

냉동 백조기의 알칼리 수리미 겔 제조를 위한 전분 및 비근육 단백질의 최적화

박주동 · 김진수 · 조영제* · 최종덕 · 최영준†

경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소

*부경대학교 식품공학과

Optimum Formulation of Starch and Non-muscle Protein for Alkali Surimi Gel from Frozen White Croaker

Joo Dong Park, Jin-Soo Kim, Young-Je Cho*, Jong-Duck Choi 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

The two-level full factorial and mixture design were used to screen ingredient type and to investigate effects of ingredients on properties of alkali surimi gel from frozen white croakers using measurements of a breaking force, deformation and color. The addition of starch decreased a breaking force and deformation of gel regardless of starch type. The breaking force was decreased, but a deformation was not significantly changed ($p < 0.05$) with increasing starch level. The potato starch was more reasonable than corn and wheat starch for a breaking force and deformation. The bovine plasma protein (BPP) greatly improved a breaking force and deformation. The breaking force and deformation of gel were increased with concentration of BPP. The whiteness of gel was slightly improved with adding starch and non-muscle for all treatments. At 78% moisture, the optimum ratios of ingredients were 89.4~90.0% for 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, and 25.5 for a whiteness.

Key words: alkali surimi gel, white croaker, non-muscle protein, formulation

서 론

근원섬유 단백질의 농축물에 해당하는 수리미는 수산 연 제품의 주요 구성분으로 사용하고 있으며, 수리미 가열 겔의 기능적 특성과 품질은 조직과 색에 의해 결정된다(1). 수리미의 등급은 생산 회사에 따라 차이가 있으나, 적절한 물성을 나타내는 범위 내에서 기능성, 색 및 제조 단가를 최소화 하고 적절한 물성을 부여하기 위해 여러 등급과 어종의 수리미, 전분 및 비근육 단백질을 혼합하여 사용하고 있다(2,3).

전분은 수리미-전분 겔의 충전제 역할을 하기 때문에 수리미 제품의 중요한 기능성 첨가물이며, 수리미 함량의 절감과 더불어 겔 강도를 유지하거나 냉동 냉장 제품의 저장 안정성을 확보하기 위해 4~12%의 수준으로 사용하고 있다(4,5). 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(6,

7), 단백질 분해효소에 의한 수리미 겔의 붕괴를 방지한다(8). 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 따라 달라진다(9). pH 조절을 통한 어육 단백질의 용해와 침전을 이용하여 제조한 어육 수리미는 pH 변성에 의한 물성 저하와 잔존하는 근형질 단백질에 의한 백색도를 감소시키므로(10,11), 전분과 비근육 단백질의 첨가는 pH 조절로 제조한 알칼리 수리미의 가열 겔 강도와 백색도를 개선할 것으로 예상하였다.

본 연구는 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(유장, 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

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

첨가 비율을 mixture design으로 결정하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 냉동 백조기(*Pennahia argentata*; 체장, 18.2±2.4 cm; 체중, 125.0±35.9 g)는 경남 통영시 소재의 어시장에서 구입하여 실험실로 운반하였다. 냉동 백조기는 실온에서 해동시킨 후 두부와 내장을 제거하고 육만을 절취하여 수리미 제조를 위한 시료어로 사용하였다.

실험에 사용한 감자, 옥수수 및 밀 전분은 삼양사(서울, 한국)에서 구입하였으며, 비근육 단백질은 유장단백질(Nutrillac 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 다음과 같이 제조하였다. 즉 마쇄한 어육에 2배량의 증류수를 가하여 8,000 rpm(IKA-25 basic homogenizer, IKA Works, Wilmington, NC, USA)에서 1분 동안 균질화하고 원심분리(SUPRA 22K, Hanil Science Industrial, Dajeon, Korea; 10,000×g, 25분)하였다. 잔사를 2배량의 증류수에 현탁시키고 1점의 가아제로 여과하여 지방과 근기질 단백질을 제거한 후 원심분리하고, 잔사는 0.2%의 NaCl 용액에 현탁시킨 후 동일한 조건에서 원심분리하였다. 최종적으로 얻은 잔사에 냉동변성방지제로 5% sorbitol, 4% sucrose와 0.3% sodium polyphosphate를 혼합하여 수세 수리미로 사용하였다.

그리고 알칼리 수리미는 마쇄한 어육에 6배량의 증류수를 첨가하여 8,000 rpm(IKA-25 basic homogenizer, IKA Works,

Wilmington, NC, USA)에서 1분 동안 균질화하고 pH 10.5 (0.1 N NaOH)으로 조정하여 어육 단백질을 용해시킨 후 원심분리(10,000×g, 25분)하였다. 중성 지방 등이 포함된 유탄층(최상층)과 결체조직, 막지질, 비늘, 뼈 등을 포함하고 있는 최저층을 버리고 가용성 단백질과 수화 단백질을 포함한 중간층을 회수하여 pH 5.0(0.1 N HCl)으로 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 수리미를 제조하였다.

가열 겔의 제조

최적의 전분과 비근육 단백질을 선택하기 위하여 2 수준 fractional factorial로 설계한 혼합비에 따라 전분과 비근육 단백질을 수리미와 혼합하고(Table 1, 2), 최종 수분 함량이 78%가 되도록 얼음물을 첨가하여 kitchen aid(Max watt 325,

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	102.6±4.8	5.54±0.20	18.0±1.0
2	0	0	2.1	86.8±5.4	5.05±0.36	20.1±0.3
3	0	2.1	0	89.3±4.1	5.00±0.15	20.2±0.4
4	0	2.1	2.1	72.5±4.4	4.19±0.44	22.8±0.5
5	2.1	0	0	91.8±3.3	5.14±0.20	19.6±0.5
6	2.1	0	2.1	79.2±4.1	4.60±0.23	21.9±0.2
7	2.1	2.1	0	78.3±3.3	4.65±0.27	20.8±0.4
8	2.1	2.1	2.1	57.3±3.5	3.81±0.63	23.2±1.1

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

²⁾The 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	84.3±1.0	5.33±0.12	19.1±0.6
2	1.8	0	0	0	55.8±5.3	4.61±0.37	19.6±0.5
3	0	1.8	0	0	42.0±1.6	3.97±0.25	21.1±0.5
4	1.8	1.8	0	0	28.8±1.5	3.32±0.37	23.0±0.5
5	0	0	1.8	0	66.8±3.3	4.29±0.43	20.1±0.7
6	1.8	0	1.8	0	67.6±3.1	4.50±0.24	22.6±0.6
7	0	1.8	1.8	0	59.2±1.9	4.12±0.28	24.5±0.3
8	1.8	1.8	1.8	0	83.4±9.5	4.65±0.09	25.3±0.7
9	0	0	0	1.8	81.0±0.9	5.04±0.16	22.1±0.4
10	1.8	0	0	1.8	89.0±6.1	5.21±0.30	23.2±0.2
11	0	1.8	0	1.8	71.8±4.4	4.90±0.35	25.7±0.3
12	1.8	1.8	0	1.8	103.6±5.9	5.54±0.15	26.5±0.3
13	0	0	1.8	1.8	108.8±5.5	5.13±0.37	22.4±0.5
14	1.8	0	1.8	1.8	153.0±5.2	5.43±0.17	23.2±0.2
15	0	1.8	1.8	1.8	115.2±4.5	5.09±0.22	25.7±0.3
16	1.8	1.8	1.8	1.8	163.6±2.9	5.44±0.27	26.5±0.3

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

²⁾The 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 indicate whey protein, soy protein concentration, egg white and bovine plasma protein.

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, NY, USA)를 사용하여 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 염을 첨가하였으며, 알칼리 수리미는 염을 첨가않고 가열 겔을 각각 제조하였다.

물성과 색도 측정

Okada의 방법(12)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 plate(L* = 96.83, a* = -0.36, b* = 0.62)로 표준화하였으며, 백색도는 L* - 3b*로 계산하였다(6).

가열 겔의 미세구조 관측

가열 겔을 1 mm³의 크기로 세절하고 2.5% glutaraldehyde와 1% osmium tetroxide로 각각 2시간 동안 1차 및 2차 고정하였다. 고정한 시료를 0.1 M phosphate 완충액(pH 7.2)로 세척한 후 50%, 70%, 80%, 90%, 95% 및 99% ethyl alcohol로 실온에서 20분 동안 탈수하였다. Propylene oxide로 30분 동안 2회 치환하고, Epson 혼합물과 Epson A+B 혼합물로 2시간 침투시킨 후 Epson 812로 포매하였다. 포매한 시료를 37°C에서 12시간 열중합한 후 microtome(LKB, Nova, Sweden)으로 0.5~1 µm의 두께로 절단하여 toluidine blue로 단열색하고 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(13)으로 실시하였다.

결과 및 고찰

겔 물성과 색에 미치는 전분의 영향

Table 1에 따라 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. 1), 사용한 전분 모두 첨가량이 증가함에 따라 파괴 강도와 변형 값은 감소하는 반면 백색도는 증가하는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 전분의 함량이 증가할수

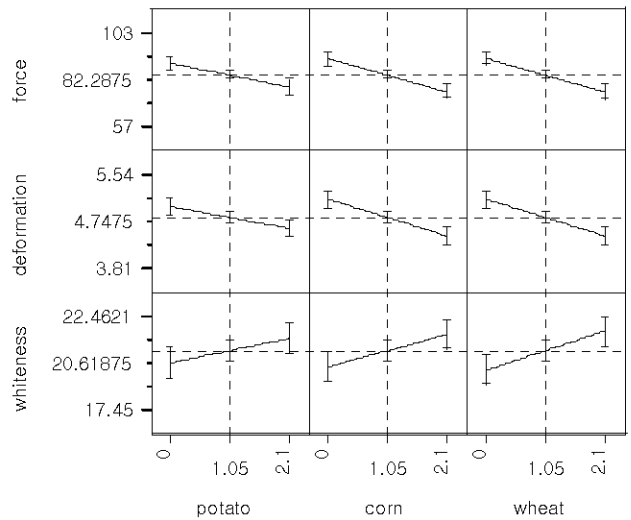


Fig. 1. Prediction profiler of starch on a breaking force, deformation and whiteness of alkali surimi gel from frozen white croaker.

록 수리미의 함량은 상대적으로 줄었기 때문으로 생각되었다. 사용한 전분 중 감자전분이 옥수수 및 밀 전분에 비하여 파괴강도와 변형 값의 감소 정도가 비교적 적은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 전분의 농도가 증가함에 따라 명태 수리미 가열 겔의 강도는 감소하고 RA급에 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(3)와 거의 일치하였다. 수리미 식품에서 전분은 수리미 함량 감소에 따른 겔 강도를 유지하거나 냉장 혹은 동결 제품의 저장 안정성을 확보하기 위해 사용한다(4).

3가지 전분 중 겔 강도 감소 정도가 가장 적은 감자 전분을 1~11%까지 수리미에 첨가하여 제조한 가열 겔의 파괴강도와 변형 값의 변화를 측정한 결과(Fig. 2), 파괴강도 값은 전분의 농도 증가와 더불어 감소하였고, 변형 값은 1% 첨가구에서 가장 높았지만 농도에 따른 큰 차이는 보이지 않았다

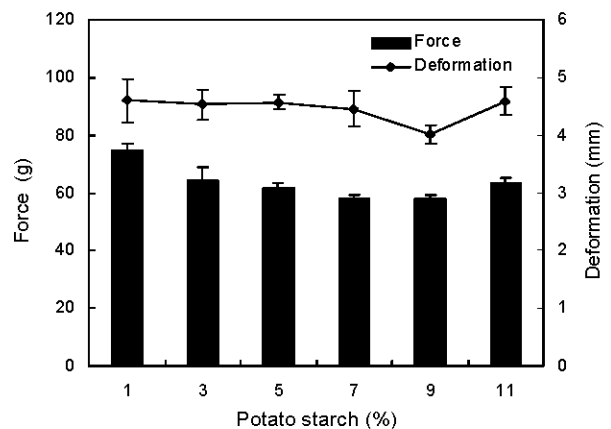


Fig. 2. The effect of potato starch on a breaking force and deformation of alkali surimi gel from the frozen white croaker.

($p < 0.05$). Park은 전분 농도가 증가함에 따라 전단 응력 값은 감소하나 전분 농도 12% 첨가 시까지 전단 변형은 거의 변하지 않는다고 보고하여(14), 본 실험의 변형 결과와 유사하였다. Choi 등(3)은 전분의 형태와 함량이 수리미 겔의 조직과 색에 큰 영향을 미치며, 8% 이상의 첨가는 겔 강도를 감소시킨다고 하였다. 본 연구에서 전분의 첨가는 겔의 백색도를 개선하는 것으로 나타났다(Fig. 3). 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(3)와 본 실험의 결과는 다소 차이를 보였다. 이 같은 차이는 전분의 첨가 농도가 증가할수록 황색도가 감소하는 것에 미루어 알칼리 처리로 제조한 수리미는 잔존하는 myoglobin과 hemoglobin 때문에 높은 황색도를 가지며 첨가한 전분이 육 및 혈색소에 의한 황색도를 완화시키기 때문인 것으로 판단하였다.

겔 물성과 색에 미치는 비근육 단백질의 영향

Table 2에 따라 유장단백질, 대두 농축단백질, 분말 난백 단백질과 소혈청 단백질을 16가지 형태로 조합하여 비근육 단백질이 가열 겔의 물성과 색에 미치는 영향을 조사한 결과(Fig. 4), 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. 5), 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 단백질과 난백은 형태와 첨가량에 관계없이 청어와 명태 수리미 겔의 저온 겔 붕괴 현상

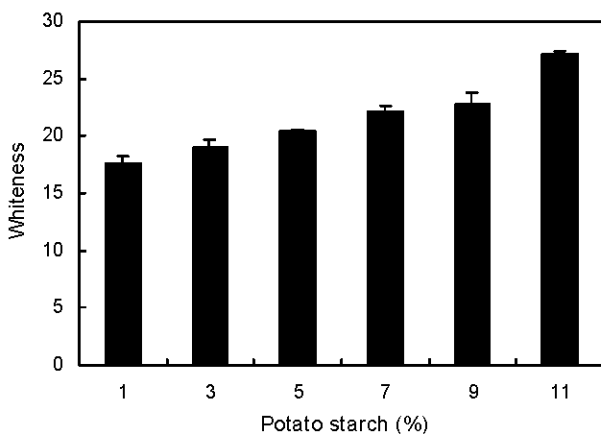


Fig. 3. The effect of potato starch on a whiteness of alkali surimi gel from the frozen white croaker.

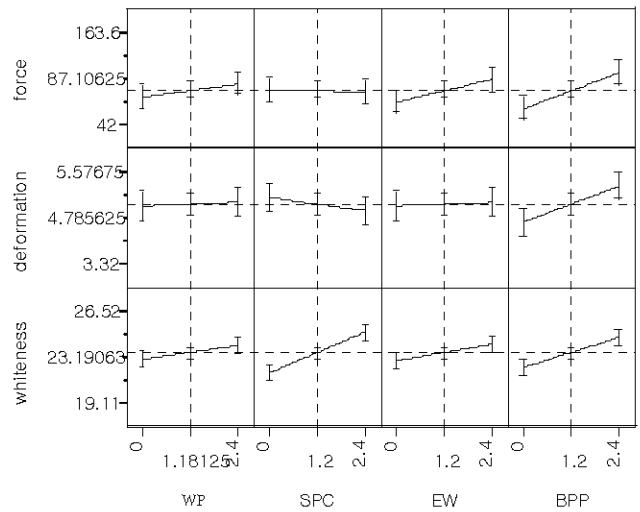


Fig. 4. Prediction profiler of non-muscle protein on a breaking force, deformation and whiteness of alkali surimi gel from the frozen white croaker.

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

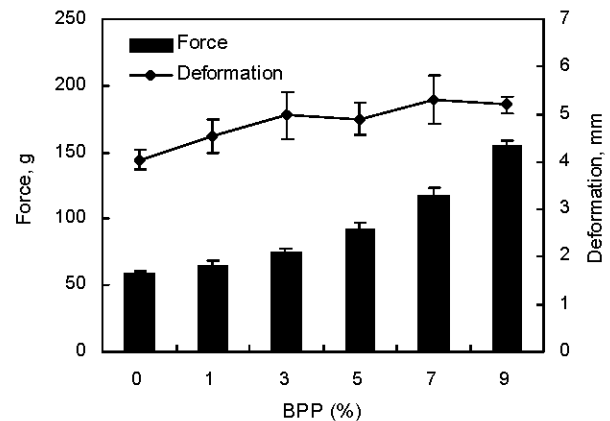


Fig. 5. The effect of bovine plasma protein (BPP) on a breaking force and deformation value of alkali surimi gel from the frozen white croaker.

을 방지하고 비틀림 전단 응력, 전단 변형 및 보수력을 증가시키는 것은 이들 단백질의 단백질 분해효소 저해 효과에 기인한다고 하였으며(8), 난백과 소혈청 단백질 첨가는 중급 명태 수리미 겔의 전단 변형을 증가시킨다고 하였다(6). Chang-Lee 등은 Pacific whiting 수리미에 3%의 난백을 첨가하여 우수한 경도와 탄성을 가진 가열 겔을 만들 수 있다고 하였다(7). 이 같은 보고들은 겔 강도 증강 효과와 비근육 단백질의 형태에 있어서 본 실험의 결과와 일치하였다. 그리고 소혈청 단백질의 첨가는 단백질 자체의 황색도 때문에 가열 겔의 백색도를 감소시키는 것으로 보고되어 있지만(6), 본 실험의 결과에서 백색도를 증가시키는 것으로 나타난 것(Fig. 6)은 수리미 자체의 황색도가 소혈청 단백질의 황색도에 비하여 높기 때문에 첨가한 비근육 단백질에 의한 수리미 황색도의 감소 효과에 기인한 것으로 판단된다.

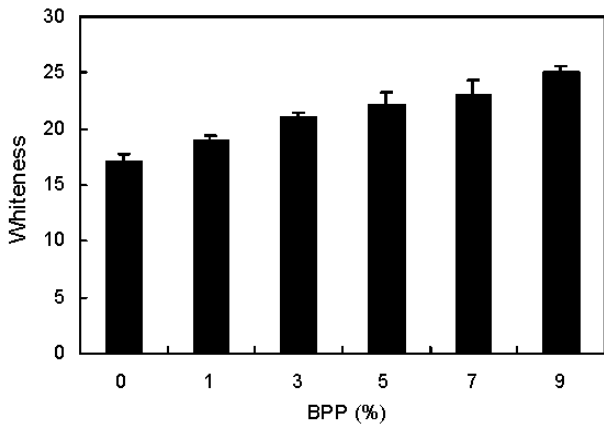


Fig. 6. The effect of bovine plasma protein (BPP) on a whiteness of alkali surimi gel from the frozen white croaker.

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 100 g 이상, 변형 값을 4.6 mm 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. 7). 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 단백을 첨가하여 제조한 수분 함량 78%인 명태 수리미 겔의 가장 높은 강도를 보여주는 혼합 비율은 35%의 전분과 5%의 단백이라고 보고(15)한 것과 다소 차이를 보이고 있으나, 이는 첨가한 전분 및 비근육 단백질의 종류에 따른 차이로 판단된다.

가열 겔의 미세구조

투과전자현미경으로 수세 수리미, 알칼리 수리미와 최적

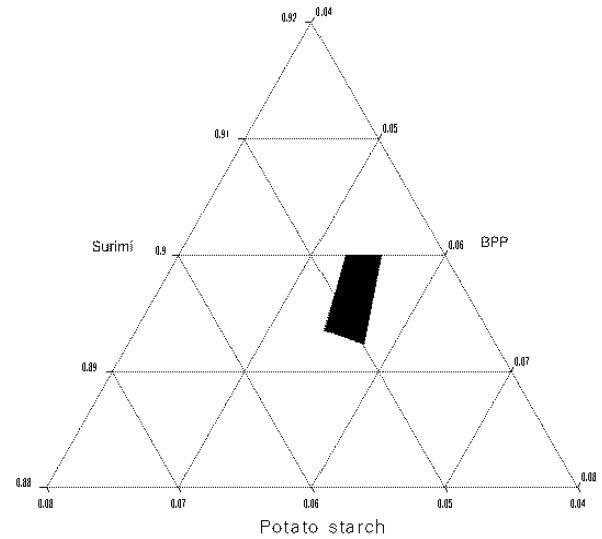


Fig. 7. Ternary plot of ingredient ratio for optimum formulation of alkali surimi gel from the frozen white croaker. BPP means a bovine plasma protein. The breaking force, deformation and whiteness were set above 100 g, 4.6 mm and 25.5, respectively.

조건으로 전분과 비근육 단백질을 첨가한 알칼리 수리미 겔의 구조를 관측한 결과(Fig. 8), 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 단백질 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 어묵은 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(16). 본 실험의 결과

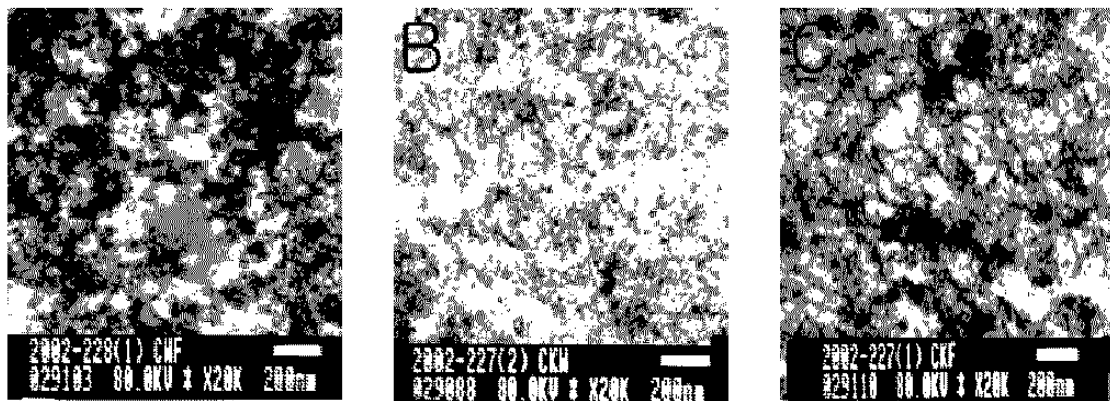


Fig. 8. Electron micrographs of a conventional (A), alkali (B) and optimum formulated surimi gel (C) from the frozen white croaker.

알칼리 수리미의 겔 강도가 수세 수리미에 비하여 다소 높은 것은 단백질의 균일한 분산에 의한 것으로 판단되며, 최적화한 알칼리 수리미 겔의 높은 파괴강도와 변형 값은 첨가한 혈청 단백질이 망상 구조 형성에 기여했기 때문으로 판단된다.

요 약

냉동 백조기로 제조한 알칼리 수리미의 가열 겔 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. 전분은 종류에 관계없이 파괴강도와 변형 값을 감소시켰다. 파괴강도 값은 전분의 농도 증가와 더불어 감소하였고, 변형 값은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 비근육 단백질 중 소혈청 단백질이 겔의 파괴강도와 변형 값을 가장 크게 증가시켰으며, 첨가 농도가 증가함에 따라 파괴강도와 변형 값은 증가하였다. 백색도는 전분과 근육 단백질의 함량이 증가함에 따라 다소 상승하는 것으로 나타났다. 파괴강도 100 g 이상, 변형 값 46 mm 이상, 백색도 25.5 이상을 보이는 수리미, 감자전분, 소혈청의 최적 혼합 비율은 각각 89.4~90.0%, 4.5~5.2%, 5.3~5.8%의 범위였다. 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.

감사의 글

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

문 헌

- 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.
- Yoon WB, Park JW, Kim BY. 1997. Linear programming in blending various components of surimi seafood. *J Food Sci* 62: 561 564, 567.
- Choi YJ, Lee HS, Cho YJ. 1999. Optimization of ingredients formulation in low grades surimi for improvement of gel strength. *J Korean Fish Soc* 32: 556 562.
- Park JW. 2000. Ingredient technology and formulation development. In *Surimi and Surimi Seafood*. Park JW, ed. Marcel Dekker, New York. p 343 391.
- Yoon WB, Park JW, Kim BY. 1997. Surimi starch interactions based on mixture design and regression models. *J Food Sci* 62: 555 560.
- Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J Food Sci* 59: 525 527.
- 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.
- 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.
- 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* 32: 400 405.
- 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* 32: 567 573.
- Okada M. 1964. Effect of washing on the jelly forming ability of fish meat. *Nippon Suusan 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 gels at various test temperatures. *J Aquatic Food Products Technology* 4: 75 83.
- Chen JS, Lee CM, Crapo C. 1993. Linear programming and response surface methodology to optimize surimi gel texture. *J Food Sci* 58: 535 538.
- Sato S, Tsuchiya T. 1992. Microstructure of surimi and surimi based products. In *Surimi Technology*. Lanier TC, Lee C M, eds. Marcel Dekker, New York. p 501 518.

(2003년 6월 5일 접수; 2003년 7월 30일 채택)