

산과 알칼리 공정으로 제조한 어육 수리미의 가열 겔에 미치는 근형질단백질과 NaCl의 영향

박주동 · 윤수성 · 정춘희 · 조민성* · 최영준[†]

경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소

*부경대학교 식품공학과

Effect of Sarcoplasmic Protein and NaCl on Heating Gel from Fish Muscle Surimi Prepared by Acid and Alkaline Processing

Joo Dong Park, Soo-Seong Yoon, Chun Hee Jung, Min Sung Cho* and Yeung Joon Choi[†]

Division of Marine Bioscience/Institute of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

*Faculty of Food Science and Biotechnology/Institute of Seafood Science,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

Surimi yields from acid and alkaline processing of 5 fishes were compared to those from conventional processing. Effect of sarcoplasmic protein and NaCl on heating gel from acid and alkaline surimi were also investigated by punch test and color. Yield of alkaline surimi was higher than that of conventional surimi. However, the breaking force, deformation and whiteness of heating gel from alkaline surimi were lower than those of heating gel from conventional surimi. The sarcoplasmic protein increased a breaking force and a deformation of gel. A breaking force was decreased, but deformation not significantly with NaCl concentration. Myosin heavy chain (MHC) and actin were greatly degraded in acid processing. Alkaline process for surimi is a valuable way of increasing the utilization of frozen and pelagic fishes, and making kamaboko-type products.

Key words: surimi processing, gel texture, sarcoplasmic protein, NaCl

서 론

어육 수리미는 수세와 refine 공정을 통하여 지방, 색소, 껍질, 뼈, 근형질 및 근기질단백질과 같은 가열 겔의 형성과 백색도에 영향을 미치는 불필요한 물질을 제거하고 근원섬유단백질을 농축한 제품으로서 어육 연제품의 원료로 사용되고 있다. 그러나 일반적인 수세 수리미 공정에 따라 Pacific whitening과 녹양 명태 같은 백색육 어류로 제조한 수리미의 수율은 대체로 25% 미만으로 비교적 낮기 때문에(1,2) 수율 향상을 위한 공정의 개선과 개발에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다.

최근 극단적인 산과 알칼리 pH에서 어육 단백질을 용해시킨 후 등전점 침전을 통해 가용성 단백질을 회수하여 수리미를 조제하는 방법이 개발됨에 따라 어종에 따라 수리미의 수율을 크게 개선하게 되었다(3,4). 그러나 이 같은 공정을 이용하여 여러 가지 어류로 제조한 수리미의 수율과 극단적인 산과 알칼리 pH 처리가 가열 겔의 물성에 미치는 영향은 물

론, 근형질 단백질이 가열 겔의 물성에 미치는 영향과 근원섬유단백질의 용해에 기여하는 염의 영향에 대한 검토는 이루어져 있지 않다.

어육의 사후 경직 중의 생화학 및 물리적인 변화는 기능적 특성에 유의적인 변화를 일으키고(5), 수리미의 단백질 함량과 수율, 겔 형성능은 사후경직 시기와 밀접한 관련이 있기(6) 때문에 어획 후 가능한 빠른 시간 내에 가공할 것을 권장하고 있다.

근형질 단백질이 수리미의 가열 겔에 미치는 영향과 관련하여 일치된 견해는 없다. Shimizu and Nishioka는 어육을 가열할 때 응집한 근형질 단백질은 근원섬유단백질에 접촉하여 어육 paste의 겔 형성을 방해한다고 보고하였으며(7), 이는 pelagic fish로 탄성이 강한 겔을 만들지 못하는 타당한 이론적 근거로 생각하고 있다. 그러나 가열 겔 형성 중 actomyosin과 근형질 단백질의 상호작용 형태는 가열 조건에 따라 큰 차이가 있으며(8), 수세수 중 NaCl 농도의 증가는 잔여 aldolase와 glyderaldehyde-3-phosphate dehydrogenase를

[†]Corresponding author. E-mail: yjchoi@nongae.gsnu.ac.kr
Phone 82-55-640-3115. Fax: 82-55-640-3111

감소시키고 kamaboko의 겔 강도를 증가시킨다고 하였다(9). 그리고 근형질 단백질은 근원섬유단백질의 겔 형성에 긍정적으로 기여하며 근형질 단백질의 가열 응집은 근형질 단백질 겔의 파괴강도와 높은 상관성이 있고, 근형질 단백질의 높은 겔 강도는 열 응고 단백질, 특히 94 K, 40 K 및 26 K 성분들의 높은 함량에 기인한다고 하였다(10,11).

가열 겔화 과정은 염의 첨가에 의한 근원섬유의 해리, 가열 변성에 의한 단백질 구조의 풀림과 기능기의 노출, 3차원 망상 구조를 형성하는 응집의 단계로 진행하기(12) 때문에 가열 겔을 형성하기 위해서는 염의 첨가가 필수적이다. 그러나 산과 알칼리 공정을 통해 제조한 수리미는 이미 극단적인 pH 처리에 의해 단백질이 상당 부분 변성되어 표면 반응성 기질의 노출이 가열 전에 이루어지기 때문에 수세 수리미와는 다른 겔화 기구를 가질 것으로 예상된다.

본 연구는 산과 알칼리 공정에 의한 여러 어종의 단백질 회수 수율과 가열 겔에 미치는 근형질 단백질과 NaCl의 영향을 검토하기 위하여 5종의 냉동 어류 및 선어를 사용하여 산과 알칼리 공정으로 제조한 수리미 수율을 고품질의 비로 측정하고, 근형질 단백질과 NaCl을 농도별로 첨가하여 가열 겔의 파괴강도, 변형 및 색도에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

빙장 전갱이(*Trachurus japonicus*, 체장; 20.8 ± 1.8 cm, 체중; 179.0 ± 31.4 g), 빙장 고등어(*Scomber japonicus*, 체장; 24.5 ± 1.8 cm, 체중; 184.6 ± 36.9 g), 냉동 부세(*Pseudosciaena crocea*, 체장; 23.5 ± 1.7 cm, 체중; 262.7 ± 11.0 g), 냉동 보구치(*Pennahia argentata*, 체장; 18.2 ± 2.4 cm, 체중; 125.0 ± 35.9 g), 냉동 꼬마 민어(*Protonibea diacanthus*, 체장; 21.3 ± 0.2 cm, 체중; 139.2 ± 7.1 g) 중에서 전갱이와 고등어는 경남 통영 소재의 어시장, 나머지 어류는 부산 소재 어시장에서 각각 구입하여 실험실로 운반한 후 냉동 어류는 실온에서 해동시키고 선어는 그대로 두부와 내장을 제거하고 육만을 절취한 후, chopper(M-12S, Hankook Fujee, Wha-seong, Korea)에 마쇄하여 수리미 제조를 위한 시료로 사용하였다.

수율의 측정

수리미의 수율은 어체와 최종 수리미의 수분 함량을 적외선 수분 측정계(FD-600, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)로 측정하고 건물 중량으로 환산한 후, 어체에 대한 최종 수리미의 중량 %로 표시하였다.

근형질 단백질의 추출

어육에 2배량의 증류수를 첨가하여 homogenizer(IKA-25 basic, IKA Works, Wilmington, NC, USA)로 8000 rpm에서 30초 동안 조직을 파쇄하고 냉동원심분리기(SUPRA 30 K, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)로 원심

분리($10,000 \times g$, 25분)하여 얻은 상층액과 원심분리 후 남은 잔사에 위와 같은 조작을 통해 얻은 상층액을 합쳐 1 N HCl로 pH 5.0으로 조절하고 저온(4°C)에서 30분 동안 방치한 후 원심분리($10,000 \times g$, 25분)하여 얻은 침전물을 근형질 단백질로 사용하였다. 알칼리 수리미에 대하여 1%, 3%, 5%, 7% 및 9% 첨가하여 가열 겔을 조제하였으며, 첨가하지 않은 것을 대조군으로 사용하였다.

수리미의 제조

수세 수리미는 마쇄육에 2배량의 증류수를 가하여 homogenizer(IKA-25 basic, IKA Works, Wilmington, NC, USA)로 8,000 rpm에서 1분 동안 조직을 파쇄한 후 원심분리($10,000 \times g$, 25분)하여 침전물을 수세하는 과정을 2회 반복하고 최종적으로 2배량의 0.1% NaCl 용액으로 수세하여 4% sucrose(CJ Co., Seoul, Korea), 5% sorbitol(LTS powder 20M, PT Sorini Towa Berlian Co., Cangkringmalang, Indonesia), 0.3% polyphosphate(Food Grade, Haifa Chemical Co., Israel)의 냉동변성방지제를 첨가하고 Kitchen aid(Max watts 325, St. Joseph, Michigan, USA)로 잘 혼합하여 제조하였다. 산과 알칼리 수리미는 마쇄한 어육에 6배량의 증류수를 첨가하고 1 N HCl 혹은 1 N NaOH를 사용하여 pH를 2.5와 10.5로 각각 조절하여 어육 단백질을 용해시킨 후 원심분리($10,000 \times g$, 25분)하였다. 중성 지방 등이 포함된 유탄층(최상층)과 결체조직, 막지질, 비늘, 뼈 등을 포함하고 있는 바다층을 버리고 가용성 단백질과 수화 단백질을 포함한 중간층을 회수하여 1 N HCl 혹은 1 N NaOH로 pH 5.0으로 조절하여 단백질을 침전시킨 후 원심분리($10,000 \times g$, 25분)하여 단백질을 회수하였다. 회수한 단백질은 1 N NaOH로 pH 7.0으로 조절한 후 냉동변성방지제를 첨가하여 산과 알칼리 수리미를 제조하였다.

가열 겔의 제조

조제한 각각의 수리미에 얼음물과 염을 고르게 뿌리고 Kitchen aid(Max watts 325, St. Joseph, Michigan, USA)로 3분 혼합한 후 비닐 백에 넣어 진공 포장기(Food Saver Ultra, Tilia International Inc., China)를 이용하여 수리미 중의 기포를 제거하고 sausage 충전기(Sausage Maker, Buffalo Co., NY, USA)를 사용하여 collagen tube (1.8×20 cm, #180, Nippi Co., Tokyo, Japan)에 충전하였다. 충전한 tube는 90°C 의 water bath에서 15분 동안 가열하고 즉시 얼음물에 15분 동안 냉각시켜 하룻밤 냉장 보관한 후 물성 측정에 사용하였다. 겔 조제를 위한 수리미의 수분 함량은 얼음물을 사용하여 78%로 조절하였으며 염은 2%를 첨가하였다.

물성과 색도 측정

Okada의 방법(13)에 따라 실린형의 시료(1.8×2.0 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 겔의 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(14).

SDS-polyacrylamide gel 전기영동(SDS-PAGE)

수리미 3 g에 27 mL의 5% sodium dodecyl sulfate (SDS) 용액을 첨가하여 homogenizer(IKA-25 basic, IKA Works, Wilmington, NC, USA)로 8000 rpm에서 30초 동안 균질화하여 근형질 및 근원섬유단백질을 녹이기 위해 80°C에서 30분 동안 항온하였다. 항온한 시료를 원심분리(3,000×g, 15분)하여 불용성 물질을 제거하고 상층액의 단백질 농도는 Lowry 등의 방법(15)에 따라 단백질 농도를 측정하였다. 전기영동을 위한 시료의 최종 단백질 농도는 1.00 mg/mL이 되도록 증류수로 희석하였다. 단백질은 측정 가능한 적정 농도 범위까지 희석되었기 때문에 SDS는 단백질 농도 측정의 방해 물질로 작용하지 않았다. SDS-PAGE는 5%의 농축 겔과 7.5%의 분리 겔에서 Laemmli의 방법(16)에 따라 수행하였다. 전기영동이 끝난 겔은 Coomassie brilliant에서 하룻밤 염색하였으며, methanol : acetic acid : 증류수(1 : 1 : 8, v/v/v)용액에서 탈색하였다. 분자량 측정을 위해 토끼 근육의 myosin (205 kDa), *E. coli*의 β -galactosidase(116 kDa), 토끼 근육의 phosphorylase b(97 kDa), bovine serum albumin(66 kDa), 난 albumin(45 kDa)과 송아지 적혈구의 carbonic anhydrase (29 kDa)를 포함하는 고분자량 표준 단백질 혼합물(SDS-6H, Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo, USA)를 사용하였다.

통계분석

표준 편차와 유의성 검정의 통계분석은 JMP program(17)의 standard least square로 실시하였으며, 유의차는 $p < 0.05$ 수준에서 검토하였다.

결과 및 고찰

수리미 수율

산과 알칼리 공정으로 회수한 각 수리미의 수율은 어종에 따라 차이를 보였으나(Fig. 1), 대체로 수세 수리미의 수율은 25% 내외였으며 전갱이, 부세 및 보구치의 알칼리 수리미의 수율은 각각 31%, 30% 및 33%로서 산 수리미의 수율에 비하여 높은 반면, 민어와 고등어는 산 수리미가 알칼리 수리미에 비하여 수율이 높은 것으로 나타났다. 대부분의 어종에서 산과 알칼리 수리미의 수율이 수세 수리미에 비하여 3~15% 높았다. 수세공정으로 제조한 Pacific whiting의 수율은 21.4%이며(18), 몇 가지 어종의 수세 수리미 수율을 측정할 결과 21~23% 내외라고 보고(1,2,19)한 것에 미루어 수율 측면에서는 산과 알칼리 수리미 제조 공정이 수세 공정에 비하여

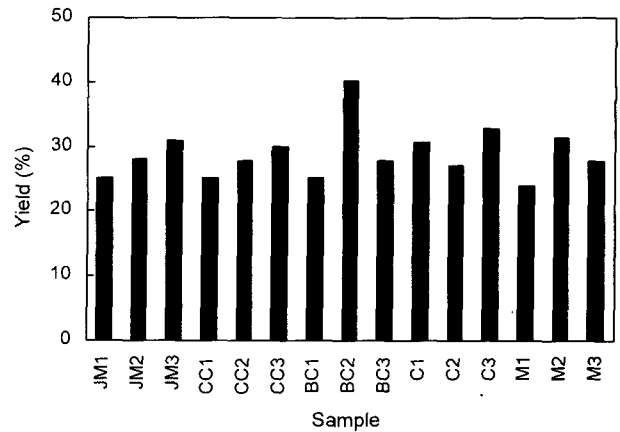


Fig. 1. Yield of surimi from conventional, acid and alkaline processing. JM, jack mackerel; CC, croceine croaker; BC, blackspotted croaker; C, croaker; M, mackerel. 1, conventional processing; 2, acid processing; 3, alkaline processing.

우수하였다. 이 같은 수율의 증가는 수세 수리미 공정에서는 회수되지 않는 근형질 단백질의 회수에 기인하기 때문이다. 그러나 수율은 어종에 따라 차이가 있기 때문에 어종에 따른 공정의 선택이 중요할 것으로 여겨진다.

산과 알칼리 수리미 가열 겔의 물성과 색

수분 함량 78%의 수세 수리미와 산과 알칼리 수리미의 가열 겔 물성을 비교한 결과, 전갱이, 꼬마민어, 고등어는 수세 수리미의 겔 강도가 산과 알칼리 수리미에 비하여 높았으나, 부세와 보구치는 알칼리 수리미의 겔 강도가 수세 수리미 겔 강도와 비슷하거나 같은 것으로 나타났다(Fig. 2). 한편 산 수리미의 가열 겔 강도는 모든 어종에서 수세 수리미와 알칼리 수리미에 비하여 낮았다. 이 같은 결과는 어육 단백질의 변성은 알칼리 pH 영역보다 산성 pH 영역에서 더 민감하며, 알칼리 pH 조건이 단백질의 cross-linking을 비롯한 화학적

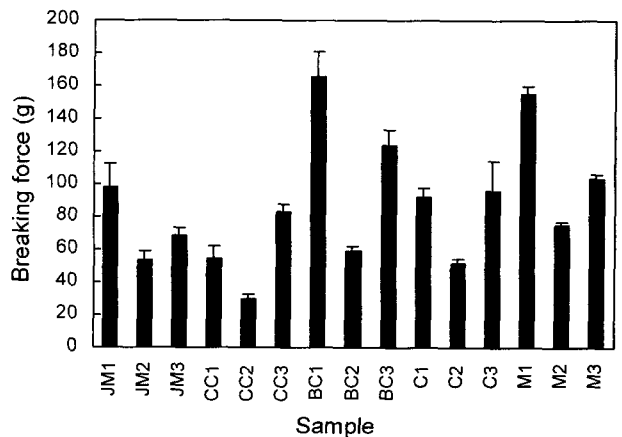


Fig. 2. Breaking force of surimi gel from conventional, acid and alkaline processing by punch test. JM, jack mackerel; CC, croceine croaker; BC, blackspotted croaker; C, croaker; M, mackerel. 1, conventional processing; 2, acid processing; 3, alkaline processing.

수식에 적당하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 SDS-PAGE 상에서 산 수리미의 myosin heavy chain과 actin이 수세 혹은 알칼리 수리미에 비하여 많이 분해가 되었음을 확인할 수 있었다.

산과 알칼리 수리미 가열 겔의 변형 값은 고등어를 제외하고는 수세 수리미의 가열 겔에 비하여 0.3~2.1 mm 정도 낮았으며, 산과 알칼리 수리미의 가열 겔은 비슷한 수준의 변형 값을 나타내었다(Fig. 3). 이 같이 낮은 변형 값은 극단적인 pH 처리에 의한 어육 단백질의 변성과 수세 수리미에 비하여 산과 알칼리 수리미에는 많은 양의 비근육 단백질 성분들이 남아있기 때문으로 생각된다. Choi and Park은 Pacific whiting에서 얻은 산 수리미의 파괴강도와 변형값은 1회 수세한 수리미보다는 높고 3회 수세한 수리미보다는 낮다고 하였으며(3), 6일 동안 빙장한 청어의 산과 알칼리 수리미의 파괴강도와 변형 값은 선어에 비하여 낮은 값을 보이고 이 같은 결과는 산과 알칼리 수리미에 포함된 지질의 산화에 기인한 것으로 판단하였다(4).

산과 알칼리 수리미 가열 겔의 백색도는 3회 수세하여 제조한 수세 수리미에 비하여 낮았으며, 적색육 어류일수록 백색도에 큰 차이 보였고 고등어를 제외하고는 알칼리 수리미 가열 겔의 백색도가 산 수리미 가열 겔에 비하여 같거나 다소 낮았다(Fig. 4). 수세 수리미 가열 겔의 백색도가 산과 알칼리 수리미 가열 겔에 비하여 높은 것은 수세 공정을 통해 다량의 혈색소인 hemoglobin과 육색소인 myoglobin이 제거되어 황색도가 감소하기 때문이다.

가열 겔의 물성에 미치는 근형질 단백질의 영향

보구치의 알칼리 수리미에 근형질 단백질을 첨가하여 가열 겔을 조제한 후 가열 겔의 물성과 백색도에 미치는 근형질 단백질의 영향을 측정하였다(Fig. 5). 파괴강도와 변형 값은 근형질 단백질을 첨가했을 때 증가하였으나, 파괴강도 값은 1~7%의 첨가 시에는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 9%를

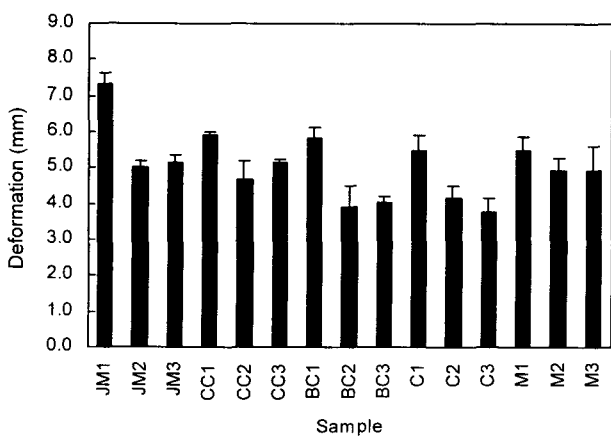


Fig. 3. Deformation of heating gel from conventional, acid and alkaline processing by punch test.

JM, jack mackerel; CC, croceine croaker; BC, blackspotted croaker; C, croaker; M, mackerel.

1, conventional processing; 2, acid processing; 3, alkaline processing.

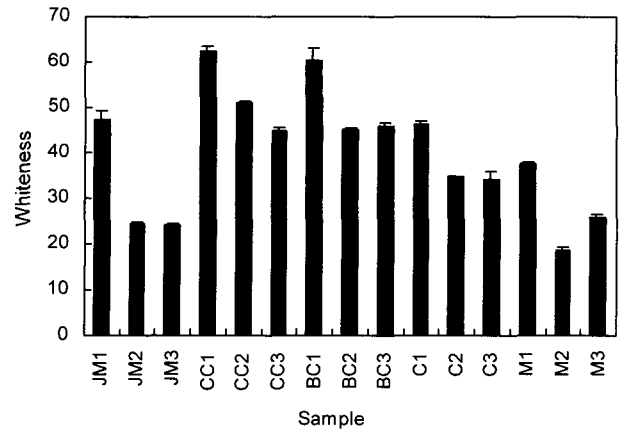


Fig. 4. Whiteness of heating gel from conventional, acid and alkaline processing.

JM, jack mackerel; CC, croceine croaker; BC, blackspotted croaker; C, croaker; M, mackerel.

1, conventional processing; 2, acid processing; 3, alkaline processing.

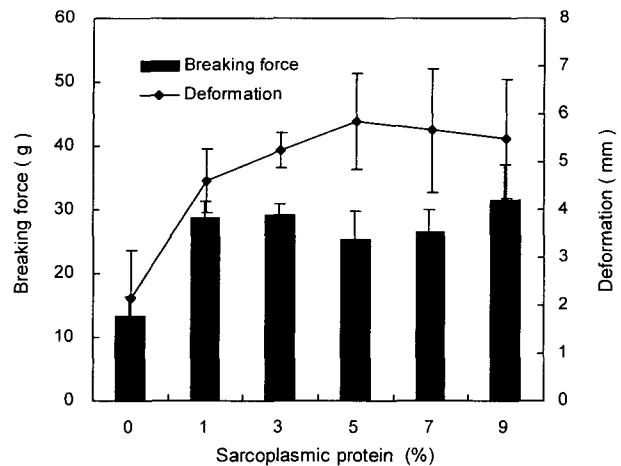


Fig. 5. Effect of sarcoplasmic protein on breaking force and deformation of heating gel from croaker by alkaline processing.

첨가했을 때 1~7%에 비하여 다소 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그리고 변형값은 1~9%의 범위 내에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이 같은 결과는 근형질 단백질의 첨가가 파괴강도를 증가시키지만, 일정 농도 범위 내에서는 큰 차이를 보이지 않음을 뜻한다. 근형질 단백질은 어육의 겔 형성능을 저해하기 때문에(7,13,20) 수리미 가열 겔의 탄력을 증강시키기 위해 수세공정을 통한 근형질 단백질의 제거는 필요하다고 하였다. 그러나 10~20%의 근형질 단백질을 첨가한 고등어 수리미의 가열 겔의 강도는 오히려 증가했으며(21), 근형질 단백질이 근원섬유의 겔 형성능을 방해하지 않고, 근형질 단백질을 구성하는 단백질의 종류에 따라 형성된 겔의 특성이 다르다고 하여(11) 근형질 단백질이 어육의 가열 겔에 미치는 영향에 대하여 일치된 견해를 보이지 않고 있다.

백색도는 첨가한 근형질 단백질의 함량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타나(Fig. 6), hemoglobin과 myoglobin

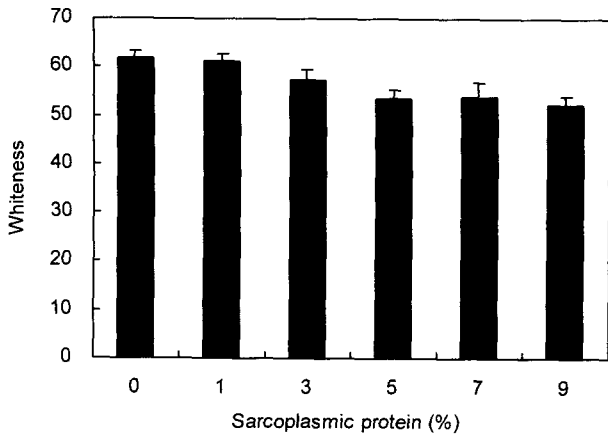


Fig. 6. Effect of sarcoplasmic protein on whiteness of heating gel from croaker by alkaline processing.

에 의한 황색도의 증가에 따른 백색도의 감소를 뚜렷이 반영하였다.

가열 겔의 물성에 미치는 NaCl의 영향

산과 알칼리 공정으로 제조한 수리미의 가열 겔 형성에 미치는 염의 영향을 파괴강도, 변형 값 및 백색도를 측정하여 조사하였다. 이때 수리미 단백질과 수분의 함량이 물성에 미치는 영향을 피하기 위해 각각 50 g과 78%가 되도록 조정하였다.

파괴강도 값은 첨가하는 염의 함량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 감소의 정도는 적색육 어류인 전갱이가 백색육 어류인 보구치에 비하여 크게 일어나 전갱이의 경우는 무첨가 겔에 비하여 3%의 NaCl을 첨가한 겔에서 56% 감소하였으며, 보구치는 38% 감소하였다. 그러나 변형 값은 NaCl 첨가 농도에 따른 유의적인 변화는 보이지 않았다(Fig. 7). 수리미의 가열 겔을 형성하기 위해 첨가하는 염은 myosin을 녹이고 가열 중에 myosin의 망상구조에 기여함으로써 탄성적인 겔의 형성에 중요한 역할을 행사하기 때문에 수리미의 가열 겔 형성을 위해 NaCl의 첨가는 필수적이며(23), 염의 첨가량이 1 M일 때까지 겔 강도는 증가하고 그 이상일 경우는 오히려 감소한다고 하였다(24). 그리고 Pacific whiting 수세 수리미는 2.5%의 NaCl을 첨가했을 때 가장 높은 겔 강도를 보인다고 보고하였다(25). 그러나 본 실험의 결과와 같이 NaCl의 첨가 농도가 증가함에 따라 파괴 강도가 감소하는 것은 극단적인 pH 처리에 의해 myosin 분자의 변성과 풀림이 일어나 노출된 표면의 반응성 잔기에 의한 충분한 화학결합과 망상 구조 형성을 통해 겔을 형성할 수 있으나, 염의 첨가가 변성에 의해 노출된 반응성 기들의 분자 간 인력을 증가시켜 망상 구조의 형성을 방해하기 때문으로 판단된다. 겔화 기구와 겔의 외관은 단백질 분자 내 인력적인 소수성 상호작용과 척력의 정전기적 상호작용에 의해 조절되며(26), 염의 첨가는 Pacific whiting으로 제조한 산과 알칼리 수리미의 파괴강도 값을 저하시킨다고 하였다(27). 그러나 산과 알칼리 수리미의 가열 겔 형성 기구는 장차 분자 내

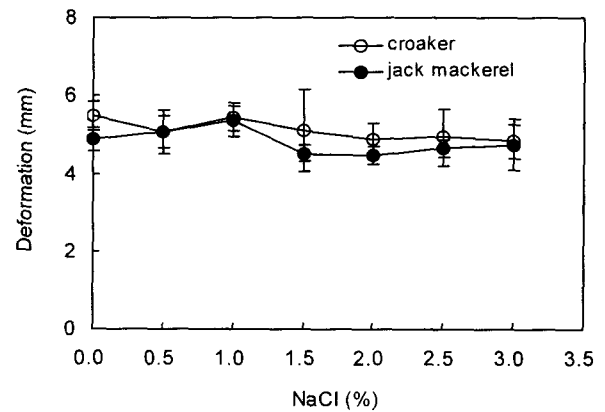
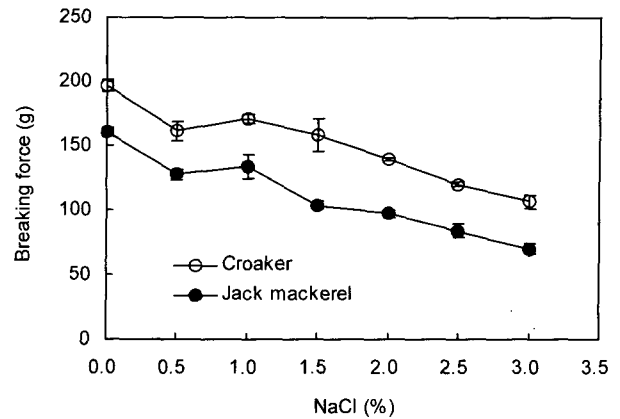


Fig. 7. Effect of NaCl concentration on breaking force (top) and deformation (bottom) of surimi gel from alkaline surimi of croaker and jack mackerel.

혹은 분자간의 결합과 관련하여 충분히 검토되어야 할 것이다.

가열 겔의 백색도는 NaCl의 첨가량의 증가와 더불어 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 8).

SDS-PAGE 전기영동 상

산 수리미의 myosin heavy chain(MHC)과 actin은 수세 및 알칼리 수리미에 비하여 크게 분해되었으나, 저분자에 해당하는 myosin light chain에서는 큰 변화를 보이지 않았다

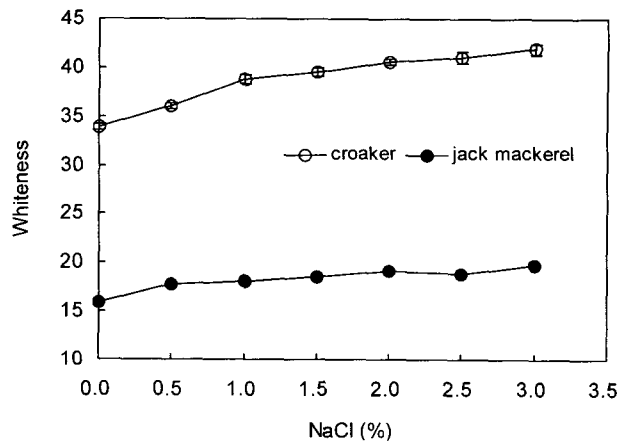


Fig. 8. Effect of NaCl concentration on whiteness of surimi gel from croaker and jack mackerel by alkaline processing.

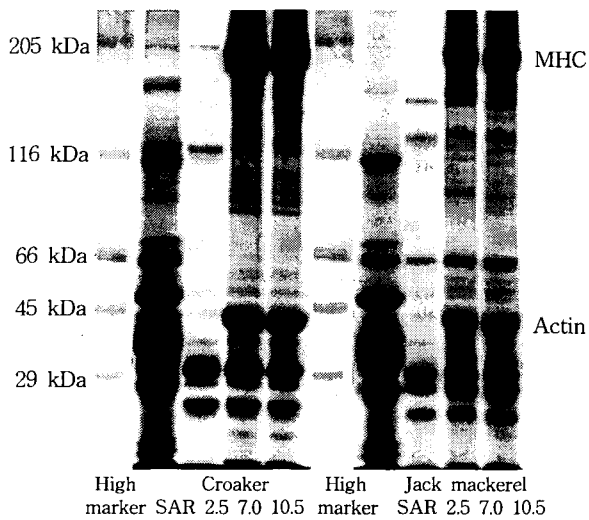


Fig. 9. SDS-PAGE patterns of surimi from sarcoplasmic protein (SAR), conventional (7.0), acid (2.5) and alkaline (10.5) processing of croaker and jack mackerel.

(Fig. 9). 그리고 수세와 알칼리 수리미 사이에서는 MHC와 actin에 해당하는 band에 큰 차이를 보이지 않았다. MHC와 actin의 분해가 산 처리에 의한 myosin 분자와 actin 분자의 산 가수분해에 의한 것인지 산성 pH 영역에서 활성을 보이는 효소에 의한 것인지는 분명치 않으나, 수세 혹은 알칼리 수리미에 비해 낮은 산 수리미의 가열 겔 특성과 상관이 있는 것으로 판단된다. Choi and Park은 Pacific whiting의 산 수리미는 MHC와 actin에 해당하는 band가 크게 분해되어 각각 minor band를 생성하였으나, 수세 수리미와 알칼리 수리미에서는 이 같은 band가 관측되지 않았으며, 산 처리 후에 124 kDa, 78 kDa와 70 kDa의 고분자와 34 kDa와 28 kDa 사이에 많은 저분자들이 생성되었다고 하였다(3). 그리고 빙장한 청어로 제조한 산 수리미는 신선한 청어로 제조한 산 수리미에 비하여 MHC의 분해가 증가하였고, 산 혹은 알칼리 pH에서 처리 시간이 증가함에 따라 분해 속도가 증가한다고 하였다(4). 본 실험의 결과 이들의 보고에 비하여 산 수리미의 MHC와 actin의 급속한 분해는 극단적인 pH에서 다음 공정까지 처리 시간의 지연에 따른 영향으로 판단된다. 이 같은 결과는 극단적인 pH에서 근육 단백질 처리 시간의 단축은 MHC와 actin의 분해를 최소화함으로써 가열 겔의 파괴강도와 변형값이 될 수 있음을 의미한다.

요 약

pH 2.5와 pH 10.5에서 어육 단백질을 용해시키고, pH 5.0 부근에서 침전 단백질을 회수한 후, pH를 중성 부근으로 재조절하여 제조한 7종 어류의 산과 알칼리 수리미의 수율을 수세 수리미와 비교하고 이들 수리미의 가열 겔에 미치는 근형질 단백질과 NaCl의 영향을 punch test와 색차계로 측정하였다. 알칼리 수리미의 수율은 수세 수리미와 산 수리미에 비하여 높았으나, 파괴강도, 변형값 및 백색도는 낮았다. 근

형질 단백질을 첨가한 가열 겔의 파괴강도는 첨가하지 않은 가열 겔에 비하여 유의적으로 높은 파괴강도와 변형 값을 가졌으나, 백색도는 다소 감소하였다. 염은 첨가 농도가 증가함에 따라 파괴강도 값은 감소하였으나, 변형값은 유의적인 차이를 보이지 않았고, 백색도는 다소 증가하는 것으로 나타났다. SDS-PAGE 상에서 산 수리미의 myosin heavy chain과 actin은 급속히 분해하였으며, 수세 수리미와 알칼리 수리미 사이에는 큰 차이가 없었다. 알칼리 수리미의 수율과 가열 겔의 파괴강도, 변형 및 백색도 값에 미루어 알칼리 수리미 제조 공정은 kamaboko 형의 연제품 제조에 활용이 가능한 것으로 판단하였다.

감사의 글

본 연구는 한국해양수산개발원에서 지원한 수산기술개발 사업과제(관리번호: 20010251) 결과의 일부이며 이에 감사합니다.

문 헌

1. Toyoda K, Kimura I, Fujita T, Noguchi SF, Lee CM. 1992. The surimi manufacturing process. In *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee CM, eds. Marcel Dekker Inc., New York. p 79-112.
2. Park JW, Lin TM, Yongsawatdigul J. 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood. *Food Reviews International* 13: 577-610.
3. Choi YJ, Park JW. 2002. Acid-aided protein recovery from enzyme-rich Pacific whiting. *J Food Sci* 67: 2962-2969.
4. Undeland 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.
5. Park JW, Morrissey MT. 2000. Manufacturing of surimi from light muscle fish. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker Inc., New York. p 23-58.
6. Park JW, Korhonen RW, Lanier TC. 1990. Effect of rigor mortis on gel-forming properties of surimi and unwashed mince prepared from tilapia. *J Food Sci* 55: 353-360.
7. Shimizu Y, Nishioka F. 1974. Interactions between horse mackerel actomyosin and sarcoplasmic proteins during heat coagulation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 40: 231-234.
8. 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.
9. Nakagawa T, Nagayama F, Ozaki H, Watabe S, Hashimoto K. 1989. Effect of glycolytic enzymes on the gel-forming ability of fish muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55: 1045-1050.
10. Morioka K, Shimizu Y. 1990. Contribution of sarcoplasmic proteins to gel formation of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56: 929-933.
11. Morioka K, Shimizu Y. 1993. Relationship between the heat-gelling property and composition of fish sarcoplasmic proteins. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1631.
12. Roussel H, Cheftel JC. 1990. Mechanism of gelation of sardine proteins: influence of thermal processing and of various additives on the texture and protein solubility of kamaboko

- gels *Int J Food Sci Technol* 25: 260-280.
13. Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 30: 255-261.
 14. Park JW. 1995. Surimi gel colors as affected by moisture content and physical conditions. *J Food Sci* 60: 15-18.
 15. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AI, Randall RJ. 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 256-275.
 16. Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
 17. JMF. 2002. Standard least squares. In *Statistics and Graphics Guide*. SAS Institute, Cary, NC. p 179-209.
 18. Lee MV, Lampila LE, Crawford DL. 1990. Yield and composition of surimi from Pacific whiting and the effect of various protein additives on gel strength. *J Food Sci* 55: 83-86.
 19. Crawford DL, Law DK, Gabbitt JK. 1972. Yield and acceptability of machine separated minced flesh some marine food fish. *J Food Sci* 37: 551-553.
 20. Hashimoto A, Katoh N, Nozaki H, Arai K. 1985. Inhibiting effect of various factors in muscle of Pacific mackerel on gel forming ability. *Nippon Suisan Gakkaishi* 51: 425-432.
 21. Morioka K, Kurashima K, Shimizu Y. 1992. Heat-gelling properties of fish sarcoplasmic protein. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 767-772.
 22. Ninomiya K, Ookawa T, Tsuchiya T, Masumoto JJ. 1990. Concentration of fish water soluble protein and its gelation properties. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56: 1641-1645.
 23. Niwa E. 1992. Chemistry of surimi gelation. In *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee CM, eds. Marcel Dekker Inc., New York. p 389-427.
 24. Shimizu Y, Simidu W. 1955. Studies on jelly strength of kamaboko-IX. On influence of salts (2)-sodium chloride. *Nippon Suisan Gakkaishi* 21: 501
 25. Chung YC, Richardson L, Morrissey MT. 1993. Effect of pH and NaCl on gel strength of Pacific whiting surimi. *J Aquatic Food Product Technol* 2: 19-35.
 26. Damodaran S. 1996. Amino acids, peptides, and proteins. In *Food Chemistry*. Fennema OR, ed. Marcel Dekker Inc, New York. p 321-429.
 27. Kim YS, Park JW, Choi YJ. 2002. Physicochemical characteristics of fish proteins treated at various pH. Abstract No 56-4 presented at 2002 Annual Meeting of the Institute of Food Technologists. Anaheim, CA, USA.

(2003년 2월 19일 접수; 2003년 4월 18일 채택)