

전갱이의 알칼리 수리미 겔 제조를 위한 전분 및 비근육 단백질의 최적화

최종덕 · 최영준[†]

경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소

Optimum Formulation of Starch and Non-muscle Protein for Alkali Surimi Gel from Jack Mackerel

Jong-Duck Choi and Yeung Joon Choi[†]

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

Abstract

The two-level full factorial and mixture design were used to screen ingredient type and to investigate the effects of ingredients on properties of surimi gel from jack mackerel using measurements of breaking forces, deformation values and color. The addition of starch decreased breaking force significantly ($p < 0.05$), but did not affect deformation. The bovine plasma protein (BPP) among non-muscle proteins increased a breaking force and deformation value. However, the dried egg white increased slightly a breaking force, and decreased greatly a deformation value. The breaking force of gel was increased, but deformation value did not change significantly ($p < 0.05$) with adding BPP. The whiteness of gel was slightly improved with the addition of corn starch and BPP. At 78% moisture, the optimum ratios of ingredients were 89.5~90.0% for alkali surimi, 4.6~6.0% for corn starch and 4.3~5.4% for BPP to obtain above 110 g for a breaking force, 4.2 mm for a deformation, and 22.5 for a whiteness.

Key words: non-muscle protein, surimi gel, jack mackerel, formulation

서 론

수산 자원의 고갈과 더불어 수산가공의 중간 소재로서 근육 단백질에 관한 관심이 고조됨에 따라 가공 적성이 떨어지는 일시 다획성 적색육 어류의 단백질 자원 활용에 관한 관심이 고조되고 있다(1-5). 우리나라에서 어획되는 전갱이류는 13,552톤이며, 이 중에서 크기가 비교적 작은 전갱이류는 주로 해산 양식 어류의 사료로 사용하고 있다(6). 일시다획성 어류들은 계절에 따라 어획량에 차이를 보이며, 크기가 작고 다량의 지방, 혈합육, 육 색소 및 혈색소를 포함하고 있기 때문에 식품 가공 소재로 사용 가능한 안정한 기능성 단백질의 추출이 어렵다.

일시 다획성 적색육 어류를 식품 단백질로 이용하기 위해 산과 알칼리 용액에 청어 마쇄육을 용해시키고 가용성 단백질은 등전점 부근에서 침전시켜 회수하는 방법(5), 정어리와 고등어 마쇄육을 sodium bicarbonate로 회분식 혹은 일괄공정으로 수리미를 제조하는 방법(2,4), sodium bicarbonate와 물로 수세하고 산으로 pH를 조정한 후 분무 건조하는 방법(7) 등이 제시되었지만, 이들 수리미의 가열 겔 물성은 백색육 어류에 비하여 떨어지고 잔존하는 hemoglobin과 myo-

globin 때문에 백색도는 현저히 감소하기 때문에 적절한 부원료를 첨가하여 겔 특성을 개선할 필요가 있다.

수리미 겔을 제조할 때 첨가하는 주요 부원료는 전분과 비근육 단백질로서 전분은 수리미-전분 겔의 망상 구조의 형성에 충전제로 작용하기 때문(8)에 수리미 함량의 저감과 더불어 겔 강도를 유지하거나 냉동 냉장 제품의 저장 안정성을 확보하기 위해 4~12%의 수준으로 사용하고 있다(9). 그리고 비근육 단백질은 전분과 마찬가지로 수리미 제품의 수리미 결합에 의한 제품의 단가를 낮추고 기능성을 개선하기 위해 첨가하고 있다(10-13).

본 연구는 전갱이의 어육 단백질을 알칼리 용해와 등전점 침전으로 회수하고 이들 단백질의 가열 겔 강도에 미치는 전분과 비근육 단백질의 영향을 검토할 목적으로 3종류의 전분(감자, 옥수수, 밀)과 4종류의 비근육 단백질(유장, 대두, 난백, 소혈청)이 가열 겔의 강도와 백색도에 미치는 영향을 punch test와 색도로 측정하였다. 그리고 가장 효과적인 전분과 비근육단백질을 2 수준 fractional factorial design으로 선별한 후, 선별한 전분과 비근육 단백질의 최적 첨가 비율을 mixture design으로 결정하였다.

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

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 신선한 전갱이(*Trachurus japonicus*; 체장, 20.8±1.8 cm, 체중, 179.0±31.4 g)는 경남 통영시 소재의 어시장에서 구입하여 빙장 상태로 실험실로 운반한 후 두부와 내장을 제거하고 육만을 절취하여 근육 단백질 회수를 위한 시료로 사용하였다.

실험에 사용한 감자, 옥수수 및 밀 전분은 삼양사(서울, 한국)에서 구입하여 사용하였으며, 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)을 사용하였다.

수리미의 제조

수세 수리미는 마쇄 어육 중량의 2배량에 해당하는 증류수를 가하여 8000 rpm에서 균질기(IKA-25 basic, IKA Works, Wilmington, NC, USA)로 마쇄한 후 원심분리(SUPRA 22K, Hamil Science Industrial, Dajeon, Korea; 10,000×g, 25분)하여 얻은 잔사를 2배량의 증류수에 현탁하고 1점의 가아제로 여과하여 근기질 단백질을 제거하였다. 현탁물을 원심분리(10,000×g, 25분)하여 얻은 잔사는 2배량의 0.2% NaCl 용액을 첨가하여 동일한 조건에서 원심분리하여 색소와 근기질 단백질을 제거하고 얻은 잔사에 냉동변성방지제(5% sorbitol, 4% sucrose, 0.3% sodium polyphosphate)를 첨가하여 제조하였다. 알칼리 수리미는 마쇄한 어육에 6배량의 증류수를 첨가하고 1 N NaOH를 사용하여 pH 10.5로 조정하여 어육 단백질을 용해시킨 후 원심분리(10,000×g, 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 HCl로 pH 5.0으로 조정하여 단백질을 침전시킨 후 원심분리(10,000×g, 25분)하여 단백질을 회수하였다. 회수한 단백질은 1 N NaOH로 pH 7.0으로 조절한 후 냉동변성방지제(5%

sorbitol, 4% sucrose, 0.3% sodium polyphosphate)를 첨가하여 제조하였다.

가열 겔의 제조

최적의 전분과 비근육 단백질을 선택하기 위하여 2 수준 fractional factorial 법으로 설계한 혼합비에 따라 전분과 비근육 단백질을 수리미와 혼합하였다(Table 1, 2). 최종 수분 함량이 78%가 되도록 얼음물을 첨가하여 kitchen aid (Max Watt 325, St. Joseph, MI, USA)로 3분 혼합하고 비닐 백에 넣어 진공 포장기(Food Saver Ultra, Tilia International Inc., China)로 수리미 중의 기포를 제거하여 sausage 충전기(Sausage Maker, Buffalo Co., New York, NY, USA)로 collagen tube(1.8×20 cm, #180, Nippi Co., Tokyo, Japan)에 충전하였다. 충전한 tube는 90°C의 water bath에서 15분 동안 가열하고 즉시 얼음물에 15분 동안 냉각시켜 하룻밤 냉장 보관한 후 물성 측정에 사용하였으며, 수세 수리미는 2%의 정제 소금을 첨가하였고 알칼리 수리미는 염을 첨가하고 가열 겔을 제조하였다.

물성과 색도 측정

물성의 측정은 Okada의 방법(14)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.

색도의 측정은 색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku, Tokyo, Japan)로 겔의 표면 CIE Lab color를 측정하였다. 색차계는 표준 색 plate($L^* = 96.83$, $a^* = -0.36$, $b^* = 0.62$)로 표준화하였으며, 백색도는 $L^* - 3b^*$ 로 계산하였다(12).

가열 겔의 미세구조 관측

가열 겔을 1 mm³의 크기로 세절하고 2.5% glutaraldehyde와 1% osmium tetroxide로 각각 2시간 동안 1차 및 2차 고정하였다. 고정된 시료를 0.1 M phosphate 완충액(pH 7.2)으로 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

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

Exp. No	Starch (g) ¹⁾			Response ²⁾		
	Potato	Corn	Wheat	Breaking force (g)	Deformation (mm)	Whiteness
1	0	0	0	84.4±8.3	4.27±0.79	18.0±0.6
2	0	0	2.1	70.8±3.3	3.69±0.61	17.6±0.4
3	0	2.1	0	72.4±3.2	4.45±0.50	17.9±0.3
4	0	2.1	2.1	52.4±3.1	3.80±0.33	17.7±0.6
5	2.1	0	0	70.0±3.1	4.00±0.21	17.7±0.6
6	2.1	0	2.1	44.2±1.3	4.63±0.47	18.0±0.4
7	2.1	2.1	0	52.7±2.5	3.70±0.30	18.0±0.2
8	2.1	2.1	2.1	54.2±4.1	4.01±0.46	17.9±0.7

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

²⁾Breaking force and deformation values were assayed by punch test using cylinder type sample (1.8×2.0 cm).

Table 2. Non-muscle protein formulation by two-level fractional factorial design

Exp. No.	Non muscle protein (g) ¹⁾				Response ²⁾		
	WP ³⁾	SPC	EW	BPP	Breaking force (g)	Deformation (mm)	Whiteness
1	0	0	0	0	136.8± 5.1	4.77±0.26	20.0±0.1
2	2.4	0	0	0	115.4± 4.1	4.27±0.27	20.3±0.5
3	0	2.4	0	0	119.2±15.3	4.92±0.47	22.1±0.6
4	2.4	2.4	0	0	101.4±11.0	4.61±0.41	22.7±0.9
5	0	0	2.4	0	138.4±22.1	4.11±0.73	19.6±0.5
6	2.4	0	2.4	0	134.8± 6.7	4.69±0.45	21.6±0.3
7	0	2.4	2.4	0	110.2± 6.8	4.14±0.36	22.2±0.9
8	2.4	2.4	2.4	0	135.0± 5.0	4.44±0.34	24.3±0.3
9	0	0	0	2.4	158.8±22.0	4.74±0.58	21.2±0.3
10	2.4	0	0	2.4	170.6± 8.8	4.95±0.25	21.4±0.4
11	0	2.4	0	2.4	147.0± 5.5	4.98±0.30	22.0±0.3
12	2.4	2.4	0	2.4	149.6± 4.3	4.89±0.09	24.1±0.2
13	0	0	2.4	2.4	155.8± 3.9	4.36±0.26	21.7±0.2
14	2.4	0	2.4	2.4	180.0±22.5	4.29±0.50	24.1±0.8
15	0	2.4	2.4	2.4	173.4±16.3	4.43±0.27	23.5±0.8
16	2.4	2.4	2.4	2.4	197.0±16.8	4.32±0.34	26.1±1.1

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

²⁾Breaking force and deformation values were assayed by punch test using cylinder type sample (1.8×2.0 cm).

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

2시간 침투시킨 후 Epson 812로 포매하였다. 포매한 시료를 37°C에서 12시간 열중합한 후 microtome(LKB, Nova, Sweden)으로 0.5~1 µm의 두께로 절단하여 toluidine blue로 염색하고 광학현미경으로 관찰 부위를 다듬었다. 이를 200 mesh의 copper gride에 부착시키고 uranyl acetate와 lead citrate로 이중 염색하여 투과전자현미경(JEM 1200EX-II, JEOL, Japan)으로 관측하였다.

통계분석

2수준 fractional factorial 및 mixture design은 JMP program(15)로 실시하였다.

결과 및 고찰

겔 물성과 색에 미치는 전분의 영향

알칼리 수리미와 전분은 Table 1에 따라 8가지 형태로 배합하고 가열 겔을 조제한 후, 반응 값으로 파괴 강도, 변형 값 및 백색도를 측정하여 전분 종류가 물성에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 1). 사용한 전분 모두 첨가량이 증가함에 따라 파괴 강도는 감소하는 것으로 나타났으며, 변형 값은 감자와 밀전분에서는 변화가 없었으나, 옥수수 전분은 다소 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 백색도는 밀전분에서 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이 같은 결과를 백조기로 실험한 결과와 비교할 때(16), 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 surimi 겔에 미치는 영향은 다소 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 전분의 첨가량이 증가함에 따라 전체 겔의 성분 중 수리미의 함량이 상대적으로 감소한 것에 비추어 겔

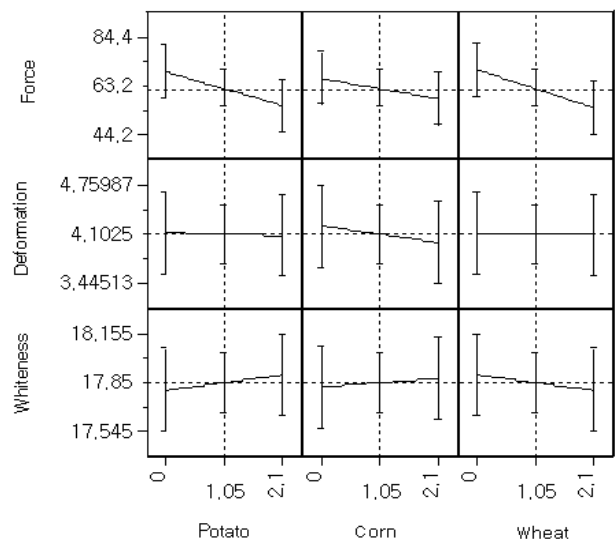


Fig. 1. Prediction profiler of starch on breaking force, deformation and whiteness of alkali surimi gel prepared from the jack mackerel.

의 파괴강도는 전분보다는 수리미의 함량에 의존하는 것으로 보인다. Ziegler 와 Foegeding은 겔화 및 비겔화 첨가물이 차지하는 공간 배열에 따라 5가지의 모델을 제시하였으며, 수리미에 첨가한 전분은 액체의 분산된 입자로 2차적인 겔 망상으로 존재하며 근원섬유 단백질이 구성하는 gel 망상과는 관계가 없는 것으로 추정하였다(8).

감자, 옥수수 및 밀 전분 중에서 파괴강도 감소에 미치는 영향이 가장 적은 옥수수 전분을 1~9%까지 수리미에 첨가하여 제조한 가열 겔의 파괴강도와 변형 값의 변화를 측정하였다(Fig. 2). 전분의 첨가는 파괴강도를 감소시켰으나 3~9%의 범위에서는 파괴강도 값에 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 변형 값은 1% 첨가시 다소 상승하였으나, 이

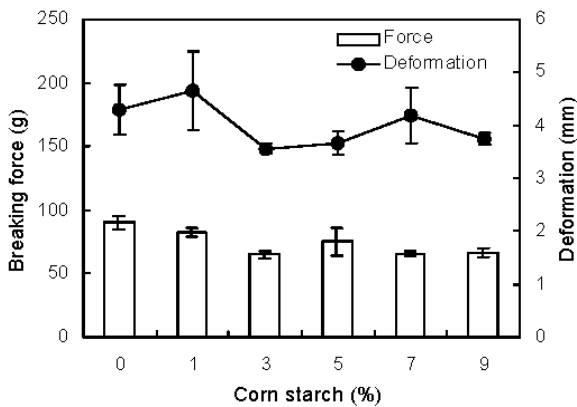


Fig. 2. The effect of corn starch on a breaking force and deformation value of alkali surimi gel prepared from the jack mackerel.

후 감소하여 첨가 농도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). Park은 전분 농도가 증가함에 따라 전단 응력 값은 감소하나 전분 농도 12% 첨가 시까지 전단 변형은 거의 변하지 않는다고 보고하여(16), 본 실험의 변형 결과와 유사하였다.

옥수수 전분의 첨가는 겔의 백색도를 다소 개선하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 전분을 첨가한 겔의 색은 전분 농도와 전분 특성에 따라 다르지만, 명태 수리미에 첨가한 전분은 완전히 팽윤하여 전분 농도가 증가함에 따라 명도와 황색도는 다소 감소하기 때문에 백색도에는 거의 영향을 미치지 않는다고 한 Choi 등의 보고(17)와 본 실험의 결과는 다소 차이를 보였으나, 사용한 수리미의 종류가 다르기 때문에 직접적인 비교는 어려웠다. 전분의 첨가 농도가 증가할수록 백색도가 증가하는 것이 미루어 알칼리 처리로 제조한 수리미는 잔존하는 myoglobin과 hemoglobin 때문에 높은 황색도를 갖지만 첨가한 전분이 이 같은 황색도를 낮추는 것으로 판단되었다.

겔 물성과 색에 미치는 비근육 단백질의 영향

유장단백질, 대두 농축단백질, 분말 난백 단백질과 소 혈

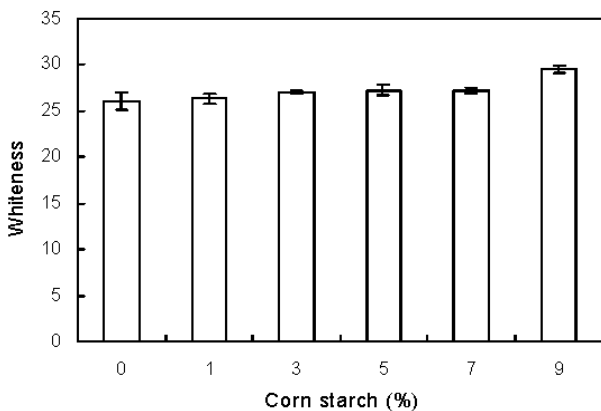


Fig. 3. The effect of corn starch on a whiteness of alkali surimi gel prepared from the jack mackerel.

청 단백질을 Table 2의 조합 방법에 따라 16가지 형태로 조합하여 비근육 단백질이 가열 겔의 물성과 색에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 4). 파괴강도 값은 소혈청 단백질이 현저히 증가시키는 것으로 나타났으며, 분말 난백 단백질은 다소 증가시켰으나, 유장단백질과 대두 농축 단백질은 거의 영향을 미치지 않았다. 변형 값의 경우, 소혈청 단백질은 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 소혈청 단백질이 파괴강도를 현저히 증가시키고 변형 값은 다소 증가시킨다는 보고(18)와 일치하지만 난백 단백질이 변형 값을 현저히 감소시킨다는 점에서는 일치하지 않는다. 소혈청 단백질은 겔 망상에 스며드는 모델로서 이들 단백질이 겔 망상의 형성에 참여함으로써 전단 응력을 현저히 증가시키고 전단 변형은 다소 증가시킨다고 하였다(8). 난백 단백질이 변형 값을 현저히 감소시키는 반면 소혈청 단백질이 변형 값을 다소 증가시키는 것은 소혈청 단백질이 근원섬유단백질과 가교결합을 통하여 겔의 망상구조 형성에 기여했기 때문으로 판단된다. 소혈청 단백질 희분 중 $\alpha 2$ -macroglobulin이 풍부한 혈청 희분과 transglutaminase가 풍부한 희분은 단백질의 가교 연결 활성을 가지며 Pacific whiting 수리미의 겔 강도 강화에 기여한다고 하였으며(19), 소혈청 단백질에 의한 부양명태 수리미 겔의 강화 효과는 비공유 결합을 통한 근원섬유 단백질과 혈청 단백질 사이의 상호작용의 강화에 기인한다고 보고하였다(20).

겔 강도 강화에 가장 효과적인 소혈청 단백질을 농도별로 첨가하여 가열 겔의 물성과 색에 미치는 영향을 조사하였다(Fig. 5). 소혈청 단백질의 첨가 농도가 증가함에 따라 파괴강도 값은 현저히 증가하였으나, 변형 값은 유의적인 차이

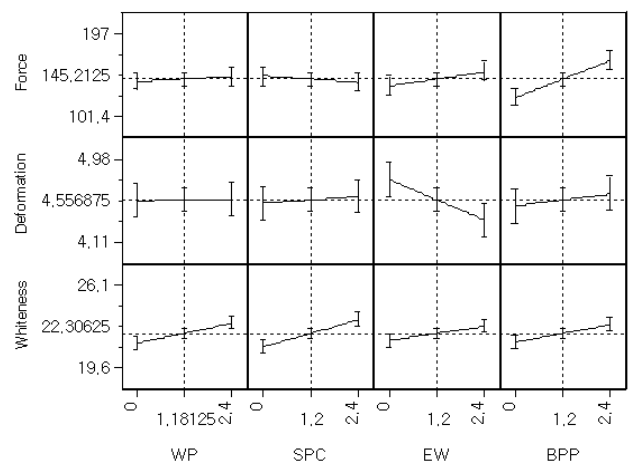


Fig. 4. Prediction profiler of non-muscle protein on a breaking force, deformation value and whiteness of alkali surimi gel from the jack mackerel.

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

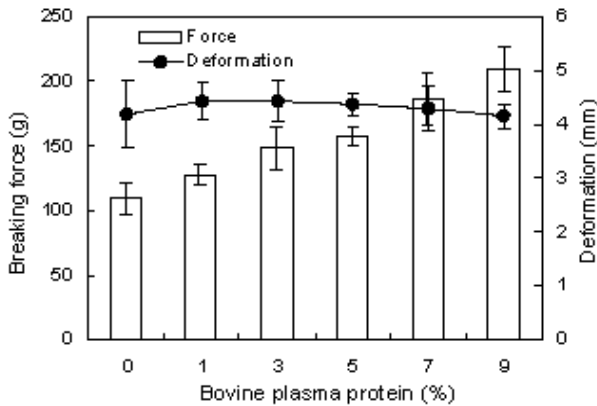


Fig. 5. The effect of bovine plasma protein on a breaking force and deformation value of alkali surimi gel prepared from the jack mackerel.

($p < 0.05$)를 보이지 않아 소혈청 단백질이 수리미 가열 겔의 파괴강도 값을 현저히 증가시킨다는 보고(8,18,19)와 일치하였다. 그리고 소혈청 단백질의 첨가는 가열 겔의 백색도를 다소 증가시키는 것으로 나타났으며 (Fig. 6), 이 같은 결과는 수리미 자체의 황색도가 소혈청 단백질의 황색도에 비하여 높기 때문에 첨가한 비근육 단백질에 의한 수리미 황색도의 감소 효과에 기인한 것으로 판단된다. 소혈청 단백질에 의한 백색도 증가는 백조기 알칼리 수리미 겔에서도 같은 효과를 보이고 있었다(18).

수리미, 전분 및 비근육 단백질의 최적화

전별 실험을 통해 전갱이 알칼리 수리미 가열 겔의 물성 강화에 효과가 있는 것으로 인정된 옥수수 전분과 소혈청 단백질을 인자로 설정하고 혼합 설계법으로 최적 첨가 비율을 결정하였다. 이때 옥수수 전분과 소혈청 단백질의 최대 첨가 비율은 각각 10%로 제한하였다(Table 2). 파괴강도 값을 110 g 이상, 변형 값을 4.2 mm 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. 7), 백조

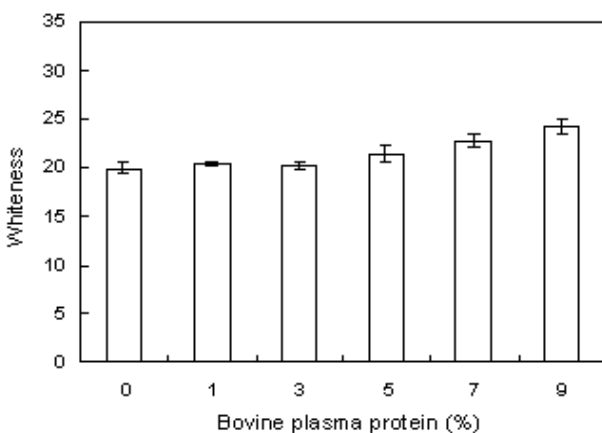


Fig. 6. The effect of bovine plasma protein on a whiteness of alkali surimi gel prepared from the jack mackerel.

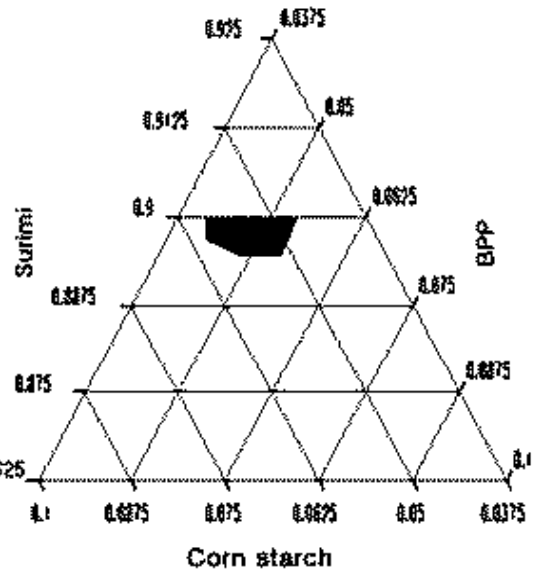


Fig. 7. Ternary plot of ingredients ratio for optimum formulation of alkali surimi gel prepared from the jack mackerel. EPP means a bovine plasma protein. The breaking force, deformation and whiteness were set above 110 g, 4.2 mm and 22.5, respectively.

기 알칼리 수리미 겔에 비하여(16) 전분의 첨가 범위는 다소 넓었으며 소혈청 단백질은 약 1% 감소하였다. 이 같은 결과는 어중에 따라 부원료의 최적 첨가비율에 차이가 있음을 지적한다. 표면 반응 분석법으로 추정된 전분과 단백을 첨가하여 제조한 수분 함량 78%인 명태 수리미 겔의 가장 높은 강도를 보여주는 혼합 비율은 3.5%의 전분과 5%의 단백질이라고 보고(21)한 것과 본 실험의 결과는 다소 차이를 보이고 있으나, 이는 첨가한 전분 및 비근육 단백질의 종류에 따른 차이로 판단된다.

가열 겔의 미세구조

투과전자현미경으로 수세 수리미, 알칼리 수리미와 최적 조건으로 전분과 비근육 단백질을 첨가한 알칼리 수리미 겔의 구조를 관측한 결과, 최적 혼합 수리미 겔의 단백질이 가장 고르게 분포하고 있음을 확인하였다(Fig. 8). 수세 수리미는 검은색으로 보이는 많은 수의 단백질 덩어리가 관측되었으며, 이 같은 결과는 2.0% 첨가한 소금에 근원성유 단백질이 완전히 용해하지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 한편 알칼리 수리미에서 이들 단백질 덩어리가 발견되지 않은 것은 극단적인 알칼리 처리에 의해 이들 단백질이 거의 용해했기 때문인 것으로 판단되었다. 조적감이 우수한 어묵은 단백질이 균일하게 분산되어 있으며, 균일한 단백질의 분산은 겔 강도를 강화시키고, 단백질 덩어리는 겔 강도를 저하시킨다(18). 본 실험의 결과 알칼리 수리미의 겔 강도가 수세 수리미에 비하여 다소 높은 것은 균일한 단백질 분산에 의한 것으로 판단되며, 최적화 한 알칼리 수리미 겔의 높은 파괴강도와 변형 값은 첨가한 혈청 단백질이 비공유 결합과 공유결합을 통해 망상 구조의 형성에 기여했기 때문으로 판단되었다.

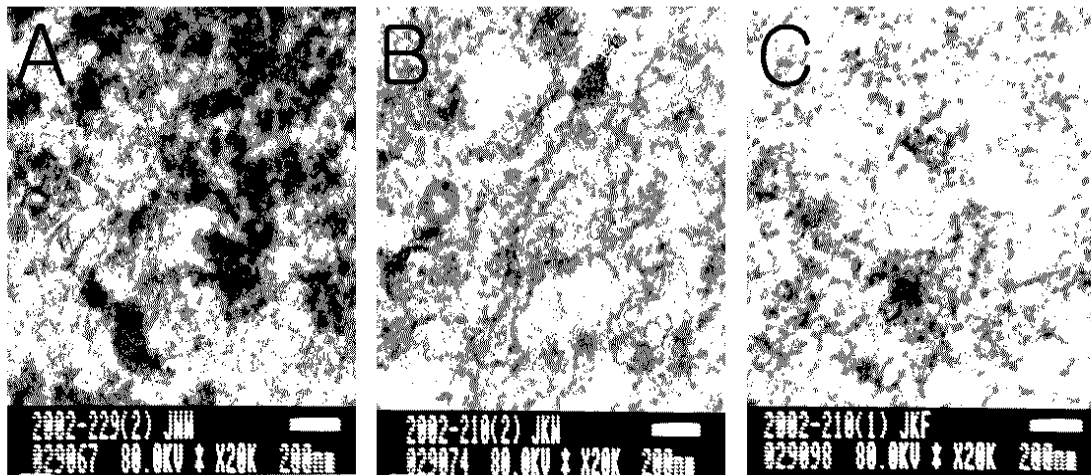


Fig. 8. Electron micrographs of a conventional (A), alkali (B) and optimum formulated surimi gel (C) prepared from the jack mackerel.

요 약

전갱이 육으로 제조한 알칼리 수리미의 가열 젤 강도 증가를 위한 최적 전분 및 비근육 단백질의 선정과 이들 성분의 최적 첨가량을 설정하기 위해 2수준 fractional factorial과 mixture design을 실시하였으며, 반응 값은 punch test에 의한 물성과 색차계로 색을 측정하였다. 감자, 옥수수 및 밀전분은 파괴 강도 값을 감소시키지만 변형 값에는 유의적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 소혈청 단백질은 파괴 강도 값을 크게 증가시킨 반면 분말 난백 단백질은 다소 효과가 인정되었고 유장단백질과 대두 농축 단백질은 효과가 없었다. 그리고 소 혈청 단백질은 변형값을 다소 증가시킨 반면 분말 난백 단백질을 크게 감소시켰다. 감자와 옥수수 전분과 비근육 단백질은 백색도를 다소 개선하였다. 파괴강도 110 g 이상, 변형 값 4.2 mm 이상, 백색도 22.5 이상을 보이는 수리미, 옥수수전분 및 소혈청의 최적 혼합 비율은 각각 89.5~90.0%, 4.6~6.0%, 4.3~5.4%의 범위였다. 전분과 비근육 단백질을 첨가하여 제조한 전갱이 알칼리 수리미의 가열 젤이 수세 수리미 젤에 비하여 균일한 단백질 분포를 보이고 있었다.

감사의 글

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

문 헌

- Davis N. 1988. *Fatty fish utilization: upgrading from feed to food*. UNC Sea Grant Publication 88-04, Raleigh, NC, USA.
- Shimizu Y, Toyohara H, Lanier TC. 1992. Surimi production from fatty and dark-fleshed fish species. In *Surimi technology*. Lanier TC, Lee C-M, eds. Marcel Dekker, New York. p 181-207.
- 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.
- 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.
- 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.
- 해양수산부. 2000. 1999년 일반해면어업 월별·어종별 생산량. 해양수산통계연보. p 1091.
- Shahidi F, Venugopal V. 1994. Solubilization and thermostability of water dispersions of muscle structural proteins of Atlantic herring (*Clupea harengus*). *J Agric Food Chem* 42: 1440-1446.
- Ziegler GR, Foegeding EA. 1991. The gelation of protein. In *Advances in Food and Nutrition Research*. Kinsella JE, ed. Academic press, New York. p 203-298.
- Park JW. 2000. Ingredient technology and formulation development. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York. p 343-391.
- 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.
- 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.
- Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J Food Sci* 59: 525-527.
- Gomez-Guillen C, 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.
- Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 30: 255-261.
- JMP. 2002. Statistics and graphics guide. Version 5.0 SAS Institute, Cary, NC. p 179-209.
- Park JW. 1995. Effect of salt, surimi and/or starch content

- on the fracture properties of gel at various test temperatures. *J Aquatic Food Products Technol* 4: 75-83.
17. Choi YJ, Lee HS, Cho YJ. 1999. Optimization of ingredients formulation in low grade surimi for improvement of gel strength. *J Korean Fish Soc* 32: 556-562.
 18. 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).
 19. Seymour TA, Peters MY, Morrissey MT, An H. 1997. Surimi gel enhancement by bovine plasma proteins. *J Agric Food Chem* 45: 2919-2923.
 20. 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.
 21. Chen JS, Lee CM, Crapo C. 1993. Linear programming and response surface methodology to optimize surimi gel texture. *J Food Sci* 58: 535-538.

(2003년 6월 5일 접수; 2003년 7월 30일 채택)