing of meat paste product with mackerel. Bull Korean Fish Soc 18, 352-362.
- Park YH, Kim SB and Chang DS. 1995. Seafood Processing. Hyungsul Publishing Ltd., Seoul, Korea, 73-114, 791-838.
- Rawdkuen S, Benjakul S, Visessanguan W and Lanier TC. 2004. Chicken plasma protein affects gelation of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). Food Hydrocolloids 18, 259-270.
- Rawdkuen S, Benjakul S, Visessanguan W and Lanier TC. 2006. Partial purification and characterization of cysteine protease inhibitor from chicken plasma. Comparative Biochemistry Physiology, Part B 144, 544-552.
- Rawdkuen S, Benjakul S, Visessanguan W and Lanier TC. 2007. Effect of cysteine proteinase inhibitor containing fraction from chicken plasma on autolysis and gelation of Pacific whiting surimi. Food Hydrocolloids 21, 1209-1216.
- Reddy K and Enwemeka CS. 1996. A simplified method for the analysis of hydroproline in biological tissues. Clin Biochem 29, 225-229.
- Steel RGD and Torrie JH. 1980. Principle and Procedures of Statistics. 1st ed. Tokyo. McGraw-Hill Kogakusha. Japan, 187-221.
- Ting CY, Montgomery MW and Anglemier AF. 1968. Partial purification of salmon muscle cathepsins. J Food Sci 33, 617-620.
- Wu MC. 1992. Manufacture of surimi-based products. In Surimi Technology, Lanier TC. and Lee CM, eds. Marcel Dekker Inc, New York, U.S.A., 245-272
- Wu MC, Haman DD and Lanier TC. 1985. Rheological and calorimetric investigations of starch fish protein systems during thermal processing. J Textural Study 16, 53-56.
- Yamazawa M. 1991. Relationship between the swelling ability of starch granules and their kamaboko-gel reinforcing effect. Nippon Suisan Gakkaishi 57, 971-975.

2010년 7월 8일 접수

2010년 9월 13일 수정

2010년 12월 5일 수리