

## 기능성 어육단백질의 젤화 특성과 산업적 응용-2. 알칼리 공정으로 회수한 어육, 닭고기 가슴살 및 돼지 후지 육 기능성 단백질 젤의 특성과 최적화

정춘희<sup>1</sup> · 김진수<sup>1</sup> · 진상근<sup>2</sup> · 김일석<sup>2</sup> · 정규진<sup>3</sup> · 최영준<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 해양생물어용학부/해양산업연구소

<sup>2</sup>국립진주산업대학교 동물소재공학과

<sup>3</sup>남도대학 식품공학과

### Gelation Properties and Industrial Application of Functional Protein from Fish Muscle-2. Properties of Functional Protein Gel from Fish, Chicken Breast and Pork Leg and Optimum Formulation

Chun-Hee Jung<sup>1</sup>, Jin-Soo Kim<sup>1</sup>, Sang-Keun Jin<sup>2</sup>, Il-Suk Kim<sup>2</sup>, Kyoo-Jin Jung<sup>3</sup> and Yeung Joon Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Marine Bioscience and Institute of Marine Industry, Gyeongsang

National University, Tongyeong 650-160, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Animal Resources Technology, Jinju National Univeristy, Jinju 660-758, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Marine Food Industry, Provincial College of Namdo, Jeonnam 529-851, Korea

#### Abstract

Gel properties of recovered protein from mackerel, frozen blackspotted croaker, chicken breast and pork leg using acidic and alkaline processing were evaluated. Myofibrillar protein from mackerel by acidic processing did not form a heat-induced gel. However, the recovered protein including sarcoplasmic protein formed heat-induced gel. Breaking force of gel from mackerel processed at pH 10.5 was the lowest. A deformation value of frozen blackspotted croaker was the highest, followed by chicken breast, pork leg and mackerel. Whiteness of frozen blackspotted croaker was the highest among heat-induced gel. Breaking force, deformation and whiteness were decreased by addition of recovered protein from mackerel, but price was increased. A breaking force and whiteness of heat-induced gel added recovered protein from chicken breast were increased, and the price was greatly decreased. When the constraint of breaking force, deformation and price of raw material were set up above 110 g, 4.5 mm and below 2,000 won/kg. A optimum formulation for blending protein was 36~50% for frozen blackspotted croaker, 34~40% for chicken breast, 14~25% for pork leg. The heat-induced gel of recovered protein from frozen blackspotted croaker showed compact structure compared to that of recovered protein from mackerel. A formulation of chicken breast and pork leg based on blackspotted croaker can be used in surimi based seafood products having various texture.

**Key words:** muscle protein, alkaline processing, formulation

#### 서 론

전 세계적인 수산 어획량의 감소와 더불어 주요 수리미 자원인 명태도 감소함(1)에 따라 수리미 가공 적성을 지닌 백색 어류(1,2)와 더불어 연간 30만톤 이상의 다획성 어류 중 약 56.7%를 차지할 정도로 많은 어획량을 보이지만(3) 크기가 작고, 다량의 지방, 육색소, 근형질 단백질 및 엑스분 함량으로 인하여 가공 적성이 떨어지는 일시 다획성 어류의 유효 이용에 관한 관심이 고조되고 있다(4-7).

일시에 대량 어획되는 백색육 어류는 주로 수리미 가공에 사용되고 있으나, 장기간 냉동한 어류와 24시간이 경과한

빙장 어류는 어육 단백질의 변성 혹은 효소에 의한 육 단백질의 붕괴(8-10)로 인하여 적절한 가열 젤을 형성할 수 없기 때문에 빙장 상태로 빠른 시간 내에 육상 공장에 운반하거나 어획 장소 근처의 공모선을 이용하여 선상에서 가공하고 있다(11,12). 그리고 적색육 어류는 단백질의 변성 속도가 빠르고(13), 근형질 단백질과 엑스분이 어육 젤 형성을 방해하기 때문에 알칼리 수세법을 이용하여 수리미를 제조하고 있다(5,14). 그러나 이 같은 수리미 제조방법은 수율과 젤 형성능이 저하하는 문제점을 가지고 있다(6,8).

최근 산(pH 2.5)과 알칼리(pH 10.5) 용액에서 어육 단백질을 용해시키고 pH 5.0~5.5에서 용해한 단백질을 침전하여

\*Corresponding author. E-mail: yjchoi@nongae.gsnu.ac.kr  
Phone: 82-55-640-3115, Fax: 82-55-640-3111

회수한 후 중성으로 pH를 재조절하여 기능성 단백질을 회수하는 방법이 개발되어 여러 가지 육 단백질에 대한 적용 가능성과 회수한 단백질의 젤화 특성을 검토하였지만(7,15-20), 어육과 축육에서 각각 회수한 단백질의 혼합에 따른 가열 젤 물성의 변화와 축육 혼합제품 개발을 위한 최적 혼합 비율에 관한 연구는 수행되어 있지 않다.

본 연구는 어육, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육을 산성 및 알칼리 용액으로 추출하여 등전점 부근에서 회수하고 중성 부근의 pH로 재조절한 회수단백질의 가열 젤 물성과 회수단백질의 혼합에 따른 가열 물성 값의 변화, 최적 물성과 최소 비용을 제공하는 혼합 비율을 결정하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용한 신선한 갈고등어(*Decapterus muroadsi*; 체장,  $21.2 \pm 0.5$  cm; 체중,  $137 \pm 10$  g)는 경남 통영시 소재의 어시장에서 구입하였으며, 원양 냉동 꼬마민어(*Protonibea diacanthus*; 체장,  $21.2 \pm 1.6$  cm; 체중  $146 \pm 12$  g), 포장 닭고기 및 포장 돼지 후지 육은 경남 통영시 소재 활인 매장에서 구입하였다. 냉동 꼬마민어는 실온에서 해동한 후, 선어는 그대로 두부와 내장을 제거하고 육만을 절취하였으며, 닭고기는 가슴살만을 절취하였고, 돼지 후지 육은 그대로 단백질 회수를 위한 시료로 사용하였다.

### 육 단백질의 회수

육 단백질의 회수는 근원섬유단백질(MF)과 근형질 단백질을 포함한 회수 단백질(SAMF)로 구분하여 실시하였다. Meat grinder(M-12S, Hankook Fugee Industries Co., Suwon, Korea)로 마쇄한 육에 6배량의 증류수를 첨가하고 8,000 rpm에서 1분 동안 호모제나이저(IKA-25 basic homogenizer, IKA Works, Wilmington, NC, USA)로 균질화하여 원심분리(SUPRA 22K, Hanil Science Industrial, Daejeon, Korea;  $10,000 \times g$ , 25분)하는 조작을 2회 실시하여 근형질 단백질을 제거하였다. 원심분리 후 얻은 펠트에 6배량의 증류수를 첨가하여 균질화 하고 1 N HCl과 1 N NaOH를 첨가하여 pH 2.5, 3.5, 10, 10.5, 11.0으로 조절하여 어육 단백질을 용해시킨 후 원심분리하였다. 회수한 용해 단백질에 1 N HCl과 1 N NaOH를 첨가하여 pH 5.0~5.5로 조절하고 저온에서 30분 방치한 후 원심분리( $10,000 \times g$ , 25분)하여 침전 단백질을 회수하였다. 회수단백질은 1 N NaOH 용액을 사용하여 pH 7.0으로 조절한 후, 냉동변성 방지제(5% sorbitol, 4% sucrose, 0.3% sodium polyphosphate)를 첨가하여 가열 젤 제조를 위한 근원섬유단백질(MF)로 사용하였다. 한편 근형질 단백질을 포함한 회수 단백질(SAMF)은 마쇄 육에 6배량의 증류수를 첨가하여 균질화하고, 1 N HCl과 1 N NaOH를 첨가하여 pH 2.5, 3.5, 10, 10.5, 11.0에서 육 단백질을 용해시킨 후 원심분리하였다. 중성 지방 등이 포함된

유화층(최상층)과 결체 조직, 막지질, 비늘, 뼈 등을 포함하고 있는 최저층을 버리고 가용성 단백질과 수화단백질을 포함하는 중간층을 회수하여 1 N HCl과 1 N NaOH를 이용하여 pH 5.5로 조절하여 단백질을 침전시키고 원심분리하여 회수하였다. 회수한 단백질에 대한 처리는 근원섬유 단백질의 경우와 동일하게 처리하였다.

### 가열 젤의 제조

냉동 보관된 회수 단백질을 해동하여 잘게 조각낸 후 kitchen aid(Max watt 325, St. Joseph, MI, USA)에서 낮은 속도로 1.5분 동안 마쇄하여 최종 수분 함량이 78%가 되도록 얼음물을 첨가한 후 저속에서 1.5분 간 다음, 고속에서 다시 1.5분 동안 갈았다. 마쇄 육을 비닐 백에 넣어 진공 포장기(Food Saver Ultra, Tilia International Inc, China)로 마쇄육 내의 기포를 제거하고 소세지 충전기(Sausage maker, Buf-falo Co., New York, USA)를 사용하여 collagen tube( $1.9 \times 20$  cm, #180, Nippi Co., Tokyo, Japan)에 충전하였다. 충전한 tube를  $90^\circ\text{C}$ 의 항온조에서 15분 동안 가열하고 즉시 얼음물에서 15분 동안 냉각시켜 하루밤 냉장 보관한 후 물성 측정에 사용하였다. 가열 젤 제조 시 염은 첨가하지 않았다.

### 물성과 색도 측정

Okada의 방법(21)에 따라 실린더 형의 시료( $1.9 \times 2.0$  cm) 위에 지름 5 mm의 구형 plunger를 장착하고 60 mm/min의 속도로 올리면서 rheometer(Model CR-100D, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)로 파괴강도(g)와 변형(mm)값을 측정하였다. 그리고 젤의 표면 CIE Lab color는 색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 색차계는 표준 색 plate로  $L^* = 96.83$ ,  $a^* = -0.36$ ,  $b^* = 0.62$ 로 표준화하였으며 백색도는  $L^* - 3b^*$ 로 계산하였다(22). 물성과 색도의 측정은 6~9회 측정하여 평균값과 표준편차로 표시하였다.

### 가열 젤의 미세구조 관측

가열 젤을  $1 \text{ mm}^3$ 의 크기로 세절하고 2.5% glutaraldehyde와 1% osmium tetroxide로 각각 2시간 동안 1차 및 2차 고정하였다. 고정한 시료를 0.1 M phosphate 완충액(pH 7.2)로 세척한 후 50, 70, 80, 90, 95 및 99% ethyl alcohol로 실온에서 20분 동안 탈수하였다. Propylene oxide로 30분 동안 2회 치환하고 Epson 혼합물과 Epson A=B 혼합물로 2시간 침투시킨 후 Epson 812로 포매하였다. 포매한 시료를  $37^\circ\text{C}$ 에서 12시간 열중합한 후 microtome(LKB-Biotech, Nova, Sweden)으로  $0.5 \sim 1 \mu\text{m}$ 의 두께로 절단하여 toluidine blue로 단염색하고 광학현미경으로 관찰 부위를 다듬었다. 이를 200 mesh의 copper gride에 부착시키고 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 투과 전자현미경(JEM 1200EX-II, JEOL, Tokyo, Japan)으로 관측하였다.

### 회수 단백질의 혼합 formulation

어육, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육에서 회수한 단백질의

혼합 formulation에 따른 ingredients의 최적 비율을 결정하기 위하여 mixture design을 실시하였다(Table 1). 반응 인자는 파괴강도, 변형 값을 사용하였으며, 속박 인자는 가격, 파괴강도 및 변형 값을 사용하였다.

통계분석

어육, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육에서 회수한 단백질의 첨가량에 따른 물성과 백색도의 예측, 육의 최적 및 최소 비용 혼합비율, 유의성 검정 및 표준 편차는 JMP 통계 프로그램(23)으로 실시하였다.

결과 및 고찰

근원섬유 단백질 젤의 물성에 미치는 pH의 영향

단백질의 가용화를 위해 사용한 pH 값에 따른 회수한 근원섬유 단백질의 가열 젤 물성과 백색도를 비교하였다(Fig. 1~3). 근원섬유 단백질의 파괴강도와 변형 값은 가용화 용액의 pH에 따라 많은 차이를 보이고 있었다. 산성과 알칼리 용액에서 용해하여 회수한 고등어 육의 근원섬유 단백질은 가열 젤을 형성하지 못하고 붕괴되는 것으로 나타났다. 냉동 꼬마민어와 닭 가슴살의 파괴강도 값과 변형 값은 pH 2.5와

Table 1. Mixture design for optimum formulation of recovered protein from fish, chicken breast, and pork leg muscle

Experimental number	Fish muscle <sup>1)</sup> (g)	Chicken breast (g)	Pork leg (g)	Total (g)
1	35	35	0	70
2	35	0	35	70
3	23.3	23.3	23.3	70
4	35	17.5	17.5	70
5	17.5	35	17.5	70
6	17.5	35	17.5	70
7	17.5	17.5	35	70

<sup>1)</sup>The moisture content of recovered protein was adjusted to 78%.

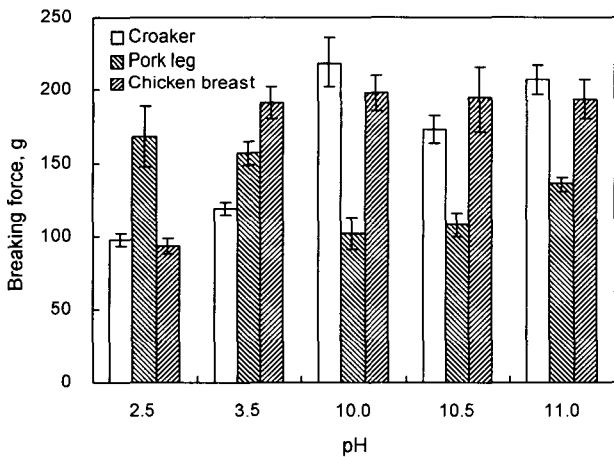


Fig. 1. Effect of pH on breaking force of myofibrillar protein gel of mackerel, blackspotted croaker, pork leg and chicken breast by acidic and alkaline processing.

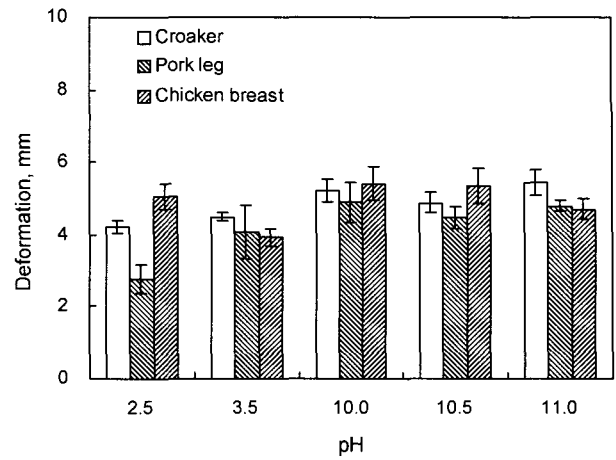


Fig. 2. Effect of pH on deformation of myofibrillar protein gel mackerel, blackspotted croaker, pork leg and chicken breast by acidic and alkaline processing.

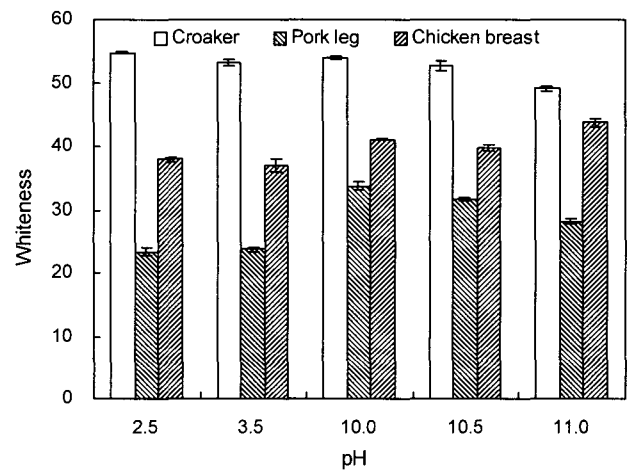


Fig. 3. Effect of pH on whiteness of myofibrillar protein gel of mackerel, blackspotted croaker, pork leg and chicken breast by acidic and alkaline processing.

3.5인 산성 용액보다 pH 10.0, 10.5 및 11.0인 알칼리 용액으로 용해하여 회수한 근원섬유 단백질이 높은 것으로 나타났다. 그러나 닭 가슴살 근원섬유 단백질의 가열 젤의 파괴강도 값은 pH 3.5, 10, 10.5, 11.0에서 큰 차이를 보이지 않았고, 변형 값 역시 pH 10.0, 10.5, 11.0에서 큰 차이를 보이지 않아 pH 변화에 따른 물성의 변화가 다른 육에 비하여 크지 않은 것으로 판단되었다. 한편 돼지 후지 육은 산성 용액이 알칼리 용액에서 용해한 회수단백질의 가열 젤에 비하여 파괴강도가 높았으나, 변형 값은 알칼리 쪽이 높은 것으로 나타났다. pH 10.5로 처리한 MF의 파괴강도 값은 닭 가슴살, 냉동 꼬마민어, 돼지 후지 육, 갈고등어의 순이었으며, 변형 값은 갈고등어, 닭 가슴살, 냉동 꼬마민어, 돼지 후지 육의 순으로 감소하였다. 이 같은 결과는 육의 종류에 따라 근원섬유단백질이 unfolding되는 pH가 다르기 때문이며, 육의 종류에 따라 근육의 치밀도와 견고성에 차이가 있기 때문인 것으로

판단된다. 전갱이, 고등어, 냉동 부세, 냉동 보구치 및 냉동 꼬마민어로 산(pH 2.5)과 알칼리(pH 10.5)에서 용해하여 회수한 근형질 단백질을 포함하는 회수단백질로 제조한 가열 겔의 파괴강도와 변형 값은 모두 산 처리보다는 알칼리 처리한 것이 높거나 유사하게 나타났으며, 값은 어종에 따라 많은 차이를 보인다는 보고(19)와 비슷하였다.

근원섬유 단백질 가열 겔의 백색도는 냉동 꼬마민어, 닭 가슴살, 돼지 후지육의 순으로 높았으며, 산 처리에 비하여 알칼리 처리 근원섬유 단백질에서 높게 나타났다. 돼지 후지육에서 백색도가 낮게 나타난 것은 이들 육이 백색육 어류와 닭 가슴살에 비하여 다량의 myoglobin과 hemoglobin을 포함하고 있기 때문이며, 산 처리가 알칼리처리에 비해 백색도가 낮은 것은 육 단백질이 변성하여 myoglobin과 강하게 결합하고 있어서 용출되지 않기 때문인 것으로 판단된다. 적색육 어류는 백색육 어류에 비하여 다량의 myoglobin과 hemoglobin을 가지며, 중류수에 의해 myoglobin이 완전히 탈색되지 않는 것은 변성 근원섬유단백질이 myoglobin과 강하게 결합하고 있기 때문이다(24). 산과 알칼리 처리한 회수 단백질의 백색도는 적색육 어류가 백색육 어류에 비하여 낮았으며, 이는 혈색소인 hemoglobin과 육색소인 myoglobin에 기인한다고 하였다(16,19).

회수 단백질의 겔에 미치는 pH의 영향

회수 단백질의 용해에 미치는 pH의 영향과 가열 겔의 물성 변화를 측정하였다(Fig. 4~6). 갈고등어 육에서 회수한 단백질은 근원섬유 단백질과는 달리 가열 겔을 형성하는 것으로 나타났으며, 알칼리 처리한 갈고등어와 돼지 후지육은 회수단백질의 파괴강도 값이 근원섬유 단백질에 비하여 높은 반면, 알칼리 처리한 냉동 꼬마민어와 닭 가슴살 회수단백질의 파괴강도 값은 근원섬유 단백질에 비하여 낮게 나타났다. 변형 값은 알칼리 처리한 갈고등어 회수단백질은 알칼리 pH 값에 관계없이 차이를 보이지 않았고, 냉동 꼬마민어

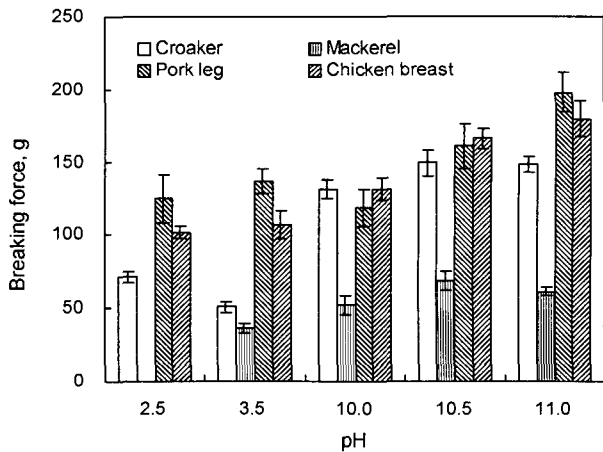


Fig. 4. Effect of pH on breaking force of recovered protein gel from mackerel, blackspotted croaker, pork leg and chicken breast by acidic and alkaline processing.

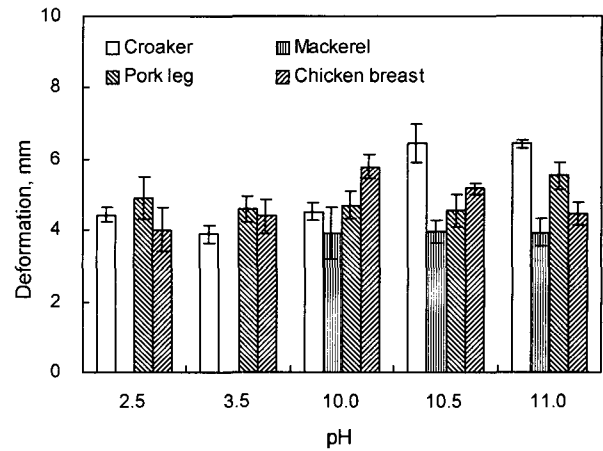


Fig. 5. Effect of pH on deformation of recovered protein gel from mackerel, blackspotted croaker, pork leg and chicken breast by acidic and alkaline processing.

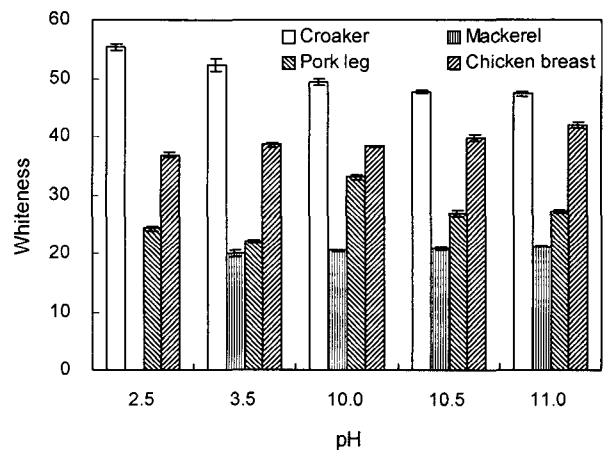


Fig. 6. Effect of pH on whiteness of recovered protein gel from mackerel, blackspotted croaker, pork leg and chicken breast by acidic and alkaline processing.

는 회수단백질이 근원섬유 단백질에 비하여 높은 값을 보였으며, 돼지 후지육 및 닭 가슴살에서는 근원섬유 단백질과 회수 단백질 사이에 큰 차이를 보이지 않았다. 이 같은 결과는 근형질 단백질이 많은 육인 경우는 근형질 단백질이 근원섬유 단백질의 pH 변성을 보호하는 것으로 판단된다. 가열 겔에 미치는 근형질 단백질의 영향과 관련하여 어육을 가열할 때 응집한 근형질 단백질은 근원섬유 단백질에 접촉하여 어육 paste의 겔 형성을 방해한다고 하였으나(25), 가열 겔 형성 중 actomyosin과 근형질 단백질의 상호작용 형태는 가열 조건에 따라 큰 차이가 있다고 하였다(26). 그리고 알칼리 용액으로 처리한 냉동 백조기의 회수 단백질은 근형질 단백질을 첨가했을 때 파괴강도와 변형 값은 첨가하지 않은 것에 비해 증가하였으나, 1~7% 첨가 수준에서 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하였다(20). 본 실험에서 육의 종류에 따라 근원섬유 단백질과 회수 단백질 사이에 상이한 결과를 보이는 것은 근형질 단백질의 함량과 종류에 기인하는 것으로 판단된

다. 가열 젤 강도의 증강 효과는 열 응고 단백질 중 94, 40 및 26 kDa 단백질의 높은 함량에 기인한다고 하였다(27,28).

백색도는 모든 육에 대하여 근원섬유 단백질이 회수 단백질에 비하여 높은 것으로 나타났으며, 산성 pH에서보다 알칼리 pH 영역에서 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.5$ ). 백색도는 갈고등어의 근원섬유 단백질과 회수 단백질 사이에 큰 차이를 보여 백색도는 근원질 단백질의 함유량에 크게 의존하는 것으로 판단된다. 인위적으로 첨가한 근원질 단백질의 함량이 증가함에 따라 백색도는 감소하는 것으로 나타났다(20).

**육 단백질의 혼합이 조직에 미치는 영향**

갈고등어 근원섬유 단백질의 물성에 미치는 닭 가슴살과 돼지 후지 육 근원섬유 단백질의 혼합 효과를 측정된 결과 (Fig. 7a), 고등어 근원섬유 단백질의 양이 증가함에 따라 파괴강도, 변형 값 및 백색도는 떨어지고 원료 단가는 상승하는 반면, 닭 가슴살 근원섬유 단백질은 첨가량이 증가함에 따라 파괴강도, 변형 값 및 백색도를 현저히 개선하고 원료 단가를 감소시키는 것으로 나타났다. 그리고 돼지 후지 육 근원섬유 단백질은 파괴강도와 변형 값은 다소 감소시키지만 백색도는 다소 개선하였고 원료 단가도 다소 감소시키는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 고등어 근원섬유 단백질에 비하여 닭 가슴살 근원섬유 단백질의 파괴강도와 변형 값이 현저히 높으며, 원료 단가는 갈고등어 근원섬유 단백질이 4100원/kg인데 반하여 닭 가슴살 근원섬유 단백질의 단가는 1600원/kg으로 아주 저렴하기 때문이다. 그리고 갈고등어 근원섬유 단백질도 돼지 후지 육을 첨가했을 때 파괴강도와 백색도에 거의 영향을 미치지 않는 사실을 제외하고는 근원섬유 단백질의 결과와 비슷한 경향을 보이고 있었다(Fig. 7b).

한편 원양 꼬마민어의 회수 단백질은 단독 사용시 파괴강도와 변형 값을 다소 감소시키고 백색도는 다소 증가시키지

만 단가는 현저히 증가시키는 것으로 나타났다(Fig. 8a). 그러나 닭 가슴살 회수 단백질은 백색도를 현저히 증가시키고 단가를 현저히 감소시키는 경향을 나타나 닭 가슴살 회수 단백질의 첨가가 냉동 원양 꼬마민어의 백색도를 개선하고 혼합 육 생산 단가를 현저히 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 냉동 원양 꼬마민어 회수 단백질의 파괴강도와 변형 값이 닭 가슴살 회수 단백질에 비하여 높기 때문에 조직 개선보다는 색의 개선에 기여하기 때문으로 판단된다. 냉동 원양 꼬마민어 회수 단백질의 조직과 단가에 미치는 닭 가슴살과 돼지 후지 육 회수 단백질의 첨가 효과는 근원섬유 단백질에서와 유사하였으나, 백색도는 근원섬유 단백질처럼 크게 개선하지 않는 것으로 나타났다(Fig. 8b). 이 같은 결과는 회수 단백질이 근원질 단백질을 함유하고 있기 때문에 닭 가슴살에 의한 백색도 증가가 크게 일어나지 않았기 때문으로 판단된다.

**갈고등어, 냉동 원양 꼬마민어, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육에서 회수한 단백질의 혼합 제품 제조를 위한 최적화**

파괴강도 110 g 이상, 변형 값 4.5 mm 이상, 회수 단백질의 단가 2500원 이하/kg의 범위를 만족하는 갈고등어, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육 회수 단백질의 최적 혼합 비율은 갈고등어 24~35%, 닭 가슴살 28~52%, 돼지 후지 육 18~47%로 나타났다(Fig. 9a). 이 같은 혼합 비율은 냉동 백조기인 경우 파괴강도 100 g 이상, 변형 값 4.6 mm 이상, 백색도 25.5 이상을 보이는 회수 단백질, 감자전분, 소혈청의 최적 혼합 비율이 각각 89.4~90.0%, 4.5~5.2%, 5.3~5.8%라고 보고한 것(29)에 비하여 각 육의 첨가 범위가 상당히 넓게 나타났다. 그리고 냉동 원양 꼬마민어의 회수 단백질인 경우, 파괴강도 110 g 이상, 변형 값 4.5 mm 이상 및 회수 단백질의 원료 단가 2000원 이하/kg을 만족하는 각 회수 단백질의 최적 혼합

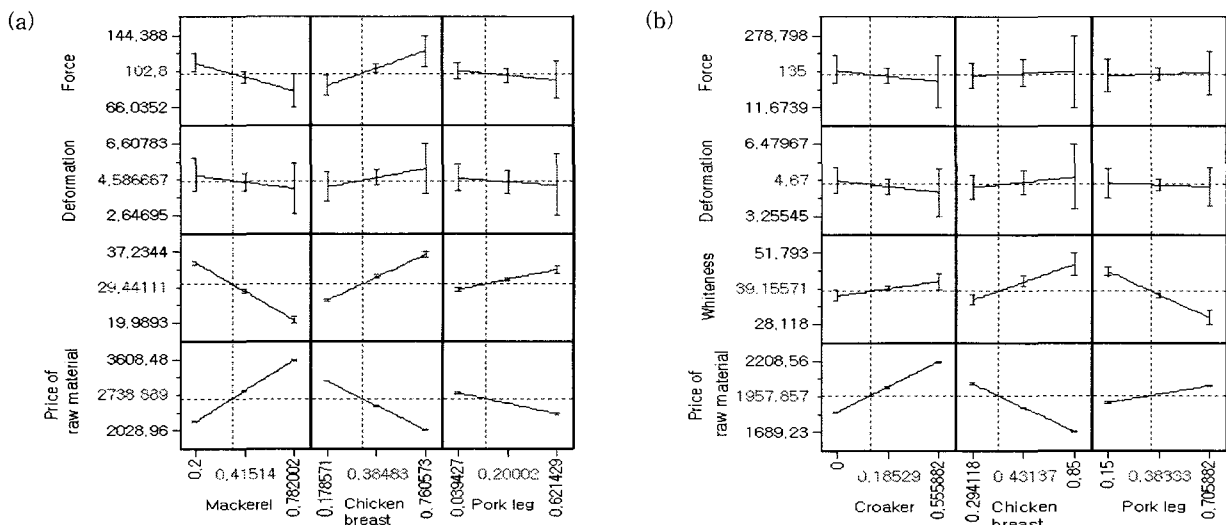


Fig. 7. Prediction profile of myofibrillar protein on breaking force, deformation, whiteness and price of raw material from mackerel, chicken breast and pork leg (a) and blackspotted croaker, chicken breast and pork leg (b).

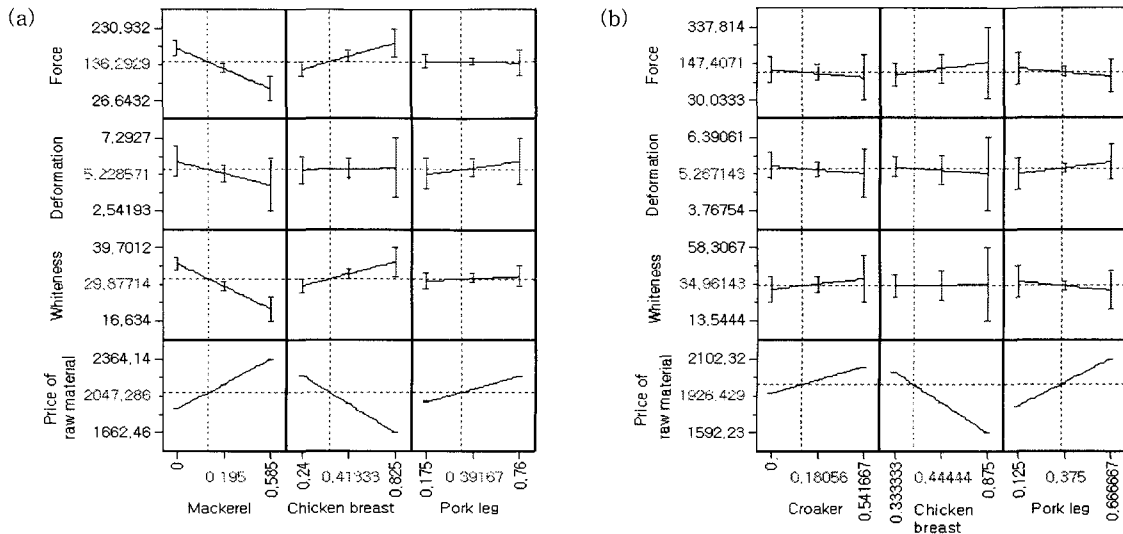


Fig. 8. Prediction profile of recovered protein on breaking force, deformation, whiteness and price of raw material from mackerel, chicken breast and pork leg (a) and blackspotted croaker, chicken breast and pork leg (b).

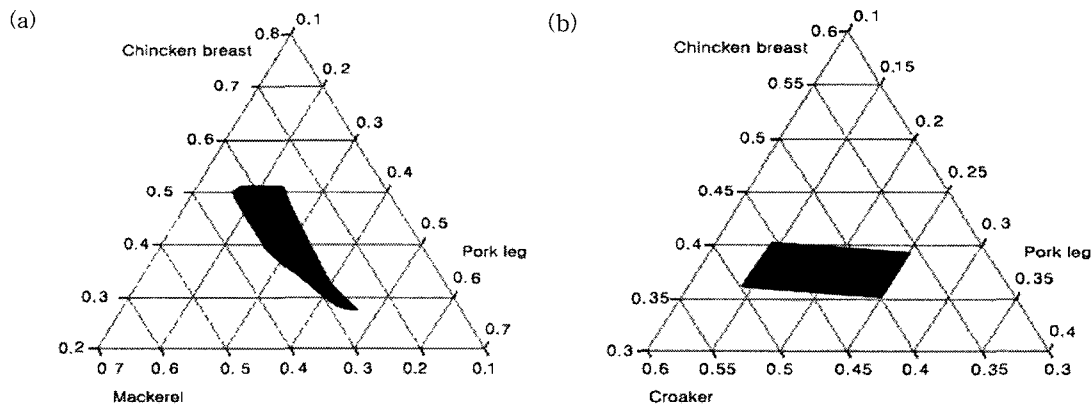


Fig. 9. Ternary plot of recovered protein for optimum formulation from mackerel, chicken breast and pork leg (a) and blackspotted croaker, chicken breast and pork leg (b).

(a) The breaking force, deformation, whiteness and price of raw material were set above 110 g, 4.5 mm, 28.3 and 2,500 won, respectively. (b) The breaking force, deformation, whiteness and price of raw material were set above 110 g, 4.5 mm, 37.3 and 2,000 won, respectively.

비율은 냉동 꼬마민어 36~50%, 닭 가슴살 34~40%, 돼지 후지 육 14~25%로서(Fig. 9b) 갈고등어 회수 단백질을 기준으로 혼합했을 때와 같이 넓은 범위의 혼합비율을 보이고 있었다. 갈고등어 회수 단백질에 비하여 냉동 꼬마민어의 원료 단가의 제한 값을 500원 낮춘 것은 갈고등어에 비하여 냉동 꼬마민어의 원료 가격이 낮았기 때문이었다. 이 같은 결과는 냉동 꼬마민어의 회수 단백질이 갈고등어의 회수 단백질에 비하여 높은 파괴강도, 변형 값, 백색도, 제조 단가 및 혼합 물성에 유리한 것에 비추어 냉동 꼬마민어 회수 단백질은 혼합 육제품의 생산 원료로 사용 가능한 것으로 판단된다.

가열 젤의 미세구조

전자현미경을 이용하여 가열 젤의 미세구조를 관찰하였다(Fig. 10). pH 10.5에서 제조한 회수 단백질 중 가장 치밀한 구조를 가진 가열 젤은 냉동 꼬마민어인 반면(Fig. 10b), 갈고등어 젤의 치밀도는 가장 낮았고(Fig. 10a), 닭 가슴살

(Fig. 10c)과 돼지 후지 육(Fig. 10d)은 비슷한 치밀도를 보였다. 이 같은 치밀도의 결과는 가열 젤의 파괴강도와 변형 값의 순서와 거의 일치하였다. Choi와 Choi(30)는 전갱이 회수 단백질 최적 함량의 전분과 소 혈청 단백질을 포함시켜 제조한 가열 젤은 수세 수리미와 알칼리 회수 단백질에 비하여 높은 치밀도를 보이고 파괴강도는 증가하였다고 보고하였다. 최적의 범위 내에서 갈고등어, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육 회수 단백질을 혼합하여 제조한 혼합 육 젤의 미세구조(Fig. 10e)는 냉동 꼬마민어, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육 회수 단백질을 혼합하여 제조한 젤의 미세구조(Fig. 10f)에 비하여 많은 공간을 보이고 있었고 치밀하지 못했다. 이 같은 결과는 냉동 꼬마민어를 기본으로 혼합한 육의 파괴강도, 변형 값이 163 g과 5.11 mm인데 반하여 갈고등어를 기본으로 혼합한 육의 파괴강도가 116 g과 4.79 mm로 낮은 것을 반영한다.

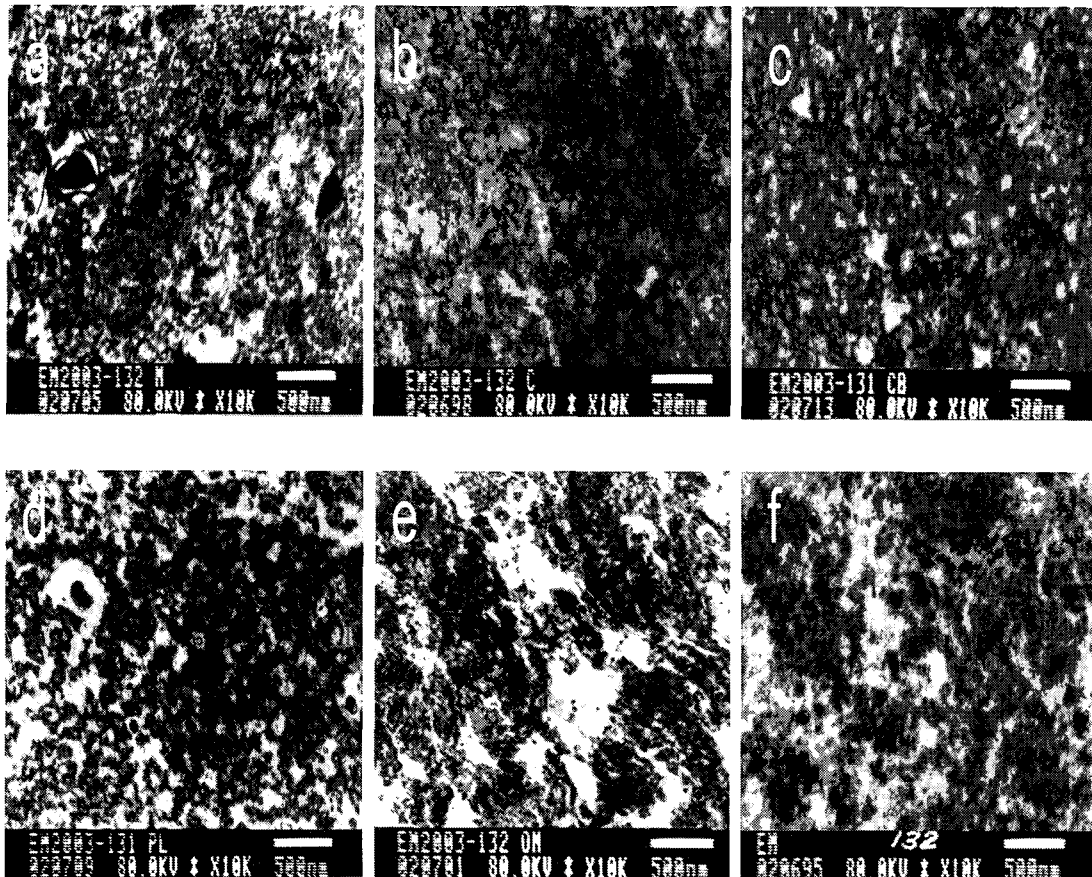


Fig. 10. Electron micrographs of mackerel (a), blackspotted croaker (b), chicken breast (c), pork leg (d), optimum formulated recovered protein gel from mackerel (e) and optimum formulated recovered protein gel from blackspotted croaker (f) by alkaline processing.

Table 2. Formulation, texture and whiteness of commercial products

Products	Major ingredients	Force (g)	Deformation (mm)	Whiteness	Moisture (%)
A	pork 51.56% chicken 26.88% corn starch egg white	294±18	5.32±0.25	19.7±0.9	63.1±0.2
B	pork 72.15% chicken 7.46% wheat starch soy protein	409±48	5.35±0.2	21.4±1.5	58.6±0.0
C	pork 43.75% chicken 31.25%	338±9.0	5.51±0.22	22.1±1.0	62.9±0.5
D	pork 20.78% surimi 42.14%	210±7	5.90±0.49	14.5±0.4	60.3±0.4
E	pork 16.9% surimi 47.33%	165±6	5.88±0.38	13.9±0.3	61.8±0.7
F	pork 12% surimi 48.06%	190±8	6.48±0.08	19.7±0.4	57.3±1.6
G	pork 23.74% surimi 40.7%	124±5	4.88±0.19	9.1±0.6	59.0±0.3
H	pork 12% surimi 60% cheese 4.2%	203±10	4.63±0.20	0	58.3±0.4

### 시판 어육제품과 물성의 비교

시판 햄류의 수분 함량, 파괴강도, 변형 값 및 백색도는 각각 58.6~62.9%, 294~338 g, 5.32~5.51 mm 및 19.7~22.1의 범위였으며, 어육 소세지의 수분함량, 파괴강도, 변형 및 백색도는 각각 58.3~61.8%, 124~210 g, 4.63~5.90 mm 및 0~19.7의 범위였다(Table 2). 이 같은 결과는 냉동 꼬마민어 회수 단백질의 제한 값으로 설정한 파괴강도 110 g, 변형 값 4.5 mm에 비하여 높은 값을 나타내고 있으나, 수분함량이 냉동 꼬마민어 회수 단백질의 수분 함량 78%에 비하여 약 20% 정도까지 적기 때문에 파괴강도와 변형 값이 높게 나타난 것으로 판단된다. Park(22)은 수분함량의 감소는 파괴강도와 변형 값을 크게 증가시키는 것으로 보고하였다.

### 요 약

어육, 닭 가슴살 및 돼지 후지 육을 산성 및 알칼리 용액으로 추출하여 등전점 부근에서 회수하고 중성 부근의 pH로 재조절하여 회수한 단백질의 가열 젤 물성과 이들의 혼합에 따른 가열 물성 값의 변화, 최적 물성과 최소비용을 제공하는 혼합 비율을 결정하였다. 갈고등어의 근원섬유단백질은 산 및 알칼리 처리에 의해 가열 젤을 형성하지 못하였으나, 산과 알칼리 처리 후 근형질 단백질을 포함한 회수 단백질은 가열 젤을 형성하였다. pH 10.5에서 처리 후 회수한 단백질의 가열 젤의 파괴강도는 갈고등어가 가장 낮았고, 변형 값은 냉동 꼬마민어 > 닭 가슴살 > 돼지 후지 육 > 갈고등어의 순으로 높았으며, 백색도는 냉동 꼬마민어 회수 단백질이 가장 높았다. 갈고등어 회수 단백질의 첨가는 파괴강도, 변형 값, 백색도를 감소시키고 가격을 상승시키는 반면, 닭 가슴살 회수 단백질의 첨가는 파괴강도와 백색도를 다소 증가시키고 가격을 현저히 감소시켰다. 냉동 꼬마민어 회수 단백질인 경우, 파괴강도 110 g 이상, 변형 값 4.5 mm 이상 및 회수 단백질의 원료 단가 2000원 이하/kg을 만족하는 최적 혼합 비율은 냉동 꼬마민어 36~50%, 닭 가슴살 34~40%, 돼지 후지 육 14~25%이었다. 가열 젤의 구조는 냉동 꼬마민어 회수 단백질이 가장 치밀하였다. 냉동 꼬마민어 회수 단백질을 축으로 닭 가슴살, 돼지 후지 육 회수 단백질의 적절한 혼합 비율의 조절은 물성 값이 다양화한 연제품에 활용 가능할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 2003년 한국학술진흥재단 지방대 육성지원사업(과제번호 2003-002-F00043)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 문 헌

1. Riley C. 2002. Surimi market changes in supply and de-

- mand. The 4th OSU surimi Technology School, November 4-6, Amari Atrium Hotel, Bangkok.
2. Morrissey MT, Tan S-M. 2000. World resources for surimi. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York. p 1-21.
3. FAO. 2002. 2001 capture production with respect to the previous year. [www.fao.org/fisheries](http://www.fao.org/fisheries).
4. Davis N. 1988. Fatty fish utilization: upgrading from feed to food. UNC Sea Grant Publication 88-04, Raleigh, NC, USA.
5. Jiang S-T, Ho M-L, Jiang S-H, Lo L, Chen H-C. 1998. Color and quality of mackerel surimi as affected by alkaline washing and ozonation. *J Food Sci* 63: 652-655.
6. Hultin HO, Kelleher SD. 2000. Surimi processing from dark muscle fish. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York. p 59-77.
7. Underland I, Kelleher SD, Hultin HO. 2002. Recovery of functional proteins from herring (*Clupea harengus*) light muscle by an acid or alkaline solubilization process. *J Agric Food Chem* 50: 7371-7379.
8. MacDonald GA, Lelievre J, Wilson NDC. 1992. Effect of frozen storage on the gel-forming properties of hoki (*Macruronus novaezelandiae*). *J Food Sci* 57: 69-71.
9. Simpson R, Kolbe E, MacDonald G, Lanier TC, Morrissey M. 1994. Surimi production from partially processed and frozen Pacific whiting (*Merluccius productus*). *J Food Sci* 59: 272-276.
10. Park JW, Lin TM, Yongsawatdigul J. 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood. *Food Reviews International* 13: 577-610.
11. Toyoda K, Kimura L, Fujita T, Noguchi SF, Lee CM. 1992. The surimi manufacturing process. In *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee CM, eds. Marcel Dekker, New York. p 79-112.
12. Park JW, Morrissey MT. 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York. p 23-58.
13. Watabe S, Maruyama J, Hashimoto K. 1983. Myofibrillar ATPase activity of mackerel ordinary and dark muscles. *Nippon Suisan Gakkaishi* 49: 655.
14. Shimizu Y, Toyohara H, Lanier TC. 1992. Surimi production from fatty and dark-fleshed fish species. In *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee CM, eds. Marcel Dekker, New York. p 181-207.
15. Venugopal V, Kakatkar A, Bongirwar DR, Karthikeyan M, Mathew S, Shamasundar BA. 2002. Gelation of shark meat under mild acidic conditions: Physicochemical and rheological characterization of the gel. *J Food Sci* 67: 2681-2686.
16. Choi YJ, Park JW. 2002. Acid-aided protein recovery from enzyme-rich Pacific whiting. *J Food Sci* 67: 2962-2969.
17. Dewitt CAM, Gomez G, James JM. 2002. Protein extraction from beef heart using acid solubilization. *J Food Sci* 67: 3335-3341.
18. Kristinsson HG, Hultin HO. 2003. Role of pH and ionic strength on water relationships in washed minced chicken-breast muscle gels. *J Food Sci* 68: 917-922.
19. Park JD, Jung C-H, Kin J-S, Cho D-M, Cho MS, Choi YJ. 2003. Surimi processing using acid alkali solubilization of fish muscle protein. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 400-405.
20. Park JD, Yoon S-S, Jung CH, Cho MS, Choi YJ. 2003. Effect of sarcoplasmic protein and NaCl on heating gel from fish muscle surimi prepared by acid and alkaline processing. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 567-573.
21. Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming



- ability of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 30: 255-261.
22. Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J Food Sci* 59: 525-527.
23. JMP. 2002. *Statistics and graphics guide*. Version 5.0. SAS Institute, Cary, NC. p 179-209.
24. Hashimoto K. 1976. Light and dark muscle fish-Characteristics of muscle. In *Fisheries Series*. Nippon Suisan Gakkaishi, ed. Hansungshusnaggak, Tokyo. Vol 13, p 28-41.
25. Shimizu Y, Nishioka F. 1974. Interactions between horse mackerel actomyosin and sarcoplasmic proteins during heat coagulation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52: 1821-1827.
26. Okazaki E, Kanna K, Suzuki T. 1986. Effect of sarcoplasmic protein on rheological properties of fish meat gel formed by retort-heating. *Nippon Suisan Gakkaishi* 52: 1821-1827.
27. Morioka K, Shimizu Y. 1990. Contribution of sarcoplasmic proteins to gel formation of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56: 929-933.
28. Moriloka K, Shimizu Y. 1993. Relationship between the heat-gelling property and composition of fish sarcoplasmic proteins. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1631
29. Park JD, Kim J-S, Cho Y-J, Choi J-D, 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.
30. Choi J-D, Choi YJ. 2003. Optimum formulation of starch and non-muscle protein for alkali surimi gel from jack mackerel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1032-1038.

(2004년 4월 29일 접수; 2004년 11월 12일 채택)