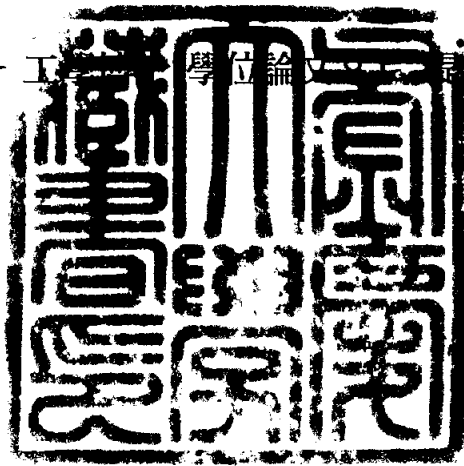


工學博士 學位論文

어육단백질의 용해도 특성을 이용한
수리미 제조 및 품질평가

指導教授 趙永濟

이 論文을 工學博士學位論文으로 提出함



2003年 8月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

趙 敏 成

趙敏成의 工學博士 學位論文을 認准함

2003年 6月 日

主 審 水産學博士 崔 暎 準



委 員 農學博士 李 養 鳳



委 員 農學博士 安 東 賢



委 員 工學博士 李 南 傑



委 員 水産學博士 趙 永 劑



목 차

Abstract	1
서 론	3
재료 및 방법	8
1. 실험재료	8
2. 제조방법	8
2. 1. 근형질 단백질 추출	8
2. 2. 수리미 제조	9
2. 3. 가열 겔의 제조	11
3. 물리·화학적 측정방법	11
3. 1. 용해도 측정	11
3. 2. 폐수오염지표	16
3. 3. SDS-polyacrylamide gel 전기영동	16
3. 4. 물성과 색도 측정	17
3. 5. 겔의 미세구조 관측	17
4. 통계처리	18
4. 1. 전분과 비근육 단백질의 선별실험	18
4. 2. 첨가물의 최적화 비율과 최소비용계산	18
4. 3. 통계분석	18

결과 및 고찰	19
1. 수리미 제조공정에 영향을 미치는 요인	19
1. 용해도에 미치는 pH와 이온강도의 영향	19
1. 2. 단백질 용해에 미치는 조직파쇄 시간과 속도의 영향	22
1. 3. 가열 겔의 물성에 미치는 단백질 추출 수량의 영향	22
1. 4. 수리미의 수율	27
1. 5. 수세, 산 및 알칼리 수리미 폐수의 오염지표	27
2. 겔의 물성 특성	30
2. 1. 산과 알칼리 수리미 가열 겔의 물성과 색	30
2. 2. 가열 겔의 물성에 미치는 근형질 단백질의 영향	34
2. 3. 가열 겔의 물성에 미치는 NaCl의 영향	34
2. 4. SDS-PAGE 전기영동 상	37
2. 5. 겔의 미세구조	45
3. 첨가물의 영향	45
3. 1. 겔 물성과 색에 미치는 전분의 영향	45
3. 2. 겔 물성과 색에 미치는 비근육 단백질의 영향	53
3. 3. 수리미, 전분 및 비근육 단백질의 최적화	60
4. 동결안정성과 겔의 특성	64
4. 1. 알칼리 처리 수리미의 동결안정성	64
4. 2. 알칼리 처리 수리미의 관능검사	64

요 약	73
감사의 글	75
참고문헌	76

Table contents

Table 1. Starch formulation by two-level fractional factorial design for white crocker	12
Table 2. Starch formulation by two-level fractional factorial design for Jack mackerel	13
Table 3. Non-muscle protein formulation by two-level fractional factorial design for White crocker	14
Table 4. Non-muscle protein formulation by two-level fractional factorial design for Jack mackerel	15
Table 5. Solid content, total-nitrogen content and chemical oxygen demand of waste water from processings	29
Table 6. Full-formulation of surimi processings for sensory evaluation of various surimi	69
Table 7. Quality evaluation of various surimi on fish species and amount of salt	70
Table 8. Sensory test of various surimi on fish species and amounts of salt	71

Figure contents

Fig. 1. Flow chart of conventional surimi processing.	4
Fig. 2. Surimi processing by acidic and alkaline treatments of fish.	10
Fig. 3. Effect of pH on solubility of minced Jack mackerel and White croaker muscles.	20
Fig. 4. Effect of NaCl concentration on solubilities of minced Jack mackerel and White croaker muscles in pH 2.5 and 10.5.	21
Fig. 5. Effects of homogenization time and speed on solubilization of minced muscles.	23
Fig. 6. Effect of the ratio of water to minced muscle on breaking force	24
Fig. 7. Effect of the ratio of water to minced muscle on deformation.	25
Fig. 8. Effect of the ratio of water to minced muscle on whiteness.	26
Fig. 9. Protein yield of surimi by conventional, acidic and alkaline processings.	28
Fig. 10. Breaking force of heating gels from conventional, acidic and alkaline processings by punch test.	31
Fig. 11. Deformation of heating gel from conventional, acidic and alkaline processings by punch test.	32
Fig. 12. Whiteness of heating gel from conventional, acidic and alkaline processings.	33
Fig. 13. Effect of sarcoplasmic protein on breaking force and deformation of heating gel from White croaker by alkaline processing.	35
Fig. 14. Effect of sarcoplasmic protein on whiteness of heating gel from White croaker by alkaline processing.	36

Fig. 15. Effect of NaCl concentration on breaking force of heating gel from alkaline surimi of White croaker and Jack mackerel.	38
Fig. 16. Effect of NaCl concentration on deformation of heating gel from alkaline surimi of White croaker and Jack mackerel.	39
Fig. 17. Effect of NaCl concentration on whiteness of heating gel from alkaline surimi of White croaker and Jack mackerel.	40
Fig. 18. SDS–PAGE patterns of surimi from sarcoplasmic protein, conventional, acidic and alkaline processings of white croaker and jack mackerel.	41
Fig. 19. Electron micrographs of conventional, alkaline and optimum formulated surimi gel from frozen White croaker.	43
Fig. 20. Electron micrographs of conventional, alkaline and optimum formulated surimi gel from Jack mackerel.	44
Fig. 21. Prediction profiles of starch on force, deformation and whiteness of alkali surimi gel from frozen White croaker.	46
Fig. 22. Prediction profiles of starch on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	47
Fig. 23. Effect of potato starch on breaking force and deformation protein value of alkaline surimi gel from frozen White croake.	49
Fig. 24. Effect of corn starch on breaking force and deformation of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	50
Fig. 25. Effect of potato starch on whiteness of alkaline surimi gel from frozen white crocker.	51
Fig. 26. Effect of corn starch on whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	52
Fig. 27. Prediction profiles of non–muscle protein on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from frozen White croaker.	54

Fig. 28. Prediction profiles of non-muscle protein on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	55
Fig. 29. Effect of bovine plasma protein on breaking force and deformation value of alkaline surimi gel from frozen White croaker.	56
Fig. 30. Effect of bovine plasma protein on breaking force and deformation value of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	57
Fig. 31. Effect of bovine plasma protein on whiteness of alkaline surimi gel from frozen White croaker.	58
Fig. 32. Effect of bovine plasma protein on whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	59
Fig. 33. Ternary plot of ingredient ratios for optimum formulation of alkaline surimi gel from frozen White croaker.	62
Fig. 34. Ternary plot of ingredient ratios for optimum formulation of alkaline surimi gel from Jack mackerel.	63
Fig. 35. Total colonies of alkaline surimi from White croaker and Jack mackerel during frozen storage at -18°C	65
Fig. 36. Whiteness of alkaline surimi from White croaker and Jack mackerel during frozen storage at -18°C	66
Fig. 37. Breaking force and deformation of alkaline surimi from White croaker during frozen storage at -18°C	67
Fig. 38. Breaking force and deformation of alkali surimi from Jack mackerel during frozen storage at -18°C	68

Optimization of Surimi Processing Using Solubility of Fish Muscle Protein and Its Quality Evaluation

Min-Sung, CHO

*Department of Food Science and Technology, Graduate School, Pukyong
National University*

Abstract

The objectives of this study were to simplify surimi processing by obtaining the precipitated protein at near pI after solubility fish protein in acidic and alkaline pHs, to higher yield than general processing, to use the diverse fishery by using frozen fish and to reduce treatment cost of waste water. Surimi was proceeded with the proteins recovered from jack mackerel and white croaker muscle using acidic and alkaline solubilization and the proteins were evaluated. Therefore, the optimization of extraction of fish protein, surimi processing and the optimization of heated gel on additives will be discussed.

In the optimum condition of extracts fish protein, The optimum pHs for solubilizing protein by acidic and alkaline ranges were around pH 2.5 and pH 10.5, respectively. SDS-PAGE, Myosin heavy chain (MHC) and actin were greatly degraded in acid processing. There was no significant difference between conventional surimi and alkaline surimi. The optimum pH value for recovery of protein was around pH 5.0. The protein solubility was remarkably decreased with increase of ionic strength by salt. The homogenized speed and time for maximum solubility were below 9,500 rpm and 30 s, respectively. The optimum ratio of water to minced muscle was 6 fold by evaluating breaking force, deformation and

whiteness of cooked gel. Surimi yields from acidic and alkaline processing of white crocker and jack mackerel were compared to those from conventional processing. The protein yield of alkaline processing is higher than that of conventional processing. In addition, the waste water of conventional processing contained higher solid and nitrogen contents and chemical oxygen demand than those of acidic and alkaline processings. Effect of sarcoplasmic protein and NaCl on heating gel from acidic and alkaline surimi were also investigated. As the amount of sarcoplasmic protein was increased, breaking force and deformation of its gel were significantly increased and whiteness was decreased. As the amount of NaCl was increased, breaking force was decreased, but deformation not significantly changed, and whiteness was increased. The addition of starch decreased breaking forces and deformation values of gel regardless of starch type. The breaking force was decreased, but deformation value was significantly not changed ($p < 0.05$) with increasing starch. The potato starch was better than corn and wheat starch for breaking force and deformation for White crocker, but corn starch was better for Jack mackerel. The Bovine plasma protein (BPP) greatly improved breaking forces and deformation values White crocker and Jack mackerel. The breaking force and deformation of gel were increased with the concentration of BPP. The whiteness of gel was slightly improved with adding starch and non-muscle for all treatments.

At total water content of 78%, the optimum ratio of ingredients was 89.4%–90.0% for white crocker surimi, 5.9–6.3% for potato starch and 5.0–5.4% for BPP to obtain above 100 g for a breaking force, 4.6 mm for a deformation value, and 25.5 for a whiteness. At total water content of 78%, the optimum ratio of ingredients was 89.5%–90.0% for Jack mackerel surimi, 4.6–6.0% for corn starch and 4.3–5.4% for BPP to obtain above 110 g for a breaking force, 4.6 mm for a deformation value, and 25.5 for a whiteness. Alkaline process for surimi can be a valuable way of increasing the utilization of frozen and pelagic fishes by deciding the values of yield, breaking force, deformation, whiteness. And alkaline surimi is thought to be able to apply to kamaboko-type products.

서 론

수리미는 Fig. 1과 같이 어육을 마쇄하여 수세 공정을 통해 근형질 단백질, 색소, 지질, 비단백태 질소 화합물을 등을 제거하고 근원섬유 단백질을 농축한 후 냉동 변성제를 혼합하여 제품의 보존성을 높인 어육 단백질로서 다양한 수산식품을 가공하기 위한 중간 소재로 사용되고 있다(Park and Morrissey, 2000). 수리미의 품질과 등급은 수분함량, 백색도, 불순물의 함량, 겔 강도 등에 의해 결정되기 때문에 가공원료는 주로 명태나 대구등의 백색육 어류를 사용하고 있다(NFI, 1991).

수세를 통한 일반적인 수리미 제조 공정은 수세 횟수가 증가함에 따라 근원섬유 단백질의 일부가 소실되고(Stefannson and Hultin, 1994) 대부분의 근형질 단백질이 제거되어 수세수로 배출되기(Park and Morrissey, 2000) 때문에 백색육 어류로 조제한 수리미의 최종 수율은 20-25%이며(Lin and Park, 1996), 다량의 단백질을 함유한 수세수의 처리는 수리미 제조업의 폐수 처리를 위한 경비 부담을 가중시키고 있다. 따라서 수세수에 있는 단백질을 회수하여 다시 사용하기 위한 연구가 수행되었으나 회수량이 적고 겔 형성능이 떨어지기 때문에 경제성이 없는 것으로 판명되었다(Lin and Park, 1995).

근형질 단백질이 수리미의 가열 겔에 미치는 영향과 관련하여 일치된 견해는 없다. Shimizu and Nishioka(1974)는 어육을 가열할 때 응집한 근형질 단백질은 근원섬유단백질에 점착하여 어육 paste의 겔 형성을 방해한다고 보고하였으며, 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(Okazaki et al, 1986), 수세수 중 NaCl 농도의 증가는 잔여 aldolase와 glyderaldehyde -3- phosphate dehydrogenase를 감소시키고 어육의 겔 강도를 증가시킨다고 하였다(Nakagawa et al, 1989). 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,

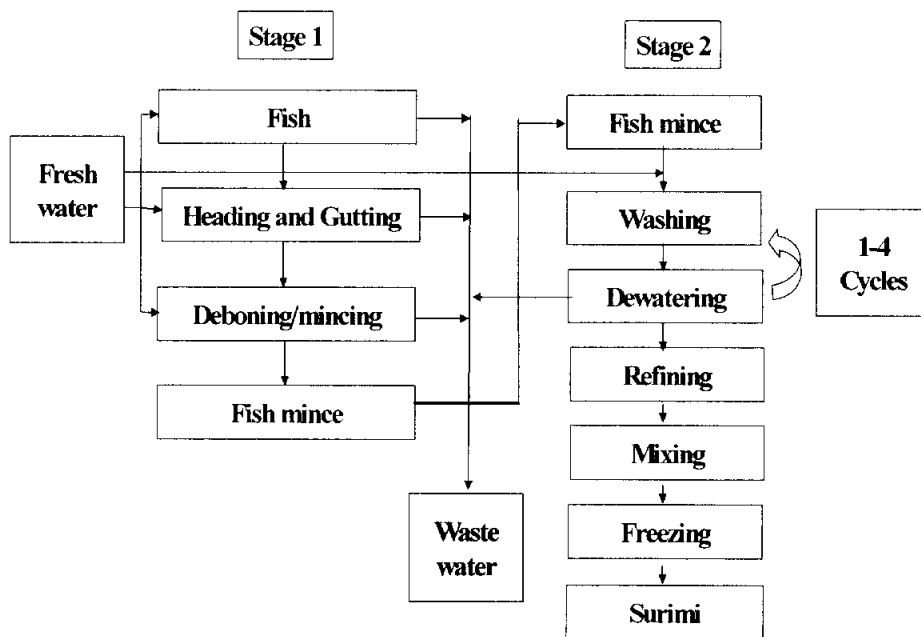


Fig. 1. Flow chart of conventional surimi processing.

특히 94 KDa, 40 KDa 및 26 KDa 성분들의 높은 함량에 기인한다고 하였다(Morioka and Shimizu, 1990; Morioka and Shimizu, 1993).

가열 겔화 과정은 염의 첨가에 의한 근원섬유의 해리, 가열 변성에 의한 단백질 구조의 풀림과 기능기의 노출, 3차원 망상 구조를 형성하는 응집의 단계로 진행하기(Roussel and Cheffel, 1990) 때문에 가열 겔을 형성하기 위해서는 염의 첨가가 필수적이다.

수리미의 등급은 생산 회사에 따라 차이가 있으나, 적절한 물성을 나타내는 범위 내에서 기능성, 색 및 제조 단가를 최소로 하고 적절한 물성을 부여하기 위해 여러 등급과 어종의 수리미, 전분 및 비근육 단백질을 혼합하여 사용하고 있다(Yoon et al., 1997).

전분은 수리미-전분 겔의 충진제 역할을 하기 때문에 수리미 제품의 중요한 기능성 첨가물이며, 수리미 함량의 절감과 더불어 겔 강도를 유지하거나 냉동·냉장 제품의 저장안정성을 확보하기 위해 4-12%의 수준으로 사용하고 있다(Park, 2000). 그리고 비근육 단백질은 전분과 마찬가지로 수리미 양을 절감하여 제품의 단가를 낮추고 기능성을 개선하기 위해 첨가하고 있다. 비근육 단백질 중 소혈청단백질과 난백단백질의 첨가는 수리미 가열 겔의 전단응력과 변형을 증가시키고(Park 1994, Chang et al., 1990), 단백질 분해효소에 의한 수리미 겔의 붕괴를 방지한다(Hamann, 1990). 마쇄 정어리 겔에 미치는 난백과 대두 단백질은 품질이 좋은 어육 단백질의 겔화는 방해하지만, 품질이 낮은 마쇄육의 겔 강도를 증가시키는 효과가 있어서 비근육 단백질의 겔 강화 효과는 어육의 품질에 의존한다(Gomez-Guillen et al, 1996).

이러한 수리미 관련산업은 증가추세에 있으나, 최근 남획으로 인한 자원의 고갈, 자원국의 자원보호 정책등으로 인한 수요와 공급의 근본적인 불일치로 인하여 수리미 가격이 지속적으로 상승하고 있으며, 미이용 어자원의 확보, 수율의 향상, 겔 형성능의 향상등에 관한 연구가 지속적으로 진행중이다. 어자원의 효율적인 이용과 식량자원화를 위해 주로 사료와 비료로 활용하고 있는 다획성 적색육 어류의 수리미 제조에 관한 연구가 수행되었지만(Shimizu et al., 1992; Akahane, 1998; Nonaka, et al., 1989) 적절한

수율과 겔 형성능을 가지며 비교적 간단한 수리미의 제조 공정은 개발되지 않고 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(Choi and Park, 2002; Undeland et al., 2002). 그러나 이 같은 공정을 이용하여 여러 가지 어류로 제조한 수리미의 수율은 개선되었으나, pH 조절을 통한 어육 단백질의 용해와 침전을 이용하여 제조한 어육 수리미는 pH 변성에 의한 물성 저하와 잔존하는 근형질 단백질에 의한 백색도 감소를 초래하기 때문에 (Park et al., 2003; Park et al 2003), 이들 수리미의 가열 겔 물성은 백색육 어류에 비하여 떨어지고 잔존하는 hemoglobin과 myoglobin 때문에 백색도는 현저히 감소하기 때문에 적절한 부원료를 첨가하여 겔 특성을 개선할 필요가 있다.

우리나라에서 어획되는 전갱이류만 13,552톤이며, 크기가 비교적 적은 전갱이 및 백조기 등의 어류는 주로 해산 양식 어류의 사료로 사용하고 있다 (해양수산부, 2000). 일시 다획성 어류들은 계절적으로 어획량에 차이를 보이며, 크기가 작고 다량의 지방, 혈합육, 육 색소 및 혈색소를 포함하고 있기 때문에 식품 가공 소재로 사용 가능한 안정한 기능성 단백질의 추출이 비교적 어렵다.

어육의 사후 경직 중의 생화학 및 물리적인 변화는 기능적 특성에 유의적인 변화를 일으키고(Park and Morriessy, 2000), 수리미의 단백질 함량과 수율, 겔 형성능은 사후경직 시기와 밀접한 관련이 있기(Park et al., 1990) 때문에 어획 후 가능한 빠른 시간 내에 가공할 것을 권장하고 있다. 그러나 산과 알칼리 공정을 통해 제조한 수리미는 이미 극단적인 pH 처리에 의해 단백질이 상당 부분 변성되어 표면 반응성 기들의 노출이 가열 전에 이루어지기 때문에 수세 수리미와는 다른 겔화 기구를 가질 것으로 예상된다. 극단적인 산과 알칼리 pH 처리가 가열 겔의 물성에 미치는 영향은 물론, 근형질 단백질이 가열 겔의 물성에 미치는 영향과 근원섬유단백질의 용해에 기여하는 염의 영향 및 적절한 부원료의 선택과 겔 형성에 대한 검토는 이루어져 있지 않다.

따라서 본 연구는 전갱이와 백조기 마쇄육의 pH 별 용해도 특성과 수리

미 제조를 위한 주요 공정별 최적 조건을 구명하고 산과 알칼리 수리미 제조에 따른 폐수의 오염 저감 효과를 수세 수리미와 비교, 산과 알칼리 공정에 의한 여러 어종의 단백질 회수 수율과 가열 겔에 미치는 근형질 단백질과 NaCl의 영향을 검토하기 위하여 적색육과 백색육 2종의 냉동 어류 및 선어를 사용하여 산과 알칼리 공정으로 제조한 수리미 수율을 고형물의 비로 측정하고, 근형질 단백질과 NaCl을 농도별로 첨가하여 가열 겔의 파괴강도, 변형 및 색도의 변화와 pH 조절을 통해 용해하고 회수한 어육 단백질의 가열 겔 강도에 미치는 전분과 비근육 단백질의 영향을 검토할 목적으로 3종류의 전분(감자, 옥수수, 밀)과 4종류의 비근육 단백질(유청, 대두, 난백, 소혈청)이 가열 겔의 강도와 백색도에 미치는 영향을 punch test와 색도로 측정하고, 가장 효과적인 전분과 비근육단백질을 2 수준 fractional factorial design으로 선별한 후, 선별한 전분과 비근육 단백질의 최적 첨가 비율을 mixture design으로 결정하여 동결저장 안정성 및 품질변화와 관능평가를 통하여 공정개선 및 산업적적용을 시도하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 냉장 전갱이(*Trachurus japonicus*; 체장, 20.8 ± 1.8 cm; 체중 179.0 ± 31.4 g)와 냉동 보구치(*Pennahia argentata*; 체장, 18.2 ± 2.4 cm, 체중, 125.0 ± 35.9 g)는 각각 경남 통영시 소재의 어시장과 부산시 공동 어시장에서 구입하여 실험실로 운반하였다. 냉동 보구치는 실온에서 해동시킨 후, 냉장 전갱이는 그대로 각각 두부와 내장을 제거하고 육만을 절취하여 chopper(M-12S, 한국 Fujee, Whaseong, Korea)로 마쇄하여 수리미 제조를 위한 시료로 사용하였다.

감자, 옥수수 및 밀 전분은 삼양사(서울, 한국)에서 구입하였으며, 비근육 단백질은 유장단백질(Nutrilac 7723, MD Foods Ingredients Union, NJ, USA), 대두단백질 농축물(Supro 538, Protein Technology International, St. Louis, MO, USA), 건조 난백(Prinegg, Cameron, WI, USA) 과 소혈청단백질(AMPC, Ames, IA, USA)를 사용하였다.

2. 제조방법

2.1. 근형질 단백질의 추출

어육에 2배량의 증류수를 첨가하여 homogenizer (IKA-25 Basic, IKA Works, Wilmington, NC, USA.)로 8,000 rpm에서 30초 동안 조직을 파쇄하고 냉동원심분리기(SUPRA 30K, Hanil Science Industrial Co Ltd, Incheon, Korea)로 원심분리(10,000xg, 25분)하여 얻은 상층액과 원심분리 후 남은 잔사에 위와 같은 조작을 통해 얻은 상층액을 합쳐 1 N HCl을 이용해서 pH 5.0로 조절하고 저온(4℃)에서 30분 동안 방치한 후 원심분리(10,000xg, 25분)하여 얻은 침전물을 근형질 단백질로 사용하였다. 알칼리 수리미에 대하여 1%, 3%, 5%, 7% 및 9% 첨가하여 가열 겔을 조제하였으

며, 첨가하지 않은 것을 대조군으로 사용하였다.

2.2. 수리미 제조

수세 수리미는 마쇄육에 2배량의 증류수를 가하여 homogenizer (IKA-25 basic, IKA Works, Wilmington, NC, USA)로 8000 rpm에서 2분 동안 조직을 파쇄한 후 원심분리(10,000xg, 25분)하여 침전물을 수세하는 과정을 2 회 반복하고 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 Fig. 2와 같이 마쇄한 어육에 5-9배량의 증류수를 첨가하고 8,000 rpm에서 1분 동안 파쇄하여 수리미 제조 공정에 따라 제조한 수리미 가열 겔의 breaking force, deformation 값 및 color를 비교하여, 최적인 6배량의 증류수를 첨가하고 1 N HCl 혹은 1 N NaOH를 사용하여 pH를 2.5와 10.5로 각각 조정하여 어육 단백질을 용해시킨 후 원심분리(10,000xg, 25분)하였다. 중성 지방 등이 포함된 유허층(최상층)과 결체조직, 막지질, 비늘, 뼈 등을 포함하고 있는 최저층을 버리고 가용성 단백질과 수화 단백질을 포함한 중간층을 회수하여 1 N HCl 혹은 1 N NaOH로 pH 5.0으로 조정하여 단백질을 침전시킨 후 원심분리(10,000xg, 25분)하여 단백질을 회수하였다. 회수한 단백질은 1 N NaOH로 pH 7.0으로 조절한 후 냉동변성방지제를 첨가하여 제조하였다.

수리미의 수율은 어체와 제조한 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.

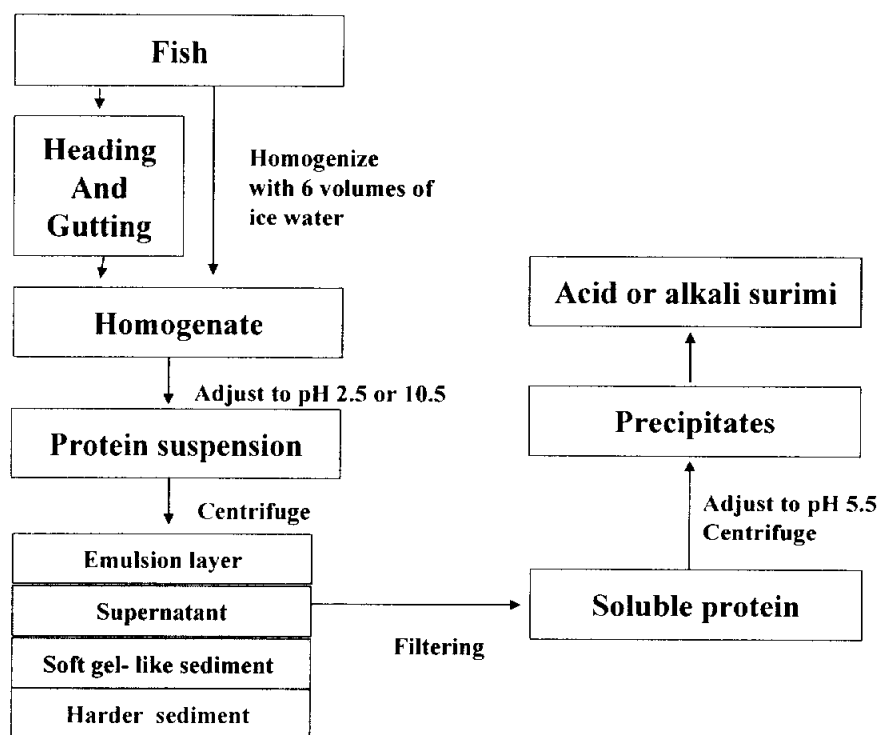


Fig. 2 . Surimi processing by acidic or alkaline treatments from fish.

2.3. 가열 겔의 제조

조제한 각각의 수리미에 얼음물과 염을 고르게 뿌리고 food processor(M-125, Hankook Fufee Industries Co., Suwon, Korea)로 1분 혼합한 후 비닐 백에 넣어 진공 포장기(Food Saver Ultra, Tilia International Inc., China)를 이용하여 수리미 내의 기포를 제거하고, sausage 충전기(Sausage Maker, Buffalo Co., New York, NJ, USA)를 사용하여 collagen tube (1.8 x 20 cm, #180, Nippi Co., Tokyo, Japan)에 충전하였다. 충전한 tube는 90℃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.

최적 첨가물 선택을 위한 가열 겔의 제조는 최적의 전분과 비근육 단백질을 선택하기 위하여 2 수준 fractional factorial로 설계한 혼합비에 따라 전분과 비근육 단백질을 수리미와 혼합하고(Table 1, 2, 3, 4), 최종 수분 함량이 78%가 되도록 얼음물을 첨가하여 kitchen aid (Max watt 325, St. Joseph, MI, USA)로 3분 동안 혼합하였다. 혼합물을 비닐 백에 넣어 진공 포장기(Food Saver Ultra, Tilia International Inc., China)로 수리미 중의 기포를 제거하고 sausage 충전기(Sausage Maker, Buffalo Co., New York, NJ, USA)를 사용하여 collagen tube (1.8 x 20 cm, #180, Nippi Co., Tokyo, Japan)에 충전하였다. 충전한 tube는 90℃의 water bath에서 15분 동안 가열하고 즉시 얼음물에 15분 동안 냉각시켜 하룻밤 냉장 보관한 후 물성 측정에 사용하였으며, 염은 첨가하지 않았다.

3. 물리화학적 측정방법

3.1. 용해도의 측정

pH에 따른 어육 단백질의 용해도를 측정하기 위해 어육 2 g에 18 mL의 탈 이온수를 첨가하여 homogenizer(IKA-25 basic, IKA Works,

Table 1. Starch formulation by two-level fractional factorial design for
White crocker

Exp. No	Starch (g) ¹⁾			Force (g) ²⁾	Response	
	potato	corn	wheat		Deformation (mm) ²⁾	Whiteness
1	0	0	0	103±5	5.5±0.2	18.0±1.0
2	0	0	2.1	87±5	5.1±0.4	20.1±0.3
3	0	2.1	0	89±4	5.0±0.2	20.2±0.4
4	0	2.1	2.1	73±4	4.2±0.4	22.8±0.5
5	2.1	0	0	92±3	5.1±0.2	19.6±0.5
6	2.1	0	2.1	79±4	4.6±0.2	21.9±0.2
7	2.1	2.1	0	78±3	4.7±0.3	20.8±0.4
8	2.1	2.1	2.1	57±4	3.8±0.6	23.2±1.1

¹⁾ The sum of starch, alkaline surimi and ice water was adjusted to 70 g without salt.

²⁾ Force and deformation values were assayed by punch test using cylinder-type sample(1.98 x 2.0 cm).

Table 2. Starch formulation by two-level fractional factorial design for Jack mackerel

Exp. No	Starch (g) ¹⁾			Response		
	potato	corn	wheat	Force (g) ²⁾	Deformation (mm) ²⁾	Whiteness
1	0	0	0	84±8	4.3±0.8	18.0±0.6
2	0	0	2.1	71±3	3.7±0.6	17.6±0.4
3	0	2.1	0	72±3	4.5±0.5	17.9±0.3
4	0	2.1	2.1	52±3	3.8±0.3	17.7±0.6
5	2.1	0	0	70±3	4.0±0.2	17.7±0.6
6	2.1	0	2.1	44±1	4.7±0.5	18.0±0.4
7	2.1	2.1	0	53±3	3.7±0.3	18.0±0.2
8	2.1	2.1	2.1	54±4	4.0±0.5	17.9±0.7

¹⁾ The sum of starch, alkaline surimi and ice water was adjusted to 70 g without salt.

²⁾ Force and deformation values were assayed by punch test using cylinder-type sample(1.98 x 2.0 cm).

Table 3. Non-muscle protein formulation by two-level fractional factorial design for White crocker

Exp No	Non-muscle protein (g) ¹⁾				Response		
	WP ³⁾	SPC ³⁾	EW ³⁾	BPP ³⁾	Force (g) ²⁾	Deformation (mm) ²⁾	Whiteness
1	0	0	0	0	84 ± 1	5.3 ± 0.1	19.1 ± 0.6
2	1.8	0	0	0	56 ± 5	4.6 ± 0.4	19.6 ± 0.5
3	0	1.8	0	0	42 ± 2	4.0 ± 0.3	21.1 ± 0.5
4	1.8	1.8	0	0	29 ± 2	3.3 ± 0.4	23.0 ± 0.5
5	0	0	1.8	0	67 ± 3	4.3 ± 0.4	20.1 ± 0.7
6	1.8	0	1.8	0	68 ± 3	4.5 ± 0.2	22.6 ± 0.6
7	0	1.8	1.8	0	59 ± 2	4.1 ± 0.3	24.5 ± 0.3
8	1.8	1.8	1.8	0	83 ± 10	4.7 ± 0.1	25.3 ± 0.7
9	0	0	0	1.8	81 ± 1	5.0 ± 0.1	22.1 ± 0.4
10	1.8	0	0	1.8	89 ± 6	5.2 ± 0.3	23.2 ± 0.2
11	0	1.8	0	1.8	72 ± 4	4.9 ± 0.4	25.7 ± 0.3
12	1.8	1.8	0	1.8	107 ± 6	5.5 ± 0.1	26.5 ± 0.3
13	0	0	1.8	1.8	109 ± 6	5.1 ± 0.4	22.4 ± 0.5
14	1.8	0	1.8	1.8	153 ± 5	5.4 ± 0.2	23.2 ± 0.2
15	0	1.8	1.8	1.8	115 ± 5	5.1 ± 0.2	25.7 ± 0.3
16	1.8	1.8	1.8	1.8	164 ± 3	5.4 ± 0.3	26.5 ± 0.3

¹⁾ The sum of non-muscle protein, alkaline surimi and ice water was adjusted to 60 g without salt.

²⁾ Force and deformation values were assayed by punch test using cylinder-type sample(1.98 x 2.0 cm).

³⁾ WP, SPC, EW and BPP mean whey protein, soy protein concentrate, egg white and bovine plasma protein, respectively.

Table 4. Non-muscle protein formulation by two-level fractional factorial design for Jack mackerel

Exp. No.	Non-muscle protein (g) ¹⁾				Response		
	WP ³⁾	SPC ³⁾	EW ³⁾	BPP ³⁾	Force (g) ²⁾	Deformation (mm) ²⁾	Whiteness
1	0	0	0	0	137 ± 5	4.8 ± 0.3	20.0 ± 0.1
2	2.4	0	0	0	1157 ± 4	4.3 ± 0.3	20.3 ± 0.5
3	0	2.4	0	0	1197 ± 15	4.9 ± 0.5	22.1 ± 0.6
4	2.4	2.4	0	0	1017 ± 11	4.6 ± 0.4	22.7 ± 0.9
5	0	0	2.4	0	1387 ± 22	4.1 ± 0.7	19.6 ± 0.5
6	2.4	0	2.4	0	135 ± 7	4.7 ± 0.5	21.6 ± 0.3
7	0	2.4	2.4	0	110 ± 7	4.1 ± 0.4	22.2 ± 0.9
8	2.4	2.4	2.4	0	135 ± 5	4.4 ± 0.3	24.3 ± 0.3
9	0	0	0	2.4	159 ± 22	4.7 ± 0.6	21.2 ± 0.3
10	2.4	0	0	2.4	171 ± 9	5.0 ± 0.3	21.4 ± 0.4
11	0	2.4	0	2.4	147 ± 6	5.0 ± 0.3	22.0 ± 0.3
12	2.4	2.4	0	2.4	150 ± 4	4.9 ± 0.1	24.1 ± 0.2
13	0	0	2.4	2.4	156 ± 4	4.4 ± 0.3	21.7 ± 0.2
14	2.4	0	2.4	2.4	180 ± 23	4.3 ± 0.5	24.1 ± 0.8
15	0	2.4	2.4	2.4	173 ± 17	4.4 ± 0.3	23.5 ± 0.8
16	2.4	2.4	2.4	2.4	197 ± 17	4.3 ± 0.3	26.1 ± 1.1

¹⁾ The sum of non-muscle protein, alkali surimi and ice water was adjusted to 60 g without salt.

²⁾ Force and deformation values were assayed by punch test using cylinder-type sample(1.98 x 2.0 cm).

³⁾ WP, SPC, EW and BPP mean whey protein, soy protein concentrate, egg white and bovine plasma protein, respectively.

Wilmington, NC, USA)로 8000 rpm에서 30초 동안 조직을 파쇄한 후 10 mL 용량의 biuret을 이용하여 1 N HCl 혹은 1 N NaOH를 첨가하여 pH를 조절하였다. 이때 첨가한 HCl과 NaOH 용액의 양은 각각 기록하여 총 부피 변화에 따른 단백질 농도 계산의 보정에 사용하였다. pH를 조정한 용액을 저온(4℃)에서 30분 동안 정치시킨 후 냉동원심분리기(SUPRA 30K, Hanil Science Industrial Co. Ltd., Incheon, Korea)로 원심분리(2,500xG, 15분)하여 얻은 상층액의 단백질 농도는 bovine serum albumin(Sigma P7656)으로 검량곡선을 작성한 Umemoto 법(16)에 따라 측정하였다. 그리고 용해도에 미치는 이온 강도의 영향을 측정하기 위해 어육 단백질 2 g에 pH 2.5와 pH 10.5로 조절한 18 mL의 NaCl 용액(0, 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M, 0.5 M, 1.0 M)을 첨가하여 용해도 측정 방법과 동일한 방법으로 처리하여 단백질 농도를 측정하였다.

조직 파쇄 정도가 단백질의 용해에 미치는 영향을 측정하기 위해 grinder로 마쇄한 어육 2 g에 증류수 18 mL를 넣고 homogenizer의 속도(8,000 rpm, 9,500 rpm)와 시간(15초, 30초, 45초, 60초)을 달리하면서 조직을 파쇄한 후, 원심분리(2,500xG, 15분)하여 상층액의 단백질 농도를 측정하였다.

3.2. 폐수오염지표

수세 수리미와 산 및 알칼리 수리미 제조 시에 배출되는 수세수 및 원심분리 상층액의 고형물의 양은 상층액 100 mL를 glass filter로 감압 여과한 고형물을 105℃에서 3시간 건조시킨 후의 무게를 측정하여 g/L로 표시하였으며, 총질소 함량은 semi-micro Kjeldahl 법(秦忠夫 and 林力丸, 1971)으로, 화학적 산소요구량은 과망간산 칼륨법(Kim, 1994)으로 측정하였다.

3.3. SDS-polyacrylamide gel 전기영동

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 (3,000xg, 15분)하여 불용성 물질을 제거하고 상층액의 단백질 농도는 Lowry 등(1951)의 방법에 따라 단백질 농도를 측정하였다. 전기영동을 위한 시료의 최종 단백질 농도는 1.00 mg/mL이 되도록 희석하였다. 단백질은 측정 가능한 적정 농도 범위까지 희석되었기 때문에 SDS는 본 실험에서 단백질 농도 측정의 방해 물질로 작용하지 않았다. SDS-PAGE는 5%의 농축 겔과 7.5%의 분리 겔에서 Laemmli(1970)의 방법에 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. coli의 β -galactosidase (116 kDa), 토끼 근육의 phosphorylase b (97 kDa), bovine serum albumin (66 kDa), egg 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)을 사용하였다.

3.4. 물성과 색도 측정

Okada의 방법(1964)에 따라 실린형의 시료(1.8 x 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.

겔 표면의 CIE Lab color는 색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 색차계는 표준색 plate로 $L^* = 96.83$, $a^* = -0.36$, $b^* = 0.62$ 로 표준화하였으며, 백색도는 $L^* - 3b^*$ 로 계산하였다 (Park, 1964).

3.5. 가열 겔의 미세구조 관측

가열 겔을 1mm³의 크기로 세절하고 2.5% glutaraldehyde와 1% osmium tetroxide로 각각 2시간 동안 1차 및 2차 고정하였다. 고정된 시료

를 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℃에서 12시간 열중합한 후 microtome(LKB, Nova, Sweden)으로 0.5-1 um의 두께로 절단하여 toluidine blue로 단염색하고 광학현미경으로 관찰 부위를 다듬었다. 이를 200 mesh의 copper gride에 부착시키고 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 투과전자현미경(JEM 1200EX-II, JEOL, Japan)으로 관측하였다.

4. 통계처리

4.1. 전분과 비근육단백질의 선별실험

어육단백질 겔의 물성에 미치는 전분의 영향과 비근육단백질의 영향을 검토하기 위하여 통계프로그램인 JMP(2002)를 이용하여 선별 실험계획(Table 2-5)에 따라 겔 강화에 효과가 있는 전분과 비근육 단백질을 선정하였다

4.2. 첨가물의 최적화 비율과 최소비용계산

2수준 fractional factorial 및 mixture design은 JMP program (2002)로 제한값을 파괴강도 110g, 변형값 4.2mm, 백색도 22.5로 주어 통계 프로그램 JMP를 이용하여 수리미, 전분 및 비근육 단백질의 최적첨가비율과 최소비용을 계산하였다.

4.3. 통계분석

표준편차, 유의성 검증은 JMP 통계 프로그램을 이용한 분산분석표(analysis of variance table : ANOVA)를 작성하였으며, 유의성 검증은 Duncan의 다중범위 검증(Duncan's multiple range test)로 $p < 0.05$ 수준에서 검토하였다.

결과 및 고찰

1. 수리미 제조공정에 영향을 미치는 요인

1.1. 용해도에 미치는 pH와 이온강도의 영향

어육 단백질의 용해도에 미치는 pH의 영향을 pH 2-11의 구간에 걸쳐 측정한 결과(Fig. 3), 전갱이의 용해도는 pH 2.5와 10.5 부근에서 가장 높았고, pH 5.5 부근에서 가장 낮은 반면, 보구치의 용해도는 산성과 알칼리쪽으로 pH가 낮거나 증가함에 따라 계속 증가였으며 pH 4.5에서 가장 낮았다. Pacific whiting 마쇄육의 용해도는 pH 5.0-5.5 사이에서 가장 낮았으며, pH 2.0-2.5와 pH 11부근에서 가장 높은 용해도를 보였고(Choi and Park, 2002), Herring의 마쇄육은 pH 2.7과 10.8에서 가장 높은 용해도와 pH 5.5에서 가장 낮은 용해도를 보였다(Undeland et al, 2002). 이 같이 어종에 따라 최대 및 최저 용해도를 보이는 pH에 다소 차이를 보이는 것은 어육은 많은 종류의 단백질을 포함하고 있으며(Suzuki, 1981; Sikoski et al., 1994), 어종에 따라 근원섬유단백질과 근형질 단백질의 함유량과 근형질 단백질을 구성하는 단백질의 종류에 차이가 있기 때문인 것으로 생각된다(Suzuki, 1981). 산성과 알칼리 영역에서 용해도가 증가하는 것은 단백질을 구성하는 산성 및 염기성 아미노산 측쇄의 하전량이 증가하여 수소 결합의 가능성이 높아지기 때문인 것으로 보인다.

이온강도의 영향을 검토하기 위하여 pH 2.5와 10.5로 조절한 농도별 NaCl 용액에 대한 어육 단백질의 용해도를 측정한 결과(Fig. 4), 이온강도가 증가할수록 육 단백질의 용해도는 감소하는 것으로 나타났다. 근원섬유단백질과 근형질 단백질은 각각 이온강도가 0.5-1.0와 0.01-0.05인 중성염 용액에 용해하는 것으로 알려져 있지만(Sikirski et al., 1994), 강산성과 강알칼리 영역의 pH에서 이온강도의 증가는 하전된 이온들의 척력을 증가시켜 단백질 상호작용과 응집을 유발하여 용해도를 감소시키는 것으로 보인다(Undeland et al., 2002; Dagher et al., 2000; Chang et al., 2001; Dewitt et al., 2002).

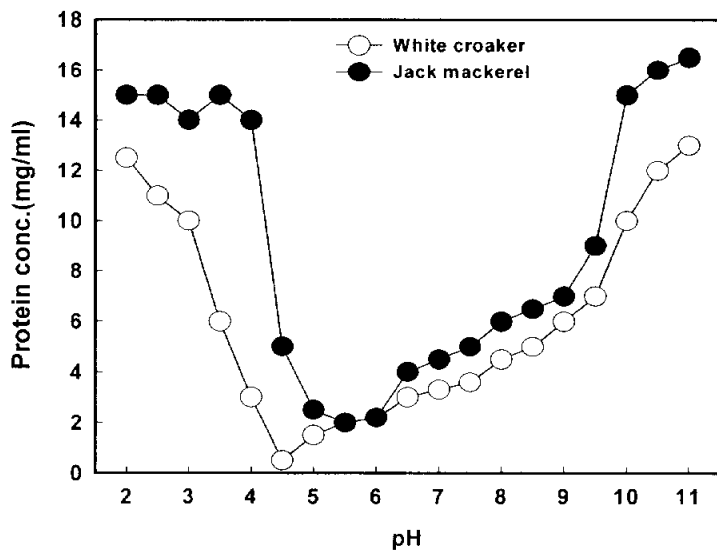


Fig. 3. Effect of pH on solubilities of minced Jack mackerel and White croaker muscle.

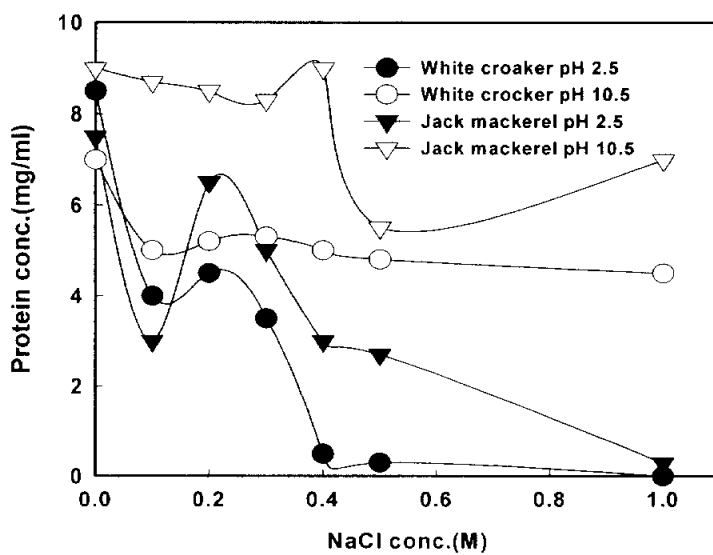


Fig. 4. Effect of NaCl concentration on solubilities of minced Jack markerel and White croaker muscles in pH 2.5 and pH 10.5.

1.2. 단백질 용해에 미치는 조직파쇄 시간과 속도의 영향

어육 조직의 파쇄 정도가 단백질의 가용화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 파쇄 속도와 시간에 따른 용해도를 측정한 결과(Fig. 5), 본 실험에 적용한 파쇄 속도와 파쇄 시간에서는 단백질의 가용화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 산성 pH에서 단백질의 용해를 이용하여 소심장육의 단백질을 추출할 때 12,500 rpm 이하의 균질화 속도는 충분한 양의 단백질을 추출하지 못하고 15,000 rpm 이상의 속도에서는 과량의 거품을 발생시켜 단백질을 변성시키기 때문에 15,000 rpm에서 30초 동안 균질화하는 것이 가장 적당하다고 하였다(Deuitt et al., 2002). 본 실험의 결과 비교적 저속인 8,000 및 9,500 rpm에서 균질화 시간에 따른 큰 차이를 보이지 않으며, 보구치의 알칼리 공정에서 9500 rpm이 오히려 8000 rpm에 비하여 추출 단백질의 농도가 낮은 것은 어육의 조직이 축육에 비하여 취약하기 때문(Suzuki et al., 1981)에 저속에서도 충분히 파쇄되고 과도한 균질화 속도는 거품을 발생시켜 단백질 변성을 유도하기 때문으로 생각된다.

1.3. 가열 겔의 물성에 미치는 단백질 추출 수량의 영향

단백질 추출을 위한 수량과 원심분리의 부하량을 줄이기 위하여 마쇄육에 대한 가수량을 변화시키면서 수리미를 제조하고 가열 겔의 물성의 변화를 측정하여 수세 수리미와 비교하였다. 산과 알칼리 수리미 겔의 파괴강도와 백색도 값은 마쇄육에 대하여 6배량의 증류수를 첨가한 경우가 7배와 9배를 첨가한 경우 보다 높은 것으로 나타났다(Fig. 8). 이 같은 결과는 다량의 수도수 첨가는 원심분리 시간을 지체시켜 단백질의 변성을 초래하기 때문인 것으로 생각되었다. 산과 알칼리 공정으로 제조한 청어 수리미가 수세공정으로 제조한 수리미에 상응하는 물성값과 백색도를 얻기 위해서는 육 중량에 대한 물의 비는 9배량이 가장 적당하지만 9배량의 수도수를 첨가하여 2시간 이상 방치한 경우 가열 수리미의 물성 값은 현저히 감소한다고 하였다(Undeland et al., 2002). 수세 수리미 제조 시 적정 수세량과 수세 횟수는 육에 대하여 2배량의 수세수로 3회 수세가 가장 적당하며 더 이상 수세하더라도 백색도는 개선되지 않았다(Lin and Park, 1996). 따라서 수리미의 백

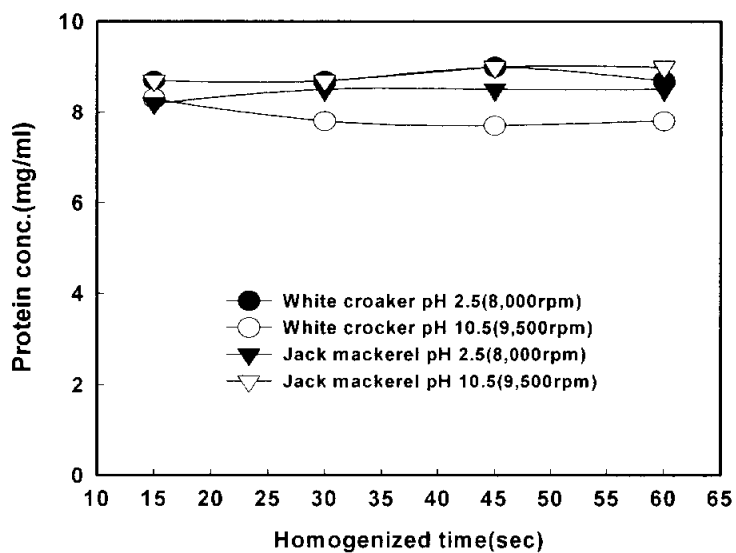


Fig. 5. Effects of homogenized time and speed on solubilization of minced muscles.

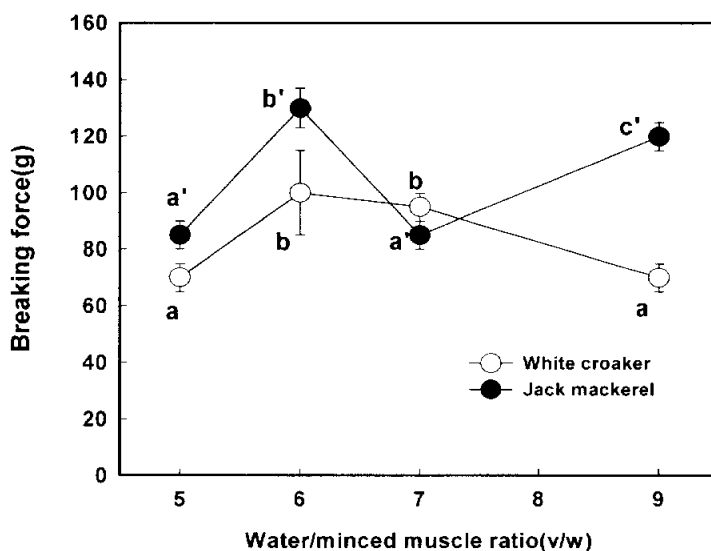


Fig. 6. Effect of the ratio of water to minced muscle on breaking force.
a, b & c and a', b', & c' of different letters in a curve differ significantly,
respectively ($p < 0.05$).

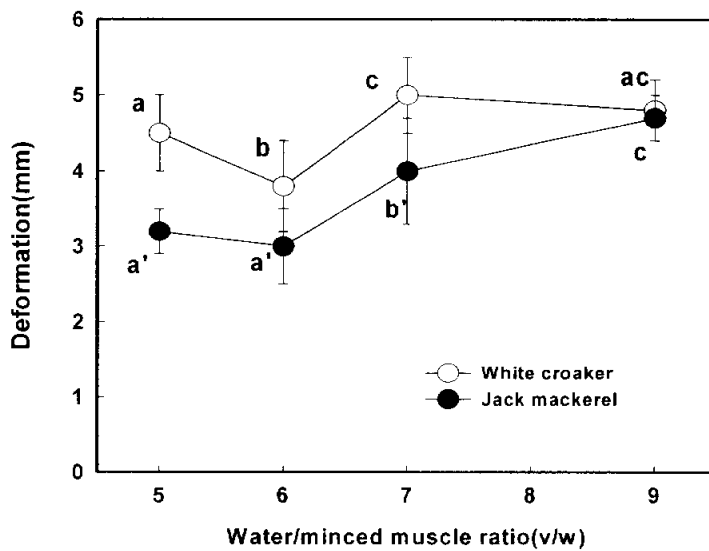


Fig. 7. Effect of the ratio of water to minced muscle on deformation.
a, b, c & ac and a', b', & c' of different letters in a curve differ significantly, respectively ($p < 0.05$).

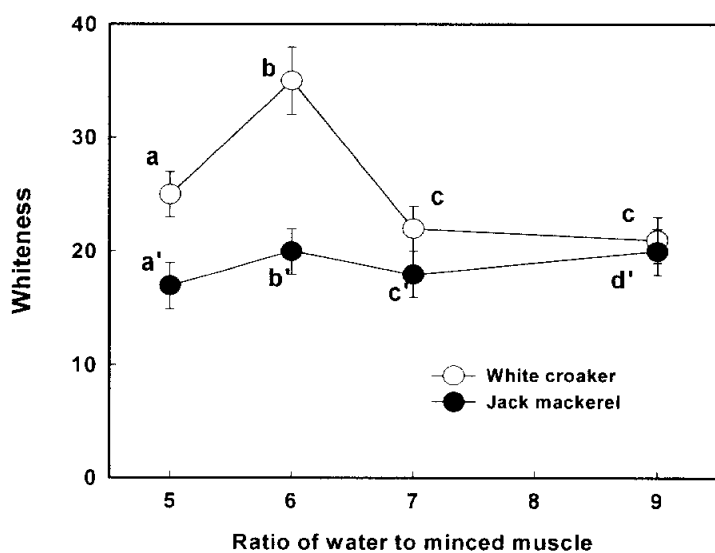


Fig. 8. Effect of the ratio of water to minced muscle on whiteness.
a, b, & c and a', b', c' & d' of different letters in a curve differ significantly, respectively ($p < 0.05$).

색도를 개선하기 위해서는 수세량 보다는 수세 횟수가 더욱 중요한 것으로 여겨진다.

1.4. 수리미의 수율

마쇄 어육과 수세수의 비를 1:2로 하여 3회 수세하여 제조한 수리미와 산 및 알칼리 공정으로 제조한 수리미의 수율을 비교한 결과(Fig. 9), 전갱이 수리미의 수율은 수세, 산 공정, 알칼리 공정의 순으로 증가하였으며, 알칼리 공정은 수세 공정에 비하여 약 5% 이상까지 수율이 증가하였다. 그리고 백조기는 산 공정으로 제조한 수리미의 수율이 가장 낮았으며 알칼리 공정의 수율은 32.7%였다. 수세 공정과 알칼리 공정 사이의 수율의 차이가 백색육 어류인 백조기에 비하여 적색육 어류인 전갱이에서 더 큰 것은 적색육 어류가 백색육 어류에 비하여 다량의 근형질 단백질을 함유하고 있으며, 이들 단백질이 알칼리 공정에 의하여 더 회수되었기 때문으로 추정된다. 방어, 고등어 등과 같은 적색육 어류의 근형질 단백질 함량이 넙치, 농어 등과 같은 백색육 어류에 비하여 높다고 보고하였다(Suzuki, 1981).

1.5. 수세, 산 및 알칼리 수리미의 폐수오염지표

수세, 산 및 알칼리 수리미의 waste water의 고형물과 총질소 함량 및 COD(chemical oxygen demend)는 수세>알칼리>산의 순으로 높았다(Table 5). 전갱이 수세 수리미 폐수의 고형물량, 총질소 함량 및 COD는 산 수리미 폐수의 454.9배, 2.8배와 1.9배 높았으며 보구치는 6.8배, 2.2배와 31.1배로서 산과 알칼리 수리미 제조 공정에 의한 폐수 경감 효과는 상당히 큰 것으로 나타났다. 그리고 고형물의 감소는 백색육 어류에 비하여 적색육 어류가 높은 반면 COD 저감 효과는 백색육 어류에서 크게 나타났다. 알칼리 수리미의 COD는 수세 수리미에 비하여 전갱이와 보구치가 모두 1.3배 개선된 것으로 나타나 산 수리미에 비하여 수질 개선효과가 낮은 것으로 나타났다.

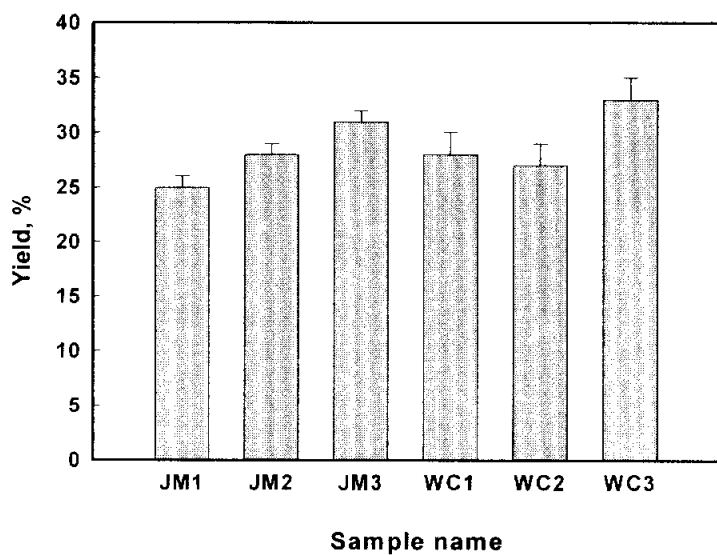


Fig. 9. Protein yield of surimi by conventional, acidic and alkaline processings.
JM and WC means Jack mackerel and White croaker, respectively and 1, 2 and 3 are for conventional, acid and alkali processings, respectively.

Table 5. Solid content, total–nitrogen content and chemical oxygen demand (COD) of waste water from surimi processings

	Jack mackerel			White croaker		
	Conventional	Acid	Alkali	Conventional	Acid	Alkali
Solid (mg/L)	10918 ± 50	24 ± 2	25 ± 7	153 ± 6	22 ± 1	23 ± 1
Total–N (mg/100 mL)	167 ± 14	61 ± 2	100 ± 9	100 ± 3	47 ± 7	68 ± 3
COD (mg/L)	2292 ± 17	1183 ± 20	1776 ± 21	1897 ± 16	960 ± 67	1493 ± 30

2. 겔의 물성 특성

2.1. 산과 알칼리 수리미 가열 겔의 물성과 색

수분 함량 78%의 수세 수리미와 산과 알칼리 수리미의 가열 겔의 파괴강도 값을 비교한 결과, 전갱이는 수세 수리미의 겔 강도가 산과 알칼리 수리미에 비하여 높았으나, 보구치는 알칼리 수리미의 겔 강도가 수세 수리미 겔 강도와 비슷한 수준으로 나타났다(Fig. 10, 11). 한편 산 수리미의 가열 겔 강도는 2가지 어종 모두에서 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 수식에 적당하기 때문인 것으로 생각된다. 이 같은 결과는 산 수리미의 myosin heavy chain과 actin이 수세 혹은 알칼리 수리미에 비하여 많은 분해가 일어난 SDS-PAGE 상의 band를 통해 확인할 수 있었다.

산과 알칼리 수리미 가열 겔의 변형 값은 전갱이는 수세 수리미 가열 겔과 비슷하였으며, 백조기는 산과 알칼리 수리미의 가열 겔이 수세보다는 낮았다(Fig. 10, 11). 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 판단된다. Pacific whiting에서 얻은 산 수리미의 파괴강도와 변형값은 1회 수세한 수리미 보다는 높고 3회 수세한 수리미 보다는 낮다고 하였으며(Choi and Park, 2002), 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(Undeland et al, 2002).

산과 알칼리 수리미 가열 겔의 백색도는 3회 수세하여 제조한 수세 수리미에 비하여 낮았으며, 적색육 어류일수록 백색도에 큰 차이를 보였고 알칼리 수리미 가열 겔의 백색도가 산 수리미 가열 겔에 비하여 같거나 다소 낮았다(Fig. 12). 수세 수리미 가열 겔의 백색도가 산과 알칼리 수리미 가열 겔에 비하여 높은 것은 수세 공정을 통해 다량의 혈색소인 hemoglobin과 육색소인 myoglobin이 제거되어 yellowness가 감소하기 때문이다.

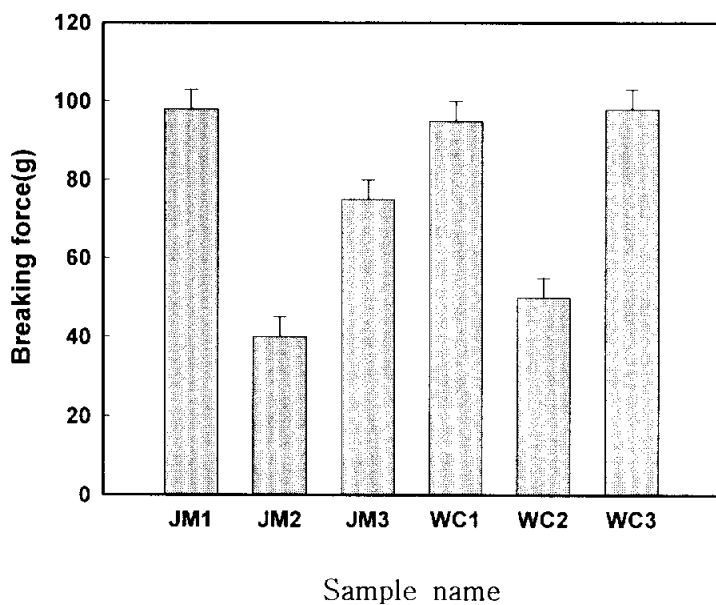


Fig. 10. Breaking force of heating gels from conventional, acidic and alkaline processings by punch test.

JM and WC means jack mackerel and white croaker, respectively, and 1, 2 and 3 are conventional, acid and alkali processings, respectively.

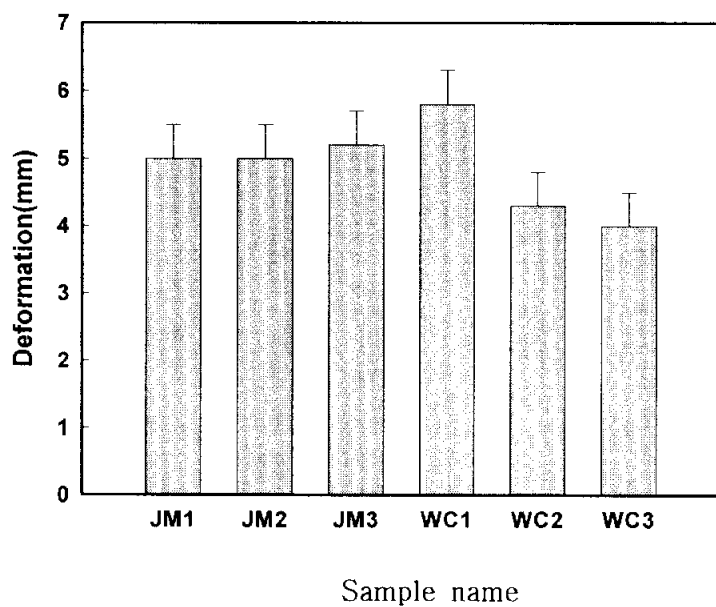


Fig. 11. Deformation of heating gel from conventional, acidic and alkaline processing by punch test.

JM and WC means jack mackerel and white croaker, respectively, and 1, 2 and 3 are conventional, acid and alkali processings, respectively.

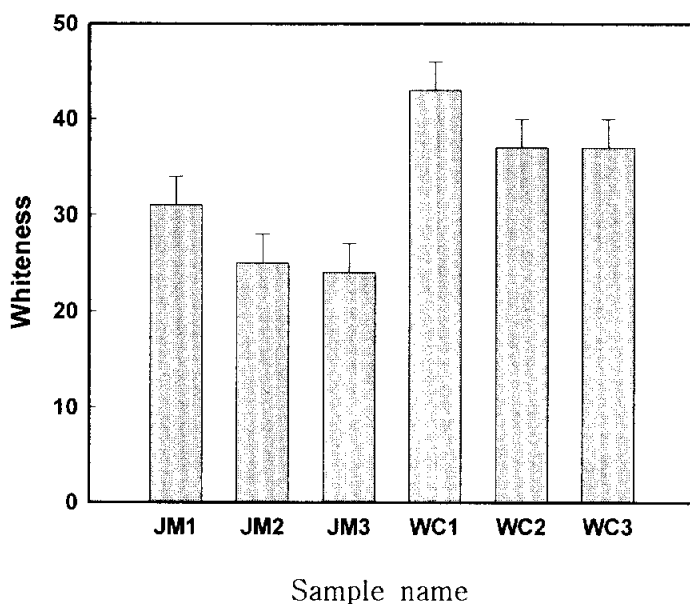


Fig. 12. Whiteness of heating gel from conventional, acidic and alkaline processing.

JM and WC means jack mackerel and white croaker, respectively, and 1, 2 and 3 are conventional, acid and alkali processings, respectively.

2.2. 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. 13). 파괴강도와 변형 값은 근형질 단백질을 첨가했을 때 증가하였으나, 파괴강도 값은 1% 첨가시 증가한 후 1-7%의 첨가 시에는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 9%를 첨가했을 때 1-7%에 비하여 다소 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그리고 변형값 역시 1% 첨가시 증가한 후 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(Shimizu and Nishioka, 1974; Okada, 1964; Mashimoto et al., 1985) 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(Morioka et al., 1992), 근형질 단백질이 근원섬유의 겔 형성능을 방해하지 않으며, 근형질 단백질을 구성하는 단백질의 종류에 따라 형성된 겔의 특성이 다르다고 하여(Morioka and Shimizu, 1990) 근형질 단백질이 어육의 가열 겔에 미치는 영향에 대하여 일치된 견해를 보이지 않고 있다.

백색도는 첨가한 근형질 단백질의 함량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타나(Fig. 14), hemoglobin과 myoglobin에 의한 yellowness의 증가에 따른 백색도의 감소를 뚜렷이 반영하였다.

2.3. 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 수리미 양과 수분의 양은 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

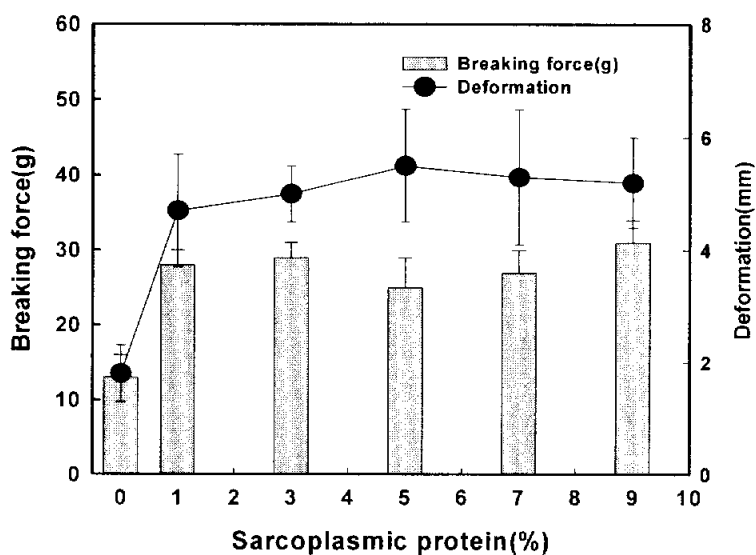


Fig. 13. Effect of sarcoplasmic protein on breaking force and deformation of heating gel from White croaker by alkaline processing.

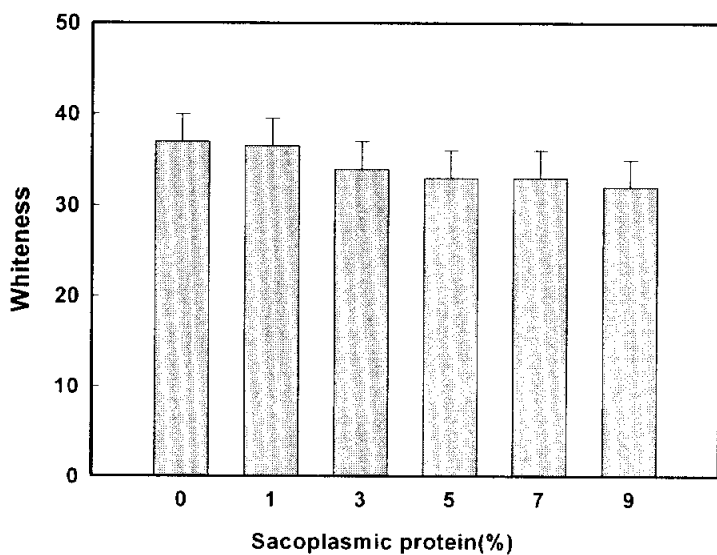


Fig. 14. Effect of sarcoplasmic protein on whiteness of heating gel from White croaker by alkaline processing.

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. 15, 16). 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(Niwa, 1992), 염의 첨가량이 1 M일 때까지 겔 강도는 증가하고 그 이상일 경우는 오히려 감소한다고 하였다(Shimizu and Simidu, 1995). 그리고 Pacific whiting 수세 수리미는 2.5%의 NaCl을 첨가했을 때 가장 높은 겔 강도를 보인다고 보고하였다(Chung et al., 1993). 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(Damodaran, 1996), 염의 첨가는 Pacific whiting으로 제조한 산과 알칼리 수리미의 파괴강도 값을 저하시킨다고 하였다(Kim et al., 2002). 그러나 산과 알칼리 수리미의 가열 겔 형성 기구는 장차 분자 내 혹은 분자간의 결합과 관련하여 충분히 검토되어야 할 것이다. 가열 겔의 백색도는 NaCl의 첨가량의 증가와 더불어 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 17).

2.4. SDS-PAGE 전기영동 상

산 수리미의 myosin heavy chain(MHC)와 actin은 수세 및 알칼리 수리미에 비하여 크게 분해되었으나, 저분자에 해당하는 myosin light chain에서는 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 18). 그러나 수세와 알칼리 수리미 사이에서는 MHC와 actin에 해당하는 band에 큰 차이를 보이지 않았다. MHC

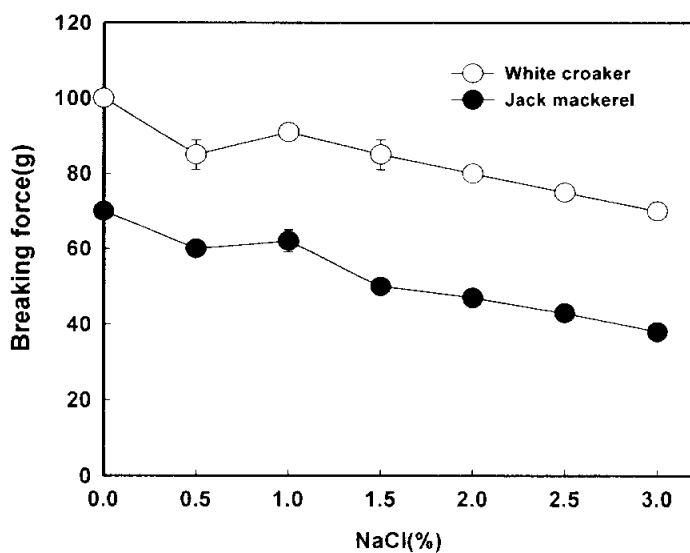


Fig. 15. Effect of NaCl concentration on breaking force of heating gel from alkaline surimi of White croaker and Jack mackerel.

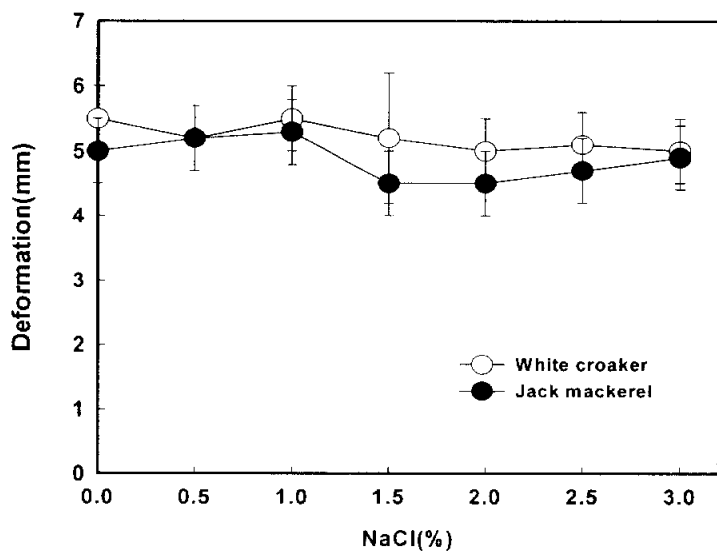


Fig. 16. Effect of NaCl concentration on deformation of heating gel from alkaline surimi of White croaker and Jack mackerel.

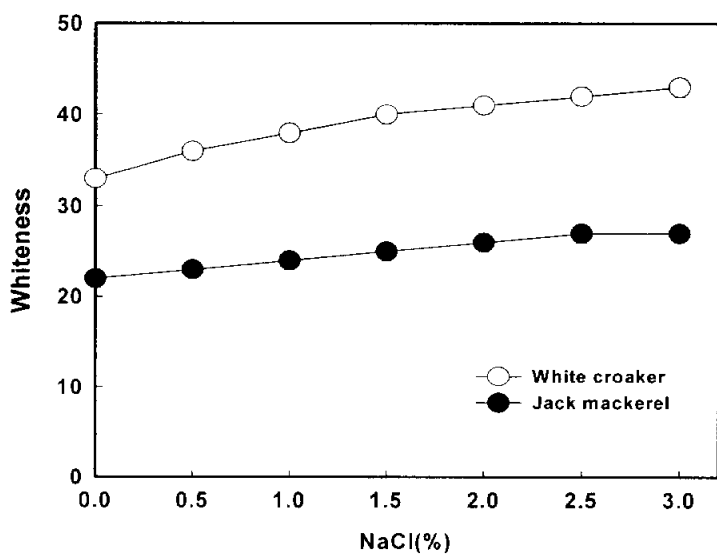


Fig. 17. Effect of NaCl concentration on whiteness of heating gel from alkaline surimi of White croaker and Jack mackerel.

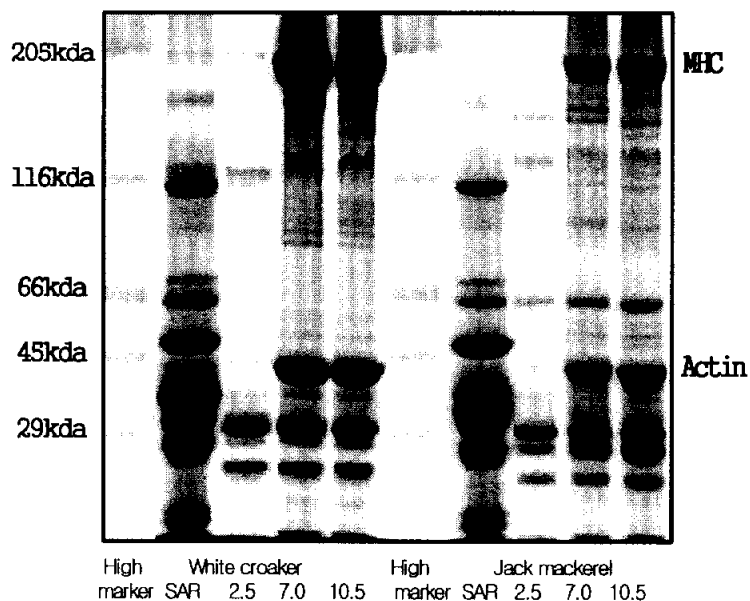


Fig. 18. SDS-PAGE patterns of surimi from sarcoplasmic protein(SAR), conventional(pH 7.0), acidic(pH 2.5) and alkaline(pH 10.5) processings of White croaker and Jack mackerel.

와 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. 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(Choi and Park, 2002). 그리고 빙장 한 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(Undeland et al., 2002). 본 실험의 결과 이들의 보고에 비하여 산 수리미의 MHC와 actin의 급속한 분해는 극단적인 pH에서 다음 공정까지의 처리 시간의 지연에 따른 영향으로 판단된다. 이 같은 결과는 극단적인 pH에서 근육 단백질을 처리 시간의 단축은 MHC와 actin의 분해를 최소화함으로써 가열 겔의 파괴강도와 변형 값의 증가에 기여함을 의미한다.

2.5. 겔의 미세구조

투과전자현미경으로 백조기와 전갱이의 수세 수리미, 알칼리 수리미와 최적 조건으로 전분과 비근육 단백질을 첨가한 알칼리 수리미 겔의 구조를 관측한 결과(Fig. 19, 20), 최적 혼합 수리미 겔의 조직이 가장 치밀한 것으로 나타났으며 3차원 망상 구조의 형성을 관측할 수 있었다. 그리고 알칼리 수리미 겔은 비교적 고른 단백질의 분포를, 수세 수리미는 검은색으로 보이는 많은 수의 단백질의 덩어리가 관측되었다. 수세 수리미에서 많은 수의 단백질 덩어리가 관측되는 것은 원료로 동결 백조기를 사용했기 때문에 첨가한 소금에 녹지 않는 동결 변성 단백질의 양이 많았기 때문이며, 알칼리 수리미에서 이들 단백질 덩어리가 발견되지 않은 것은 극단적인 알칼리 처리에 의해 이들 단백질이 거의 용해했기 때문인 것으로 판단되었다. 조직이 강한 어

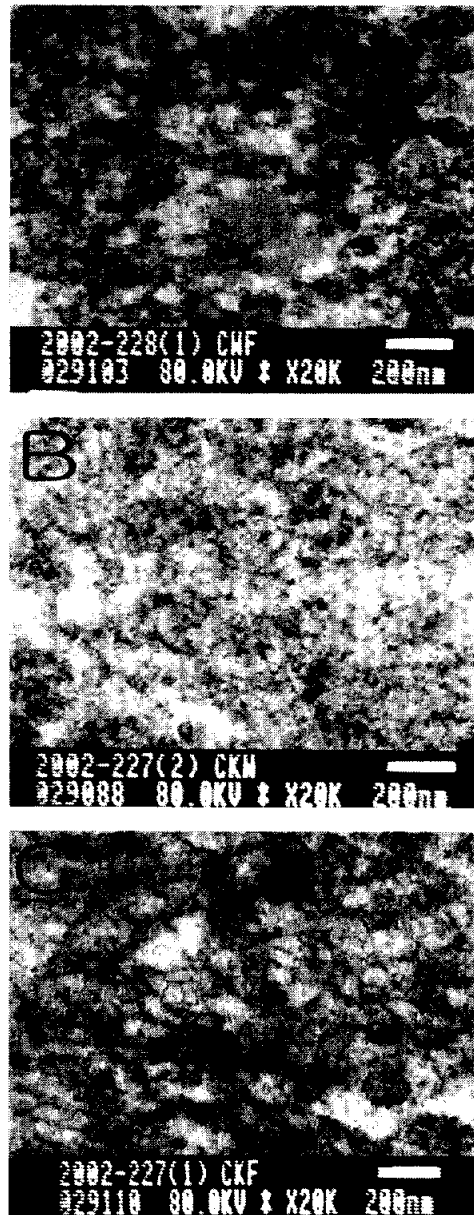


Fig. 19. Electron micrographs of conventional(A), alkaline(B) and optimum formulated surimi gel(C) from frozen White croaker.

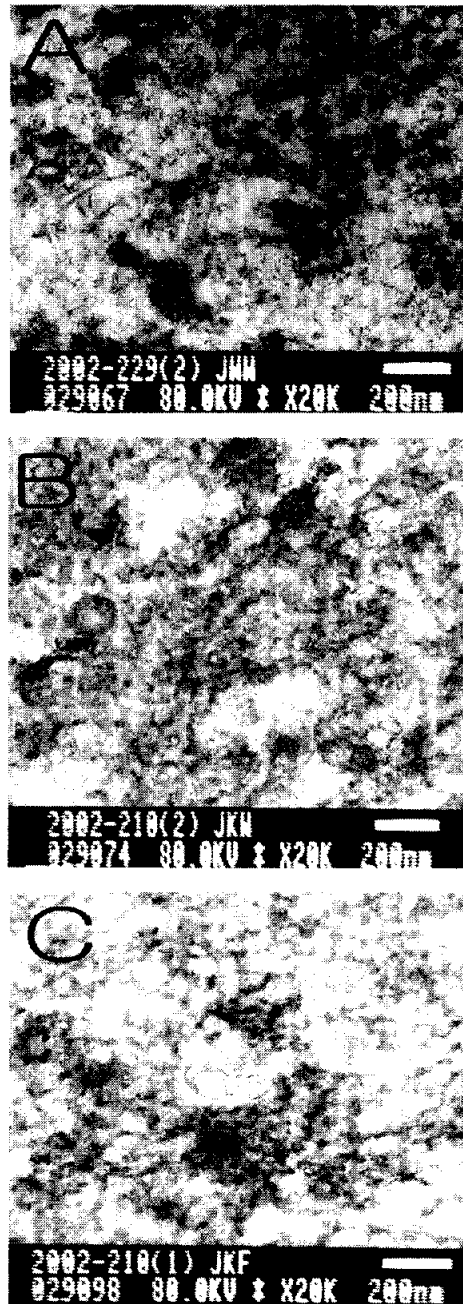


Fig. 20. Electron micrographs of conventional(A), alkali(B) and optimum formulated surimi gel(C) from Jack mackerel.

묵은 단백질이 균일하게 분산되어 있고, 동결어의 수세 수리미 겔은 많은 수의 용해되지 않은 단백질 덩어리가 존재하며 단백질의 균일한 분산은 겔 강도를 강화시키고, 단백질 덩어리는 겔 강도를 저하시킨다(Sato and Tsuchiya, 1992). 본 실험의 결과 알칼리 수리미의 겔 강도가 수세 수리미에 비하여 다소 높은 것은 단백질의 균일한 분산에 의한 것으로 판단되며, 최적화 한 알칼리 수리미 겔의 높은 파괴강도와 변형 값은 첨가한 혈청 단백질이 망상 구조 형성에 기여했기 때문으로 판단된다.

3. 첨가물의 영향

3.1. 겔 물성과 색에 미치는 전분의 영향

Table 2, 3에 따라 각각 백조기와 전갱이의 알칼리 수리미와 전분을 8가지 형태로 배합하고 가열 겔을 조제한 후 반응 값으로 파괴 강도, 변형 값 및 백색도를 측정하여 전분 종류가 물성에 미치는 영향을 조사한 결과(Fig. 21, 22), 사용한 전분 모두 첨가량이 증가함에 따라 백조기와 전갱이의 파괴 강도와 변형 값은 감소하였다. 밀전분만이 전갱이의 백색도를 감소시켰고, 다른 구간에서는 전분은 백색도를 증가시켰다. 이 같은 결과는 전분의 함량이 증가할수록 수리미의 함량은 상대적으로 줄었기 때문으로 생각된다. 사용한 전분 중 백조기에서는 감자전분이 옥수수 및 밀 전분에 비하여 파괴강도와 변형 값의 감소 정도가 비교적 적은 것으로 나타났고, 백조기와 전갱이 연육에서 전분의 첨가가 파괴강도와 변형값을 저하시키는 점에서는 일치하였으나, 전분의 종류에 따른 파괴강도와 변형 값의 감소 정도에는 다소 차이를 보였다. 이 같은 결과에 미루어 전분이 백색육 어류와 적색육 어류의 수리미 겔에 미치는 영향은 다소 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 전분의 첨가량이 증가함에 따라 전체 겔의 성분 중 수리미의 함량이 상대적으로 감소한 것에 비추어 겔의 파괴강도는 전분보다는 수리미의 함량에 의존하는 것으로 보인다.

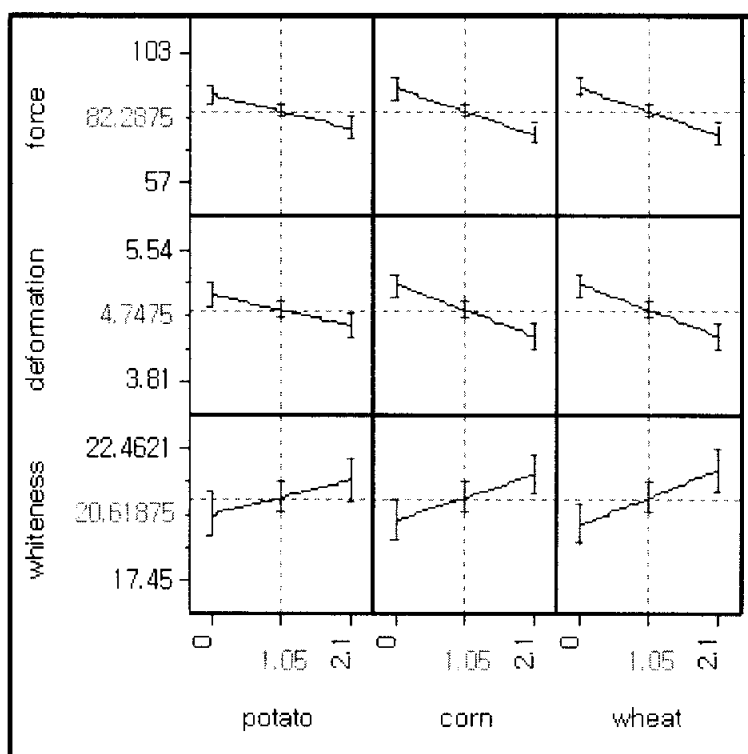


Fig. 21. Prediction profiles of starch on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from frozen White croaker.

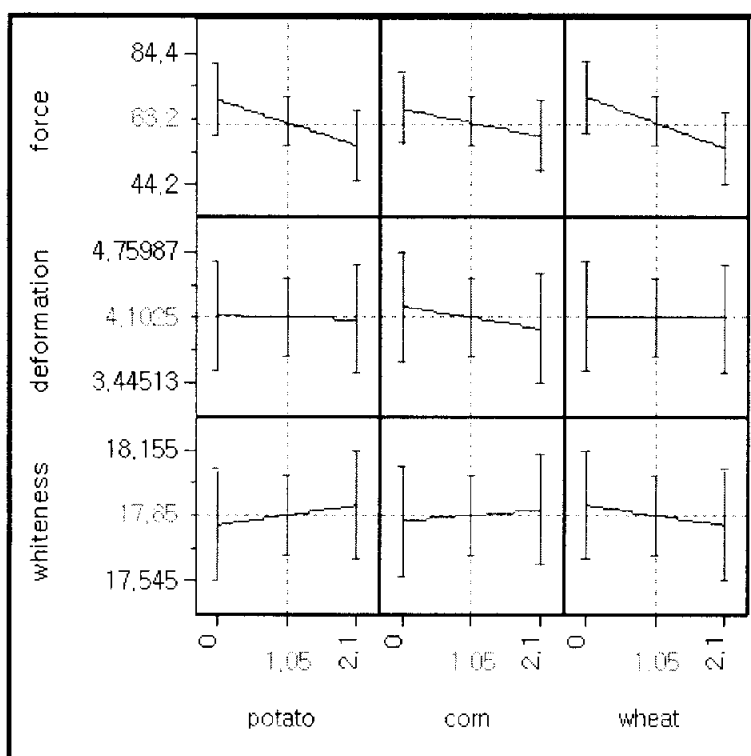


Fig. 22. Prediction profiles of starch on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.

Gelling 및 nongelling coingredient의 공간 분배에 따라 5가지의 모델을 제시하였으며, 전분을 첨가한 수리미 겔은 전분이 액체의 분산된 입자로 2차적인 겔 망상으로 존재하여 근원섬유 단백질이 구성하는 gel 망상과는 관계가 없는 것으로 추정하였다(Ziegler and Foegeding, 1991). 이 같은 결과는 전분의 농도가 증가함에 따라 명태 수리미 가열 겔의 강도는 감소하고 RA 급에 비하여 A급에서 전분 종류가 겔 강도에 미치는 영향은 크며 감자와 수식 옥수수 전분이 겔 강도에 미치는 영향이 밀, waxy maize 및 옥수수 전분에 비하여 적다는 Choi 등의 보고(Choi et al., 1999)와 거의 일치하였다. 수리미 식품에서 전분은 수리미 함량 감소에 따른 겔 강도를 유지하거나 냉장 혹은 동결 제품의 저장 안정성을 확보하기 위해 사용한다(Park, 2000).

3가지 전분 중 겔 강도 감소 정도가 가장 적은 감자 전분을 0~9%까지 백조기 수리미에 첨가하여 제조한 가열 겔의 파괴강도와 변형 값의 변화를 측정한 결과(Fig. 23), 파괴강도 값은 전분의 농도 증가와 더불어 감소하였고, 변형 값은 1% 첨가 구에서 가장 높았지만 농도에 따른 큰 차이는 보이지 않았다 ($p < 0.05$).

감자, 옥수수 및 밀 전분 중에서 파괴강도 감소에 미치는 영향이 가장 적은 옥수수 전분을 1~9%까지 수리미에 첨가하여 제조한 전갱이 가열 겔의 파괴강도와 변형 값의 변화를 측정하였다(Fig. 24). 전분의 첨가는 파괴강도를 감소시켰으며 3~9%의 범위에서는 파괴강도 값에 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 변형 값은 1% 첨가시 다소 상승하였으나, 이후 감소하여 첨가 농도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$).

감자와 옥수수 전분의 첨가는 백조기와 전갱이 연육 겔의 백색도를 다소 개선하는 것으로 나타났다(Fig. 25, 26). 전분을 첨가한 겔의 색은 전분 농도와 전분 특성에 따라 다르지만, 전분입자가 완전히 팽윤된 겔은 전분 농도가 증가함에 따라 명도와 황색도는 다소 감소하기 때문에 백색도에는 거의 영향을 미치지 않는다고 한 Choi 등의 보고(Park, 2000)와 본 실험의 결과는 다소 차이를 보였다. 전분의 첨가 농도가 증가할수록 황색도가 감소하는 것이 미루어 알칼리 처리에 의해 제조한 수리미는 잔존하는 myoglobin과 hemoglobin 때문에 높은 황색도를 가지며 첨가한 전분이 이 같은 황색도를

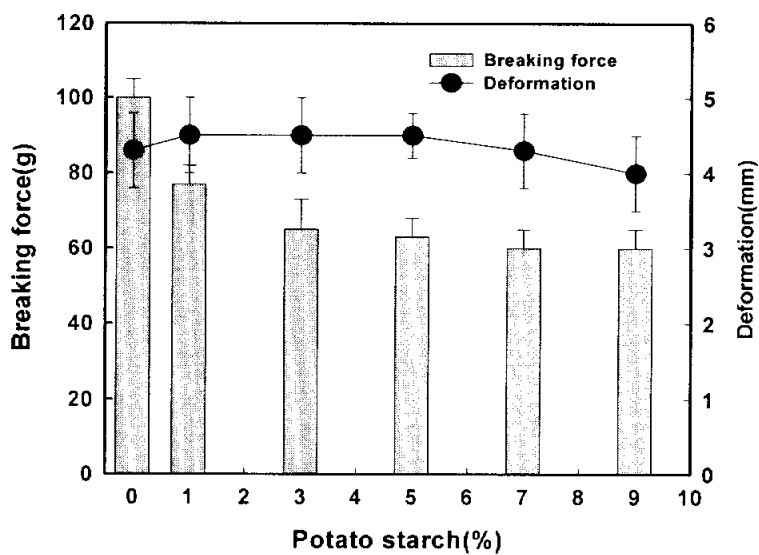


Fig. 23. Effect of potato starch on breaking force and deformation of alkaline surimi gel from frozen White croaker.

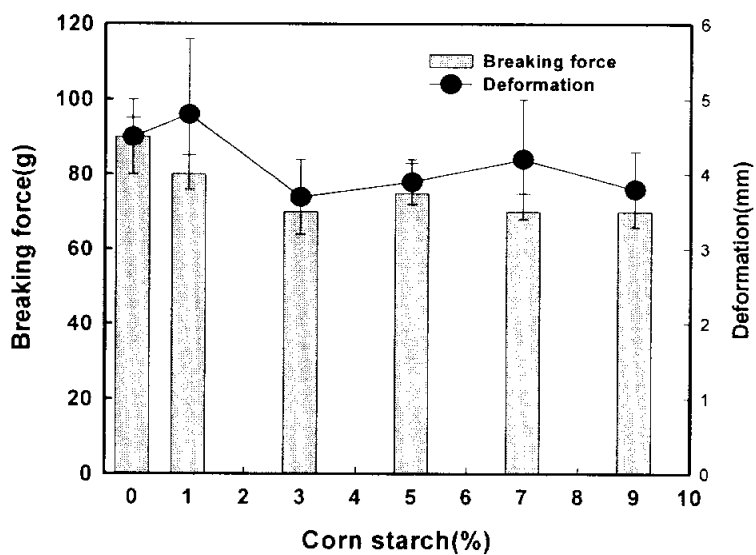


Fig. 24. Effect of corn starch on breaking force and deformation of alkaline surimi gel from Jack mackerel.

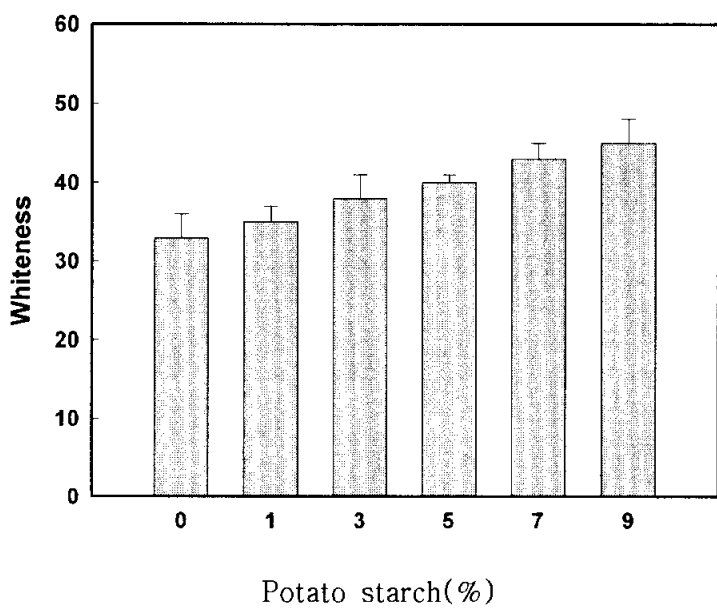


Fig. 25. Effect of potato starch on whiteness of alkaline surimi gel from frozen White croaker.

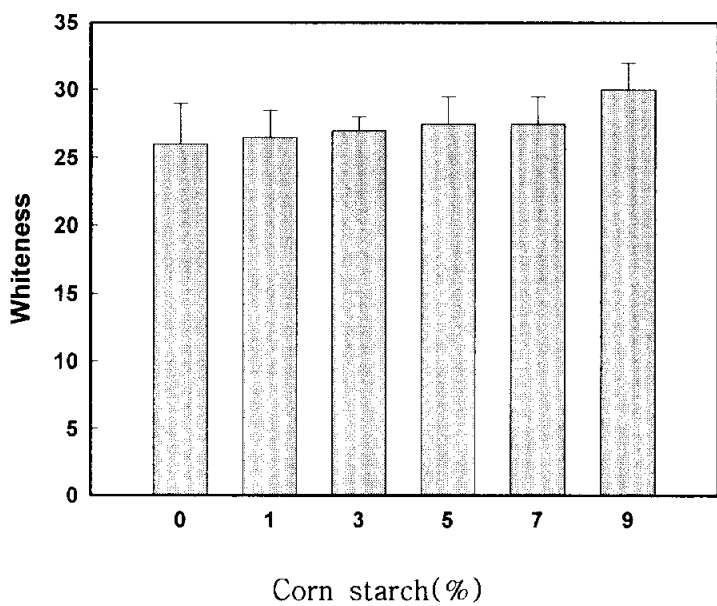


Fig. 26. Effect of corn starch on whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.

완화시키기 때문인 것으로 판단하였다.

전분 농도가 증가함에 따라 전단 응력 값은 감소하나 전분 농도 12% 첨가 시까지 전단 변형은 거의 변하지 않는다고 보고하여(Park, 1995) 본 실험의 변형 결과와 유사하였다. Choi 등(1999)은 전분의 형태와 함량은 수리미 겔의 조직과 색에 큰 영향을 미치며, 8% 이상의 첨가는 겔 강도를 감소시킨다고 하였다. 본 연구에서 전분의 첨가는 겔의 백색도를 개선하는 것으로 나타났다.

3.2. 겔 물성과 색에 미치는 비근육 단백질의 영향

Table 4,5에 따라 전갱이와 백조기를 유장단백질, 대두 농축단백질, 분말 난백 단백질과 소 혈청 단백질과 16가지 형태로 조합하여 비근육 단백질이 가열 겔의 물성과 색에 미치는 영향을 조사한 결과(Figs. 27, 28), 백조기는 소혈청 단백질, 분말 난백, 유장 단백질, 대두 단백질의 순으로 파괴강도를 증가시켰으며, 변형 값은 소혈청 단백질이 크게 개선하였으나 나머지 단백질은 오히려 감소시키거나 개선 효과를 보이지 않았다($p < 0.05$). 그리고 백색도는 대두 단백질이 가장 크게 개선하였고 나머지 단백질들도 다소 백색도를 개선하였다. 이 같은 결과에 근거하여 소혈청 단백질을 농도별로 첨가하여 가열 겔의 물성과 색에 미치는 영향을 조사한 결과(Fig. 29, 30), 소혈청 단백질의 농도가 증가함에 따라 파괴강도 값은 증가하였으며, 변형 값은 3% 첨가 시까지 증가하였으나, 그 이상의 농도에서는 유의적 증가를 보이지 않았다($p < 0.05$). 소혈청 단백질의 첨가는 단백질 자체의 황색도 때문에 가열 겔의 백색도를 감소시키는 것으로 보고되어 있지만(Park, 1994), 본 실험의 결과에서 백색도를 증가시키는 것으로 나타난 것(Figs. 31, 32)은 수리미 자체의 황색도가 소혈청 단백질의 황색도에 비하여 높기 때문에 첨가한 비근육 단백질에 의한 수리미 황색도의 감소 효과에 기인한 것으로 판단된다.

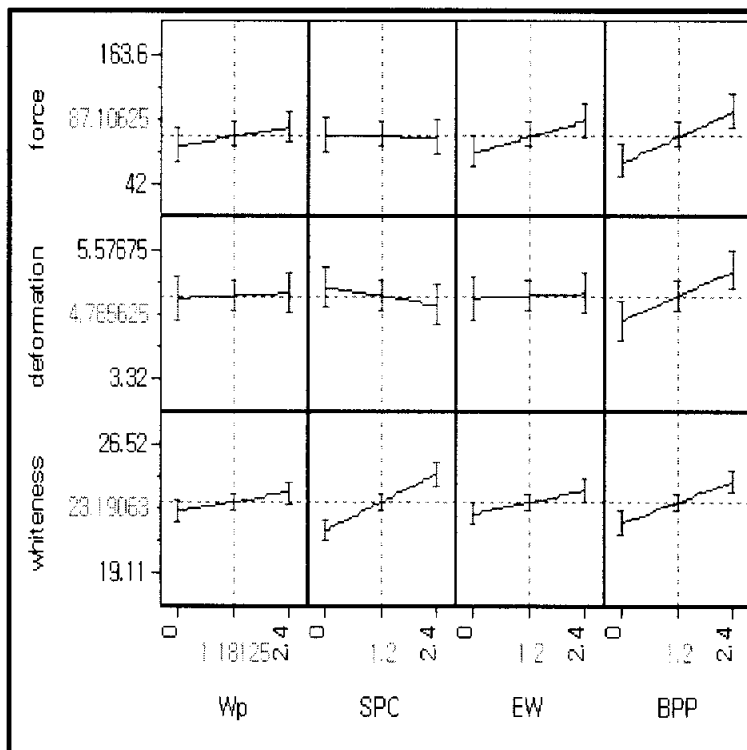


Fig. 27 Prediction profiles of non-muscle protein on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from frozen White croaker. WP, SPC, EW and BPP means whey protein, soy protein concentrate, dried egg white and bovine plasma protein, respectively.

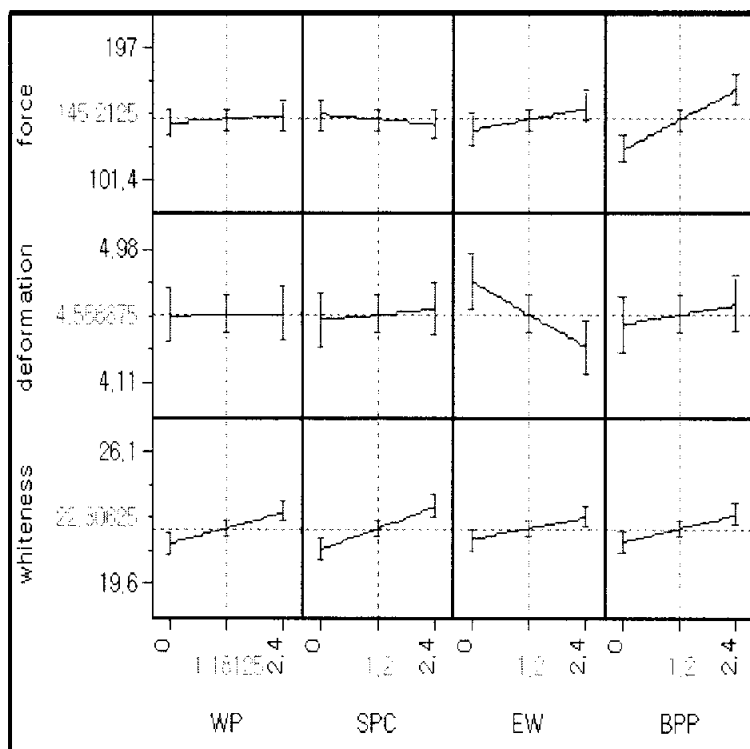


Fig. 28. Prediction profiles of non-muscle protein on breaking force, deformation and whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel. WP, SPC, EW and BPP means whey protein, soy protein concentrate, dried egg white and bovine plasma protein, respectively.

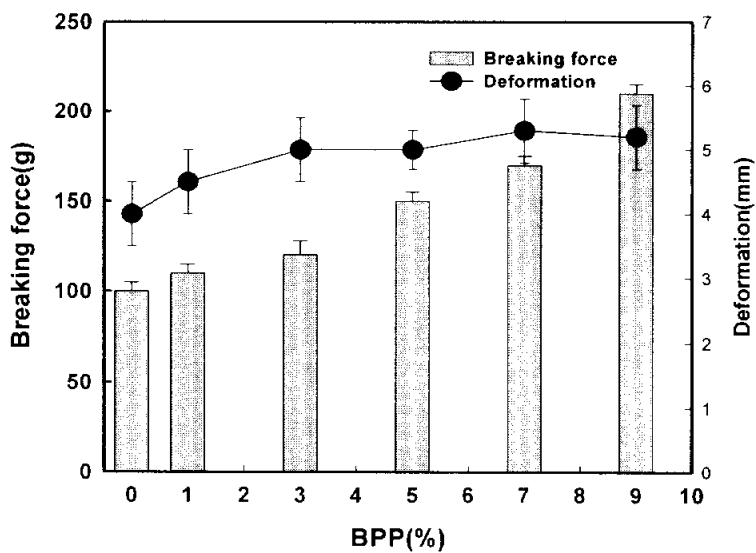


Fig. 29. Effect of bovine plasma protein(BPP) on breaking force and deformation of alkaline surimi gel from frozen White croaker.

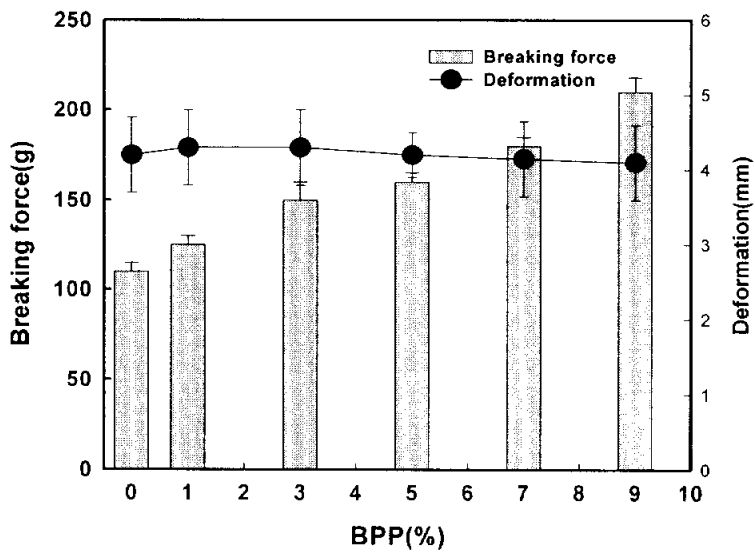


Fig. 30. Effect of bovine plasma protein(BPP) on breaking force and deformation of alkaline surimi gel from Jack mackerel.

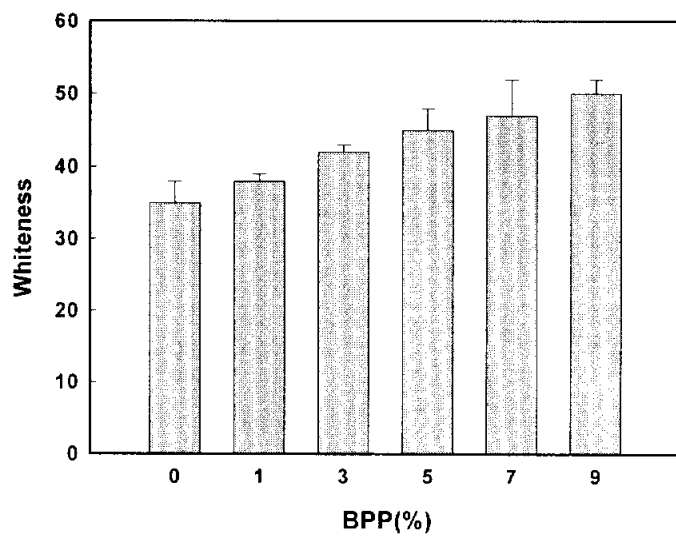


Fig. 31. Effect of bovine plasma protein(BPP) on whiteness of alkaline surimi gel from frozen White croaker.

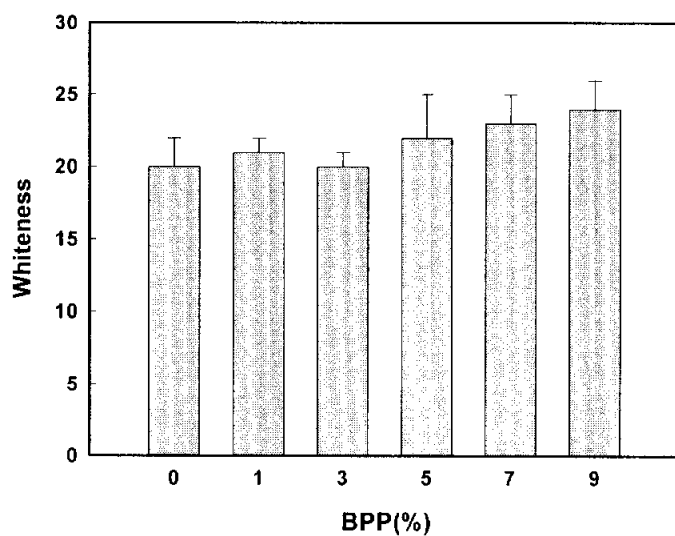


Fig. 32. Effect of bovine plasma protein(BPP) on whiteness of alkaline surimi gel from Jack mackerel.

전갱이 역시 파괴강도 값은 소혈청 단백질이 현저히 증가시키는 것으로 나타났으며, 분말 난백 단백질은 다소 증가시켰으나, 유장단백질과 대두 농축 단백질은 거의 영향을 미치지 않았다. 소혈청 단백질은 변형 값을 다소 증가시킨 반면 분말 난백 단백질은 현저히 감소시켰고 유장단백질과 대두 농축 단백질은 거의 영향을 미치지 않았다. 그리고 첨가한 비근육 단백질 모두 백색도를 개선하는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 백조기 알칼리 수리미 겔에 첨가한 소 혈청 단백질이 파괴강도를 현저히 증가시키고 변형값은 다소 증가시킨다는 보고(Park et al, 2003)와 일치하지만 난백 단백질이 변형값을 현저히 감소시킨다는 점에서는 일치하지 않는다. 소 혈청 단백질은 겔 망상에 스며드는 모델로서 이들 단백질이 겔 망상의 형성에 참여함으로써 전단응력을 현저히 증가시키고 전단 변형은 다소 증가시킨다고 하였다(Ziegler and Foegeding, 1991). 난백 단백질이 변형 값을 현저히 감소시키는 반면 소혈청 단백질이 변형 값을 다소 증가시키는 것은 소혈청 단백질이 겔의 망상구조 형성에 기여했기 때문으로 판단된다. 소 혈청 단백질 희분 중 α 2-macroglobulin이 풍부한 혈청 희분과 transglutaminase가 풍부한 희분은 단백질의 가교 연결 활성을 가지며 Pacific whiting 수리미의 겔 강도 강화에 기여한다고 하였으며(Seymour et al, 1997), 북양명태 수리미의 겔에 미치는 소 혈청의 강화 효과는 비공유 결합을 통한 근원섬유 단백질과 혈청 단백질 사이의 상호작용의 강화에 기인한다고 한다(Yasunaga et al., 1997).

3.3. 수리미, 전분 및 비근육 단백질의 최적화

전분과 비근육 단백질의 선별 실험을 통해 백조기 알칼리 수리미 가열 겔의 물성 강화에 효과가 있는 것으로 인정된 감자 전분, 소혈청 단백질을 인자로 설정하고 혼합 설계법으로 첨가 비율의 최적화를 시도하였으며, 전분과 소혈청 단백질의 최대 첨가 비율은 각각 10% 이하로 제한하였다.

파괴강도 값을 100g 이상, 변형 값을 4.6mm 이상, 백색도를 25.5 이상으로 설정했을 때 수리미, 감자전분, 소혈청 단백질의 최적 첨가량은 각각 89.4~90.0%, 4.5~5.2% 및 5.3~5.8%였다(Fig. 33). 이 같은 결과는 수리미의 수분 함량이 78%인 점을 고려한다면 실질적인 수리미 단백질의 함량은 19.8~21.6%에 해당함을 의미한다. 본 실험의 결과는 표면 반응 분석법으로 추정된 전분과 난백을 첨가하여 제조한 수분 함량 78%인 명태 수리미 겔의 가장 높은 강도를 보여주는 혼합 비율은 3.5%의 전분과 5%의 난백이라고 보고(Chen et al., 1993)한 것과 다소 차이를 보이고 있다.

선별 실험을 통해 전갱이 알칼리 수리미 가열 겔의 물성 강화에 효과가 있는 것으로 인정된 옥수수 전분과 소혈청 단백질을 인자로 설정하고 혼합 설계법으로 첨가 비율의 최적화를 시도하였다. 이때 옥수수 전분과 소혈청 단백질의 최대 첨가 비율은 각각 10%로 제한하였다(Table 5). 파괴강도 값을 110g 이상, 변형 값을 4.2mm 이상, 백색도를 22.5 이상으로 설정했을 때 수리미, 감자전분, 소혈청 단백질의 최적 첨가량은 각각 89.5~90.0%, 4.6~6.0% 및 4.3~5.4%로서(Fig. 34), 백조기 알칼리 수리미 겔에 비하여(Park et al., 2003) 전분의 첨가 범위는 다소 넓었으며 소 혈청 단백질은 약 1% 감소하였다. 이 같은 결과는 수리미의 수분 함량 78%인 점을 고려한다면 실질적인 수리미 단백질의 함량은 19.8~21.6%에 해당함을 의미한다. 본 실험의 결과는 표면 반응 분석법으로 추정된 전분과 난백을 첨가하여 제조한 수분 함량 78%인 명태 수리미 겔의 가장 높은 강도를 보여주는 혼합 비율은 3.5%의 전분과 5%의 난백이라고 보고(Okada, 1964)한 것과 다소 차이를 보이고 있으며, 이러한 차이들은 첨가한 전분 및 비근육 단백질의 종류에 따른 차이로 판단된다.

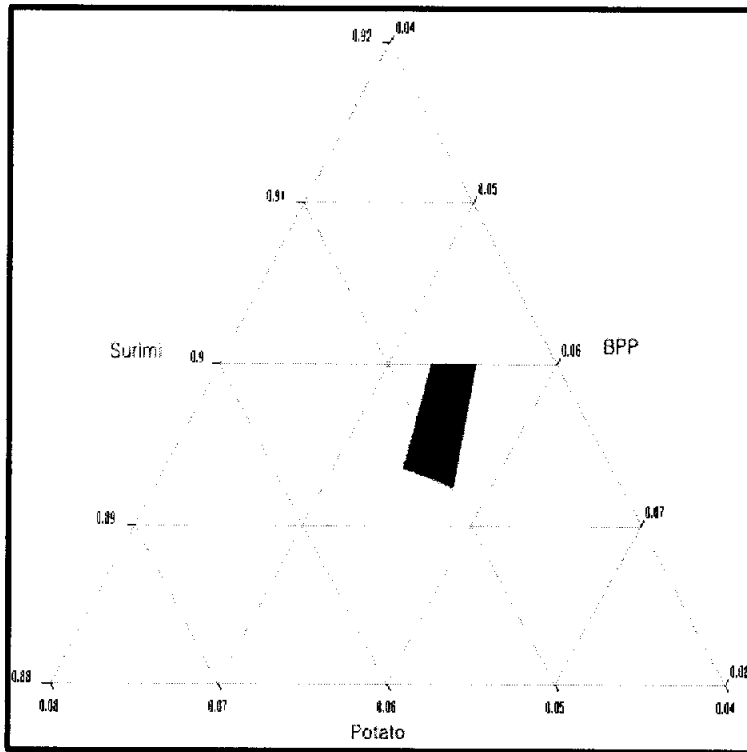


Fig. 33. Ternary plot of ingredient ratios for optimum formulation of alkaline surimi gel from frozen White croaker.

BPP means bovine plasma protein. The breaking force, deformation and whiteness were set to 110 g, 4.2 mm and 22.5, respectively.

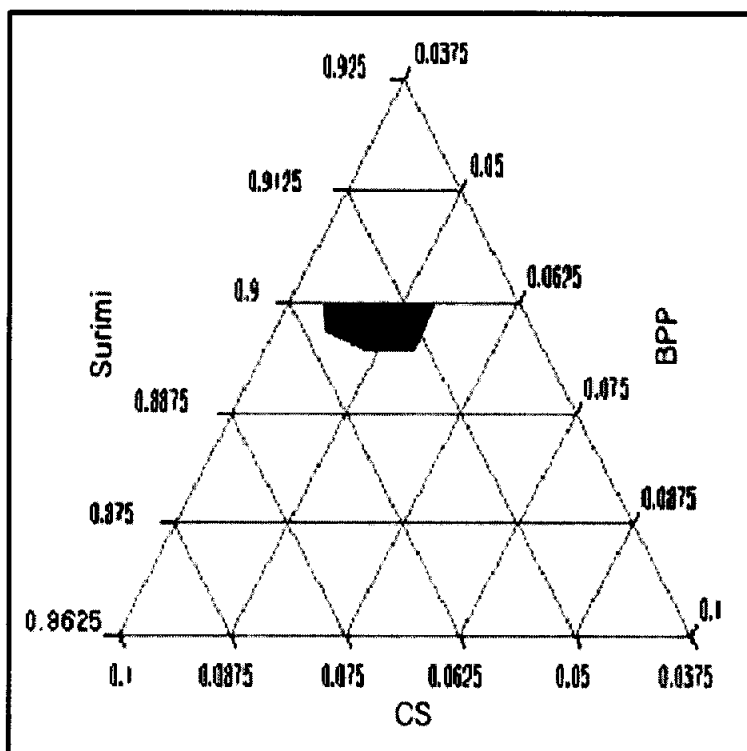


Fig. 34. Ternary plot of ingredient ratios for optimum formulation of alkaline surimi gel from Jack mackerel.

BPP means bovine plasma protein. The breaking force, deformation and whiteness were set to 110 g, 4.2 mm and 22.5, respectively.

4. 동결안전성과 겔의 특성

4.1. 알칼리 처리 수리미의 동결안정성

보구치 및 전갱이의 알칼리 수세연육의 저장 120일까지의 미생물학적 변화는 거의 없었으며, 미생물을 급속히 냉각하면 동결점 이상의 온도에서는 일부는 사멸하게 되는데, 이 현상을 저온장해라고 부른다. 최대빙결정생성대에서는 빙결정의 생성에 따라 세포막이 손상을 받으므로 사멸균이 생기며, 이 온도대에서의 사멸률은 -20°C 보다 현저하게 나타나며 구조적 및 대사적 손상을 동시에 받기 때문이다. 또한 사멸의 정도는 균의 종류에 따라 다르며, 저온 부패세균이 동결에 대한 내성이 약하다.

적색육과 백색육 어종 모두 -20°C 동결저장 중에 미생물의 변화는 약간 감소하였으며, 이는 구조적 손상에 의한 것으로 판단된다(Fig. 35). 전체적으로 10^5 정도의 균수를 보였으며, 연육은 연제품의 원료로 사용되고, 연제품 제조과정중 자숙, 가열, 튀김등의 공정을 거치게 되므로 연육이 가지는 생균수의 양은 실제 제품에 응용하는데 문제가 없는 것으로 판단하였다.

동결품은 저장중 물리적, 화학적, 효소적 영향에 의하여 갈변이 일어나게 되는데, 저장 90일까지 백색도는 두 어종 모두 차이를 보이지 않았으며, 보구치의 백색도가 메가리에 비하여 높은 것은 백색육과 적색육 어종에 기인한 것으로 판단된다(Fig. 36).

저장 60일까지 보구치와 전갱이의 겔 형성능 감소는 파괴강도와 변형값 모두 관찰되지 않았으며, 60일 간의 저장은 생산과 운송등의 기간을 고려시 충분한 기간으로 판단된다(Figs. 37, 38).

4.2. 알칼리 처리 수리미의 관능검사

다양한 연육의 관능평가를 위한 full-formulation을 Table 6과 같이 행하였으며, Table 7과 8은 각각 품질을 결정하는 항목들의 결과 값과 5점 평가방법에 의한 관능검사 결과를 나타내었다.

파괴강도는 가염 명태연육 RA등급이 106g으로 가장 높았으나, 백색도는 알

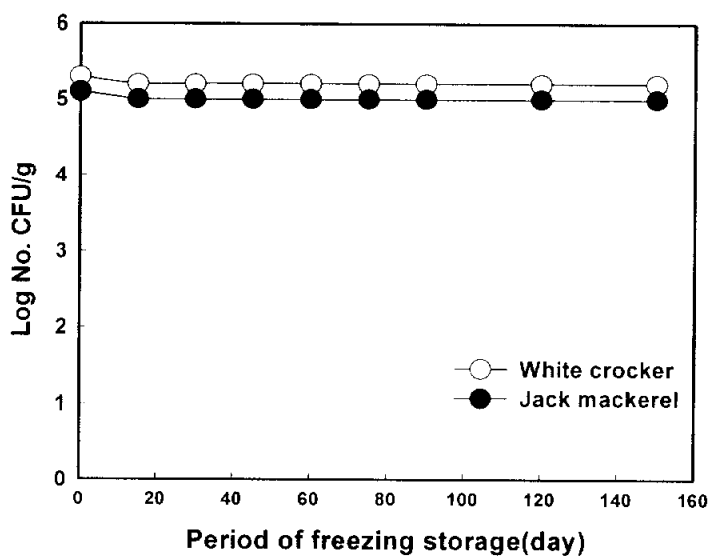


Fig. 35. Total colonies of alkaline surimi from White crocker and Jack mackerel during frozen storage at -18°C .

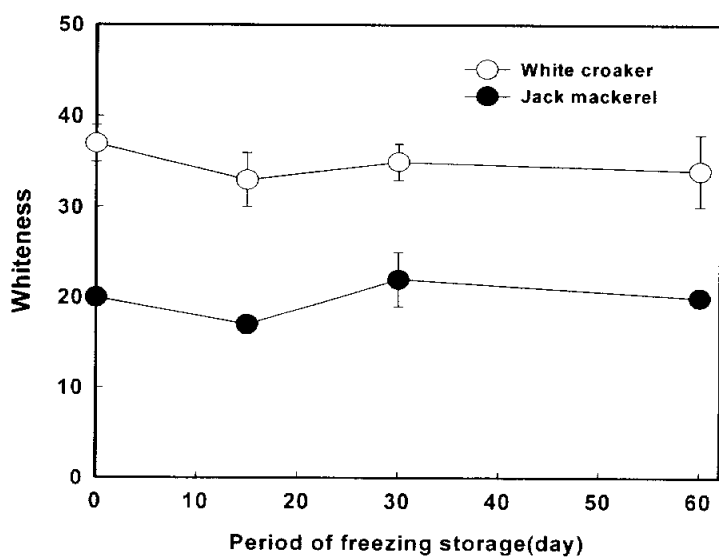


Fig. 36. Whiteness of alkaline surimi from White croaker and Jack mackerel during frozen storage at -18°C .

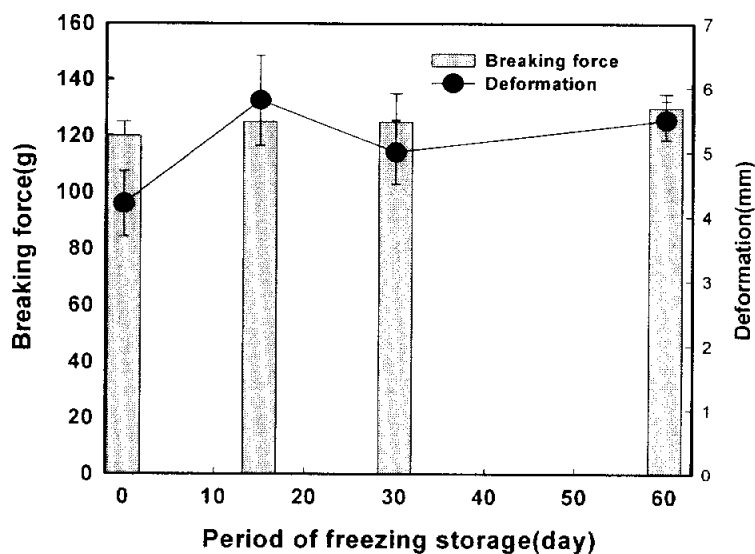


Fig. 37. Breaking force and deformation of alkaline surimi from White croaker during frozen storage at -18°C .

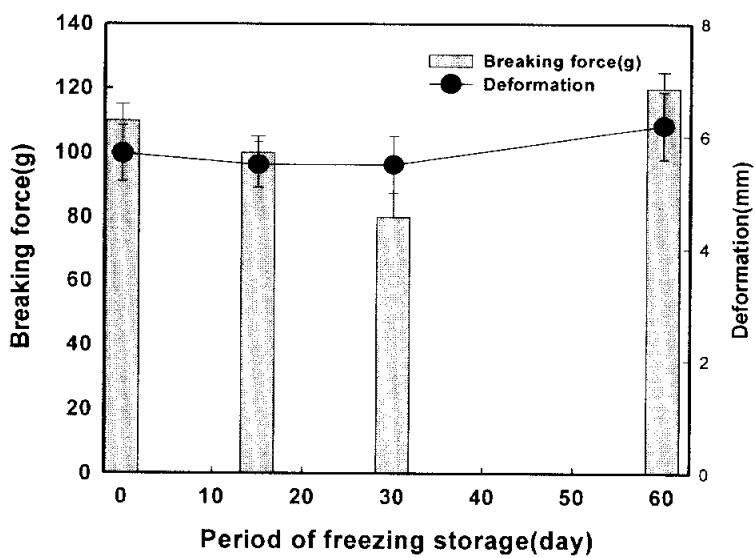


Fig. 38. Breaking force and deformation of alkaline surimi from Jack mackerel during frozen storage at -18°C .

Table 6. Full-formulation of surimi processings for sensory evaluation

	(Unit : %)					
	Pollock surimi (RA grade) ¹⁾		White crocker		Jack mackerel	
Surimi	84.1	84.1	84.1	84.1	84.1	84.1
BPP ²⁾	5	5	5	5	5	5
Corn starch	6	6	6	6	6	6
salt	1.71	0	1.71	0	1.71	0
Glucose	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Sugar	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
MSG ²⁾	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Soy oil	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
Water	Adjust to 75% of total					

¹⁾ RA, pollock surimi(RA grade);

²⁾ BPP and MSG mean bovine plasma protein and mono sodium glutamate, respectively.

Table 7. Quality evaluation of various surimi on fish species and the amounts of salt.

	Salt(%)	Whiteness (L-3b)	Breaking force (g)	Deformation(mm)
PS ¹⁾	1.6	42.3 $\pm$ 0.3	106 $\pm$ 4	4.4 $\pm$ 0.1
	0	41.5 $\pm$ 0.5	88 $\pm$ 3	3.8 $\pm$ 0.3
WC ¹⁾	1.6	48.1 $\pm$ 0.9	77 $\pm$ 5	4.4 $\pm$ 0.4
	0	45.5 $\pm$ 0.4	84 $\pm$ 6	4.2 $\pm$ 0.4
JM ¹⁾	1.6	22.7 $\pm$ 1.3	62 $\pm$ 2	3.7 $\pm$ 0.1
	0	19.6 $\pm$ 0.9	69 $\pm$ 3	3.7 $\pm$ 0.2

¹⁾ The used PS was pollock surimi(RA grade), and WC and JM means White crocker and Jack mackerel, respectively.

Table 8. Sensory test of various surimi on fish species and the amounts of salt

	Salt(%)	Texture	Color	Taste	Total
PS	1.6	2.76	3.38	2.57	2.86
WC	1.6	2.76	3.24	2.29	2.53
	0	1.75	2.50	1.50	1.25
JM	1.6	2.25	2.69	2.38	2.19
	0	2.20	2.40	2.80	2.60

¹⁾ The used PS was pollock surimi(RA grade), and WC and JM means White crocker and Jack mackerel, respectively.

칼리 처리한 백조기 수리미가 명태 보다 우수하였으며, 적색육인 전갱이는 다소 떨어졌다. 관능평가의 결과 명태RA 등급이 2.86으로 가장 높은 값을 보였으나, 가염 백조기의 2.53과 무염 메가리의 2.60과 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 현재 시판되는 명태 RA가격이 보구치와 메가리 연육의 생산가능한 단가의 2배정도로 유통되는 것을 고려시 상업적인 측면에서 적용가능할 것으로 판단된다. 메가리의 백색도와 겔형성능이 낮은 것이 반하여 관능평가의 결과가 높은 것은 튀김 어묵의 형태로 행한 실험에서 백색도는 거의 영향을 미치지 아니한 반면, 적색육의 정미성분이 백색육이 보구치에 비하여 높고, 수세공정을 거친 명태연육에 비하여 우수하였기 때문으로 판단된다.

요 약

이 연구의 목적은 연육제조공정을 단순화하면서, 동결어를 이용함으로써 다양한 어종의 연육화, 폐수처리비용 절감 그리고 일반적인 연육제조공정에 비하여 수율을 개선하기 위하여 산 또는 알칼리 영역에서 어육단백질을 가용화한 후 등점전 부근에서 단백질을 회수하여 겔 형성능, 색차등의 지표로 연육으로서의 사용가능성을 확인하고, 어육단백질 추출의 최적화, 수리미 제조 pH와 염의 영향, 첨가물에 의한 가열겔의 최적화에 대하여 설명하고자 한다.

어육 단백질을 추출하기 위한 최적 pH는 2.5와 10.5 부근이었으며, 가용성 단백질의 침전 회수를 위한 최적 pH는 5.0부근이었다. SDS-PAGE 상에서 산 수리미의 myosin heavy chain와 actin은 급속히 분해하였으며, 수세 수리미와 알칼리 수리미사이에는 큰 차이가 없었다. 추출 용액의 이온강도 증가는 어육 단백질의 추출량을 현저히 감소시키는 것으로 나타났고, 균질화를 위한 최적 조건은 9500 rpm 이하에서 30초였다. 원심분리 부하량과 파괴강도 및 변형값을 고려한 최적 수량은 어육에 대하여 6배량이었다. 산 혹은 알칼리 공정의 수리미 수율은 수세 공정에 비하여 높았으며, 폐수의 오염 부하량은 현저히 낮은 것으로 나타났다. 알칼리 수리미의 수율은 수세 수리미와 산 수리미에 비하여 높았으나, 파괴강도, 변형값 및 백색도는 낮았다.

가열 겔의 최적화를 위한 근형질 단백질, 염, 전분 및 비근육 단백질(소혈청 단백질)의 효과를 살펴보았으며, 근형질 단백질을 첨가한 전갱이 가열겔의 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. 백조기와 전갱이 가열 겔에서 전분은 종류에 관계없이 파괴강도와 변형 값을 감소시켰다. 파괴강도 값은 전분의 농도 증가와 더불어 감소하였고, 변형 값은 유의적인 차이를 보이지 않았으나 백색도는 증가하였다. 감자, 옥수수, 밀전분 중에서 백조기는 감자, 전갱이는 옥수수 전분이 겔 형성능을 가장 적게 감소시키는 것으로 나타났다. 비근육 단백질 중 소혈청 단백질이 백조기와 전갱이 모두에서 겔의 파

파괴강도와 변형 값을 가장 크게 증가시켰으며, 첨가 농도가 증가함에 따라 파괴강도와 변형 값은 증가하였다. 백색도는 근육 단백질의 함량이 증가함에 따라 다소 상승하는 것으로 나타났다. 전분과 비근육 단백질을 첨가하여 제조한 가열 겔이 단백질의 균일한 분포와 치밀한 망상 구조 형태를 보여고 있었으며, 이 같은 구조가 높은 물성 값에 기여하는 것으로 판단하였다.

백조기에서 파괴강도 100 g 이상, 변형 값 4.6 mm 이상, 백색도 25.5 이상을 보이는 수리미, 감자전분, 소혈청의 혼합 비율은 각각 89.4-90.0%, 4.5-5.2%, 5.3-5.8%의 범위였으며, 전갱이는 파괴강도 110 g 이상, 변형 값 4.2 mm 이상, 백색도 22.5 이상을 보이는 수리미, 옥수수전분 및 소혈청의 혼합 비율은 각각 89.5-90.0%, 4.6-6.0%, 4.3-5.4%의 범위였으며, 알칼리 수리미의 수율과 가열 겔의 파괴강도, 변형 및 백색도 값에 미루어 알칼리 수리미 제조 공정은 kamaboko 형의 연제품 제조에 활용 가능한 것으로 판단하였다.

감사의 글

본 연구가 이루어지기까지 지난 7년간 세심한 지도와 격려로 이끌어주신 조영제 지도교수님과 최영준 교수님께 머리숙여 감사를 드립니다. 본 논문을 정성껏 교열하여 주신 이양봉교수님, 안동현교수님, 이남걸교수님께 감사 드립니다. 또한 학위 기간중 충고와 격려를 주신 장동석교수님, 김선봉교수님, 양지영교수님, 전병수교수님께 감사 드립니다.

힘들 때마다 따뜻하게 격려하여 주신 허성호교수님, 조학래교수님, 홍병일, 전병천, 조호성, 박미연 선배님께 감사드립니다.

생선회 연구소의 김태진, 수산가공연구실의 임치원, 민진기, 손광태 선배님, 서덕훈, 심길보, 이기봉, 박대찬, 임철환, 주정미, 정호진, 배진한, 최고운, 김지연 등 여러 후배님들과 선배님들에게도 감사드립니다.

경상대학 수산가공학과 생물화학연구실의 박주동, 정춘희, 윤수성 등 여러 후배님들에게 감사드립니다.

본 논문이 나오기 까지 배려하여 주신 조정래 사장님과 월드수산 사장님 이하 직원 여러분들에게도 지면을 통해 감사드립니다.

끝으로 항상 못난 아들을 믿고 성원해주신 아버님과 든든히 지원해주신 장모님 그리고 누구보다도 박사진학을 원하였지만 미흡한 저에게 기회를 양보하고 굳은 일을 도맡아 하면서 지켜 봐준 아내 송은주에게 이 논문의 결실을 나누고 싶습니다.

참 고 문 헌

- Akahane T.1988. Product development with surimi from fatty species for the US food supply. In *Proceedings of a national technical conference of fatty fish utilization: Upgrading from feed to food*. Raleigh, NC, p 265-276.
- Chang H-S, Feng Y, Hultin HO. 2001. Role of pH in gel formation of washed chicken muscle at low ionic strength. *J Food Biochemistry* 25: 439-457.
- Chang-Lee MV, Lampila LE, Crawford DL. 1990. Yield and composition of surimi from Pacific whiting (*Merluccius productus*) and the effect of various protein additives on gel strength. *J Food Sci*, 55: 83-86.
- Chen JS, Lee CM, Crapo C. 1993. Linear programming and response surface methodology to optimize surimi gel texture. *J Food Sci*, 58: 535-538.
- Choi YJ, Lee HJS, Cho YJ. 1999. Optimization of ingredients formulation in low grades surimi for improvement of gel strength. *J Korean Fish Soc*, 32: 556-562.
- Choi YJ, Park JW. 2000. Feasibility study of new acid-aided surimi processing methods for enzyme-laden Pacific whiting. Abstract No 51A-4 presented at 2000 Annual Meeting of the Institute of Food Technologist. Dallas, TX, USA.

- Choi YJ, Park JW. 2002. Acid-aided protein recovery from enzyme-rich Pacific whiting. *J Food Sci* 67: 2962-2969.
- 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.
- 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.
- Dagher SM, Hultin HO, Liang Y. 2000. Solubility of cod muscle myofibrillar proteins at alkaline pH. *J Aquatic Food Product Technol* 9: 49-59.
- Damodaran, S. 1996. Amino acids, peptides, and proteins. In *Food Chemistry*. Fennema OR, ed. Marcel Dekker Inc, New York, p 321-429.
- Davis N. 1988. Fatty fish utilization: upgrading from feed to food, UNC Sea Grant Publication 88-04, Raleigh, NC, USA
- Dewitt CAM, Gomez G, James JM. 2002. Protein extraction from beef heart using acid solubilization. *J Food Sci* 67: 3335-3341.
- Gomez-Guillen MC, Borderias AJ, 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.

- Gomez-Guillen MC, Borderias AJ, Montero P. 1997. Thermal gelation properties of two different composition sardine (*Sardina pilchardus*) muscles with addition of non-muscle proteins and hydrocolloids. *Food Chemistry*, 58: 81–87.
- Hamann DD, Amato PM, Wu MC, Foegeding EA. 1990. Inhibition of modori (gel weakening) in surimi by plasma hydrolysate and egg white. *J Food Sci*, 55:665–669, 795.
- 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.
- Hultin HO, Kelleher SD. 2000. Surimi processing from dark muscle fish. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York, p 59–78.
- 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.
- JMP. 2002. *Statistics and graphics guide*. Version 5.0, SAS Institute, Cary, NC. p 179–209.
- Kim YS, Park JW, Choi YJ. 2002. Physicochemical characteristics of fish proteins treated at various pH conditions. Abstract No of 56-4 at presented 2002 Annual Meeting of the Institute of Food

Technologist. Anaheim, CA, USA.

Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680–685.

Lanier TC, Hart K, Martin RE. 1991. A manual of standard methods for measuring and specifying the properties of surimi. University of North Carolina Sea Grant College Program, Raleigh, NC, USA.

Lanier TC, Lee CM, eds. Marcel Dekker Inc., New York. p 79–112.

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.

Lin TM, Park JW, Morrissey MT. 1995. Recovered protein and reconditioned water from surimi processing waste. *J Food Sci* 60: 4–9.

Lin TM, Park JW. 1996. Extraction of proteins from Pacific whiting mince at various washing conditions. *J Food Sci* 61: 432–438.

Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AI, Randall RJ. 1951. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 256–275.

Morioka K, Shimizu Y. 1990. Contribution of sarcoplasmic proteins to gel formation of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56: 929–933.

- Morioka K, Shimizu Y. 1993. Relationship between the heat-gelling property and composition of fish sarcoplasmic proteins. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1631.
- Morioka K, Kurashima K, Shimizu Y. 1992. Heat-gelling properties of fish sarcoplasmic protein. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 767-772.
- Morrissey MT, Park JW, Huang L. 2000. Surimi processing waste. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York, p 127-166.
- 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.
- 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.
- NFI. 1991. *A manual of standard methods for measuring and specifying the properties of surimi*. Lanier TC, Hart K, Martin RE, eds. University of North Carolina Sea Grant College Program, Raleigh, NC, USA.
- Niwa E. 1992. Chemistry of surimi gelation. In *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee CM, eds. Marcel Dekker Inc., New York, p 389-427.

- Nonaka N, Hirata F, Saeki H, Sasamoto Y. 1989. Manufacture of highly nutritional fish meat for food stuff from sardine. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55: 1575–1581.
- Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 30: 255–261.
- 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.
- Park JD, Cho M-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* (in press).
- Park JD, Jung C-H, Kim J-S, Cho D-M, Cho MS, Choi YJ. 2003. Surimi processing using acid and alkali solubilization of fish muscle protein. *J Korean Soc Food Sci Nutr* (in press)
- Park JD, Yoon S-S, Jung CH, Cho MS, Choi YJ. 2003. Effect of sarcoplasmic protein and NaCl on heating gel from surimi prepared by acidic and alkaline processing. *J Korean Soc Food Sci Nutr* (in press)
- Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J Food Sci* 59: 525–527
- Park JW. 1995. Surimi gel colors as affected by moisture content

- and physical conditions. *J Food Sci* 60: 15–18.
- Park JW. 1995. Effect of salt, surimi and/or starch content on the fracture properties of gels at various test temperatures. *J. Aquatic Food Products Technology*, 4: 75–83.
- Park JW. 2000. Ingredient technology and formulation development. In *Surimi and Surimi Seafood*, JW Park(Ed), Marcel Dekker, NY, p.343–391.
- Park JW. 2001. New developments in surimi and surimi seafood. Abstract No Th01-1 presented at of 11th World Congress of Food Science and Technology. Seoul, Korea.
- Park JW, Lin TM, Yongsawatdigul J. 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood. *Food Reviews International* 13: 577–610.
- 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.
- 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.
- 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.

- Sato S, Tsuchiya T. 1992. Microstructure of surimi and surimi-based products. In *Surimi Technology*, T.C. Lanier and C.M. Lee (Eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, pp.501–518
- Seymour TA, Peters MY, Morrissey MT, An H. 1997. Surimi gel enhancement by bovine plasma proteins. *J Agric Food Chem*, 45: 2919–2923.
- Shahidi F, Venugopal V. Solubilization and thermostability of water dispersions of muscle structural proteins of Atlantic herring (*Clupea harengus*). *J Agric Food Chem*, 42: 1440–1446.
- Shimizu Y, Nishioka F. 1974. Interactions between horse mackerel actomyosin and sarcoplasmic proteins during heat coagulation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 40: 231–234.
- Shimizu Y, Simidu W. 1955. Studies on jelly strength of kamaboko–IX. On influence of salts (2)–sodium chloride. *Nippon Suisan Gakkaishi* 21: 501
- 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.
- Shimizu Y, Toyohara H, Lanier TC. 1992. Surimi production from fatty and dark-fleshed fish species. In *Surimi technology*, TC Lanier and C–M Lee (eds.), Marcel Dekker Inc., NY, pp.181–207.

- Sikorski ZE, Pan BS, Shahidi F. 1994. *Seafood Protein*. Chapman & Hall, New York, p 13–57.
- Suzuki T. 1981. *Fish and krill protein: Processing technology*. Applied Science Publishers Ltd, London, p 5–61.
- Stefannson G, Hultin O. 1994. On the solubility of cod muscle proteins in water. *J Agric Food Chem* 42: 2656–2664.
- Toyoda K, Kimura I, Fujita T, Noguchi SF, Lee CM. 1992. The surimi manufacturing process. In *Surimi Technology*.
- Umemoto S. 1966. A modified method for estimation of fish muscle protein by Biuret method. *Nippon Suisan Gakkaishi* 32: 427–435.
- 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.
- Yasunaga K, Abe Y, Yamazawa M, Arai K-I. 1997. Effect of bovine plasma on heat-induced cross-linking of myosin heavy chains in salt-ground meat from walleye pollack frozen surimi. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63: 739–747.
- Yoon WB, Park JW, Kim BY. 1997. Linear programming in blending various components of surimi seafood. *J Food Sci*, 62: 561–564, 567.

Yoon WB, Park JW, Kim BY. 1997. Surimi-starch interactions based on mixture design and regression models. *J Food Sci*, 62: 555-560.

Ziegler GR, Foegeding EA. 1991. The gelation of protein. In *Advances in Food and nutrition Research*, JE Kinsella (ed.), Academic press, NY, pp.203-298.

秦忠夫, 林力丸. 1971. アミノ酸, クンバク質の分析, 講談社, p 2-7.

해양수산부. 2000. 1999년 일반해면어업 월별, 어종별 생산량. 해양수산통계연보. p.1091

김용술. 1994. 수질분석. 통영수산전문대학 출판부. 통영, p 174-177.