

저급 수리미의 젤 강도 증강을 위한 첨가물의 최적화

최영준 · 이호수* · 조영제*

경상대학교 해양생물이용학부 (해양산업연구소), *부경대학교 식품생명공학부

Optimization of Ingredients Formulation in Low Grades Surimi for Improvement of Gel Strength

Yeung-Joon CHOI, Ho-Soo LEE* and Young-Je CHO*

Division of Marine Bioscience / Institute of Marine Industry, Gyeong-Sang National Univ., Tong-Yeong 650-160, Korea

*Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National Univ., Pusan 608-737, Korea

The increasing price of surimi has affected the economical benefits of surimi based food industry. To maintain gel strength in low grade surimi, the optimum formulation adding functional proteins to low grade surimi is required. The objective of this study was to develop the optimum formulation of ingredients in making gels in low grade surimi on the addition of functional non-muscle proteins to low grade surimi by measuring rheological properties of the gels. The rheological qualities of the cooked gels made with A and RA grade surimi on the effects of adding five kinds of starches (potato, wheat, waxy maize, corn and modified corn) and four kinds of functional proteins (bovine plasma protein, dehydrated egg white, soy protein isolate and whey protein concentrate) to the gels were evaluated. The gel strengths at cooking with A and RA grade surimi were decreased with increasing the added starches. The kind of starches added affected little the gel strengths in RA grade surimi, while potato and corn starches decreased at the least in gel strengths of the gel made with A grade surimi with increasing the concentration of starches. The bovine plasma protein (BPP) significantly increased the gel strength, especially in RA grade surimi, but BPP decreased the whiteness of the gel. Therefore, the optimum content of BPP was up to 2% because of the whiteness of the gels in RA grade surimi. The optimum formulation for the gel with RA grade surimi to satisfy the gel strength of 1000×g and 78% moisture was 40.9% surimi, 9.1% dehydrated egg white (DEW) and 0.9% starch, while that with A grade surimi under the same condition was 37.9% surimi, 6.6% DEW and 3.4% starch.

Key words: surimi gel, formulation, non muscle protein, gel strength

서 론

연제품의 일차적인 품질 요소는 탄력과 색깔이며, gel 생성 능력과 제품의 탄력은 surimi의 품질, 첨가물의 종류 및 사용량, 가열 방법 등에 의해 영향을 받는다. 현재와 같이 고품질 surimi의 가격 상승과 제한적인 공급에서는 미이용 어자원을 이용한 대체 원료의 개발이 시급한 실정이지만, 국내에서 이용 가능한 적절한 어자원의 부족과 가공 방법의 미흡 등으로 인하여 제대로 이루어지고 있지 않은 실정이다. 따라서, gel 형성능이 다소 떨어지는 저급 원료에 적절한 첨가물을 첨가하고, 이들 첨가물의 최적화 조건을 구명함으로써 gel 형성능 저하로 인한 가공 적성의 한계를 극복하고, 최종 품질을 개선할 수 있는 방안을 모색하는 것이 미이용 어자원의 가공 방법 수립에 선행되어야 할 것으로 보인다.

냉동 surimi를 이용한 수산 연제품의 gel 형성능에 관한 연구 중에서 전분과 관련하여, Wu et al. (1985)은 전분이 어육 연제품의 단순 충전제이며, surimi 단백질의 matrix 형성에 기여하기보다는 다량의 물과 결합하는 능력 때문에 gel화 효과를 수반한다고 보고하였으며, Chen (1987)은 최대의 gel 강도를 얻기 위한 전분의 최적 첨가량은 전분의 형태에 따라 다르다고 하였다. Kim and Lee (1987)은 전분의 gel 강도와 수분 함량간에는 밀접한 상관이 있다고 하였고, Ymazawa (1991)는 전분 입자는 연육 주변의 물을 흡수하고, 전분의 수분 흡수 능력에 따라 팽윤함으로써 농

축된 단백질은 연제품에 강한 tensile strength를 준다고 보고하였다. 한편, 연제품에 첨가하는 비근육 단백질의 gel 강도 증강 효과와 관련하여, 난백은 gel의 색과 윤택을 부가하기 위하여 사용하며, 6% 수준에서 gel 강도를 최대로 증가시키고, 단백질 분해 효소 저해제를 포함하고 있어서 gel 붕괴 현상의 방지에 기여할 수 있지만, 과다한 사용은 불쾌취를 낸다 (Chen, 1987). Yamashita and Seki (1995)는 egg albumin을 포함한 surimi paste를 90℃에서 가열했을 때는 gel 강도가 다소 증가하나, egg yolk의 첨가는 gel 강도를 현저히 감소시킨다고 보고하였다. Chung (1990)은 유장 단백질의 사용은 surimi의 gel 강도를 저하시키는 것으로 보고하였지만, ALACO surimi plus (New Zealand milk product Co.)와 Nutrilac (MD Food Co.) 등은 단백질 분해 효소의 활성 억제뿐만 아니라 surimi gel의 탄력을 증강시킨다. 최근 어육 중에 TGase의 존재가 확인되고 (Seki et al., 1990; Kimura et al., 1991), gel 강도 증강 효과가 인정됨에 따라서 (Sakamoto et al., 1995), 소 혈장 단백질을 이용한 surimi gel 증강 효과에 관하여 많은 연구가 이루어지고 있으며, 소 혈장 단백질의 gel 강화 효과는 비공유 결합의 강화 및 근원섬유단백질과 혈장 단백질의 상호작용 강화 (Yasunaga, 1997), α₂-macroglobulin에 의한 cystein 및 serine 계열 단백질 분해 효소 작용의 억제 (Ashie and Simpson, 1996) 등에 기인하며, 소 혈장 단백질은 민대구 surimi gel의 강화에 효과적인 것으로 알려져 있다 (Seymour et al., 1997).

그러나 빈번하게 사용하는 비근육 단백질의 종류 별 gel 강화 효과를 상대적으로 비교하고, 어육 gel 제조를 위한 비근육 단백질의 최적화를 시도한 연구는 거의 수행되어 있지 않다. 그래서, 본 연구는 저급 surimi의 gel 강도 증강 방법을 수립하기 위하여, 전분 및 비근육 단백질의 첨가가 gel 강도에 미치는 영향을 punch test 및 색차를 통해 측정하고, 통계 프로그램을 이용하여 첨가물의 최적화를 시도하였으며, 전기영동 및 DSC 분석을 통하여 비근육 단백질의 gel 강화 기구를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 재료

부산시 남부민동 소재 (주) A사에서 제조 기간이 6개월을 넘지 않은 A 및 RA급의 냉동 명태 surimi를 구입하여, 실험실로 운반한 다음, 약 10×15 cm의 블록으로 절단하여 polyethylene bag에 포장한 후, -20℃의 동결고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

옥수수 전분, Waxy Maize 전분, 수식 옥수수 전분, 밀 전분은 인천시 가좌동에 소재하는 (주) S사에서, 감자 전분은 시중의 농협에서 각각 구입하였으며, 비근육 단백질로써 soy protein isolate (SPI, Supro 538, Protein Technology International, St. Louis, MO), whey protein concentration (WPC, Nutrilac 7723, MD Foods Ingredients Union, NJ), beef plasma protein (BPP, AMPC, Ames, IA), dried egg white (DEW, 54822, Prineff, Cameron, Wisconsin)을 각각 사용하였다. 그외 전기영동 시약은 Sigma사의 전기영동급 시약을, 그밖의 시약은 특급을 사용하였으며, 실험에 사용한 증류수는 모두 재증류한 탈이온수를 사용하였다.

2. 일반성분 및 pH의 측정

수분은 상압가열 건조법, 조단백질 함량은 semi-micro Kjeldahl법, 회분은 건식화법으로 측정하였으며 (AOAC, 1990), pH는 시료 10g에 증류수 100mL를 가하여 Ultra-Truux (Ika, 25-T, German)로 1분 동안 균질화한 후, pH meter (Okidan, Japan)로 측정하였다.

3. 어육 gel의 제조

냉동 surimi를 5℃에서 자연 해동시킨 후, 약 5 cm³의 크기로 잘라 Stephan mixer (UM 5, Stephan Machinery Co.)에서 약 1분 동안 분쇄하여 2%의 식염과 최종 수분함량이 78%가 되도록 계산한 얼음물 및 실험 조건에 따른 첨가물을 첨가하여 mortar (4℃)에서 10분 동안 고기갈이 하였다. 고기갈이를 마친 육은 기포가 들어가지 않도록 강철관 (직경 20 mm, 길이 200 mm)에 충전하여 밀봉한 다음에 90℃의 수조에서 30분 동안 가열한 후, 얼음물에서 15분 동안 냉각시키고 하룻밤 냉장고에서 보관한 다음 실험에 사용하였다.

4. 단백질 농도 측정

용액의 단백질 농도는 Bradford (1976)법에 따라 595 nm에서

비색 측정된 후, bovine serum albumin으로 작성한 표준곡선에 따라 단백질 농도를 계산하였다.

5. Gel 강도의 측정

Gel 강도는 Rheometer (CR-100D, Sun Science Co., Japan)를 사용하여 어육 편 (20 mm×20 mm)의 절단면에 직경 10 mm의 구형 plunger를 60 mm/min의 속도로 어묵이 파열될 때까지 상승시킨 후, 이때 plunger에 가해진 하중량 (×g)으로 측정하였다.

6. 색차

색차는 조제한 어묵의 절단면에 대하여 직시 색차계 (JUKI-JC 801, Japan)로 Hunter 색차계에 의한 L값, a값, b값을 측정하였으며, 이때 백색도는 Park (1994)의 방법에 따라 L*·3b*의 식에 따라 계산하였다.

7. SDS-polyacrylamide gel (SDS-PAG) 전기영동

마쇄한 어육 0.5 g에 7.5 mL의 8 M urea-2% SDS-2% 2 mercaptoethanol-20 mM Tris-HCl, pH 6.8 완충액을 가하여 90℃의 항온 수조에서 20분 동안 가열한 후, 100 rpm의 속도로 흔들어주면서 실온에서 20시간 추출하여 0.1% SDS-20 mM Tris-HCl, pH 6.8에서 하룻밤 투석한 용액을 전기영동 시료로 사용하였다. SDS-PAG 전기영동은 Laemmli (1970)의 방법에 따라 5% polyacrylamide gel에서 실시하였으며, 전기영동용 완충액은 25 mM Tris-192 mM glycine (pH 8.3)을 사용하였다. 전기영동 시료와 표준 단백질은 각각 20 μL씩을 loading하여, well 당 3.3 mA의 전류를 흘렸다. 전기영동 후에 gel은 0.1% Coomassie brilliant blue R-250으로 염색하며, 탈색은 methanol:초산:증류수 (1:1:8, v/v/v)용액으로 완전히 탈색될까지 행하였다.

8. DSC (Differential scanning calorimetry) 분석

DSC 분석은 thermal analyst 2000을 station으로 장착한 DuPont 910 DSC (Dupont Instrument, Wilmington, DE, USA)로 실시하였으며, 단백질은 2%의 NaCl 용액에 9% 농도가 되게 분산시켜 진공하에서 거품을 제거한 후, 분석용 시료로 사용하였다. 분석을 위해 단백질 농도가 9%인 단백질 용액 12-14mg을 stainless steel pan에 넣어 밀봉한 다음, 시료 pan에 loading하고, reference는 2%의 NaCl 용액을 사용하였다. 시료는 10℃/min의 속도로 25℃에서 95℃까지 가열하였으며, 엔탈피, onset 온도 및 peak 온도는 자동으로 계산하였다.

9. Screenig 및 mixture design

Gel 강도 및 색차에 미치는 각 첨가물의 영향을 평가하고, 최적 첨가물을 선택하기 위하여 16가지 첨가물 배합 pattern으로 screening design (JMP, SAS Inc., NC, USA)을 실시하여, 최적 첨가물을 선택한 후, 냉동 surimi, 비근육 단백질, 전분에 대하여 mixture design을 실시하여 각 첨가물의 최적 혼합 비율을 구하였다. 혼합 비율에 따른 시료명과 첨가물의 첨가량은 Table 1과 같다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

명태 surimi와 비근육 단백질 첨가물의 일반성분을 Table 2에 나타내었다. RA급 surimi의 수분 함량은 75.6%였으며, A급 surimi의 수분 함량은 73.6%로써 등급간에 약 2%의 수분 함량 차이를 보이고 있었으며, 조단백질 함량도 A급이 17.6%로써 RA급의 15.3%에 비하여 2% 가량 높게 나타났다. 수분 함량으로 미루어, 본 실험에 사용한 냉동 surimi는 비교적 하위 등급에 속하는 것임을 확인할 수 있었다. 수분 함량은 surimi의 등급을 결정하는 중요한 기준으로써 상위 등급일수록 수분함량이 적다 (Lanier, 1992). Park and Morrissey (1995)은 11개의 주요 냉동 surimi 제조업체의 북양 명태 surimi의 등급 체계를 조사한 결과, 대부분의 회사들이 최상급을 SA로 표시하였으며, 두 번째 등급은 FA로 표시하였으나, 그외의 하위 등급은 회사에 따라 표시 방법이 달랐고, SA와 FA등급은 수분함량 73.5~74.5%, 그 이하의 등급은 수분함량 74.1~77.0%로서 수분 함량에 있어서도 회사별로 차이를 보인다고 하였다. 회분 함량은 A와 RA급에서 1% 미만이었으며, 그외 8~9%는 sucrose, sorbitol과 같은 냉동 변성 방지제로 추정

Table 1. Formulation for screening design of starch and non-muscle protein (Unit; %)

Pattern	Starch					non-muscle protein			
	Potato	Wheat	Corn	Waxy M-corn		BPP	DEW	SPI	WPC
A	0	0	0	0	3	0	0	0	0
B	0	0	0	3	0	2	0	0	0
C	0	0	3	0	0	0	0	2	0
D	0	0	3	3	3	2	0	2	0
E	0	3	0	0	0	0	2	0	0
F	0	3	0	3	3	2	2	0	0
G	0	3	3	0	3	0	2	2	0
H	0	3	3	3	0	2	2	2	0
I	3	0	0	0	0	0	0	0	2
J	3	0	0	3	3	2	0	0	2
K	3	0	3	0	3	0	0	2	2
L	3	0	3	3	0	2	0	2	2
M	3	3	0	0	3	0	2	0	2
N	3	3	0	3	0	2	2	0	2
O	3	3	3	0	0	0	2	2	2
P	3	3	3	3	3	2	2	2	2

Waxy ; waxy Maize DEW ; dried egg white
 M-corn ; Modified corn SPI ; soy protein isolate
 BPP ; bovine plasma protein WPC ; whey protein concentrate

Table 2. Proximate composition of frozen surimi and non-muscle proteins (Unit; %)

	Moisture	Crude protein	Ash	pH
A grade surimi	73.6 ± 0.0	17.5 ± 0.1	0.7 ± 0.0	7.4
RA grade surimi	75.6 ± 0.1	15.3 ± 0.1	0.6 ± 0.0	7.3
BPP	7.2 ± 0.2	69.6 ± 0.0	12.4 ± 0.3	7.2
DEW	9.1 ± 0.1	79.0 ± 0.1	6.2 ± 0.2	6.8
SPI	5.9 ± 0.2	74.3 ± 0.0	4.3 ± 0.0	7.0
WPC	8.2 ± 0.2	73.1 ± 0.1	2.6 ± 0.0	7.0

된다. A 및 RA급의 pH 값은 각각 7.4와 7.3으로써 냉동 surimi 품질 기준인 7.0을 상회하였다.

첨가한 비근육 단백질의 수분 함량은 소 혈청 단백질(BPP) 7.2%, 난백 단백질(DEW) 9.1%, 대두단백질(SPI) 5.9%, 유장 단백질(WPC) 8.2%로써 난백 단백질이 가장 높았으며, 단백질 함량은 난백 단백질이 가장 높은 79.0%였고, 소 혈청 단백질이 가장 낮은 69.6%였다.

2. Gel 형성능에 미치는 전분의 영향

전분의 종류가 gel 강도에 미치는 영향을 분석하고, 가장 적절한 전분을 선별하기 위하여 screening design법으로 16가지의 pattern에 따라 전분을 배합한 후 (Table 1), gel 강도를 측정하여 결과를 분석하였다 (Fig. 1, Table 3). 첨가한 모든 전분에서 전분 농도가 증가함에 따라 gel 강도는 감소하는 것으로 나타났으며, RA급에서는 A급에 비하여 전분 종류에 따른 차이는 적었으나, 수식 옥수수 전분이 gel 강도에 가장 적은 영향을 주었고, 옥수수 및 감자 전분은 거의 비슷한 수준으로 gel 강도에 영향을 미치고 있었으나, waxy maize 전분은 첨가 농도가 증가함에 따라 gel 강도를 현저히 저하시키는 것으로 나타났다. A급에서는 전분 종류가 gel 강도에 미치는 영향이 뚜렷하게 나타나서 감자 및 수식 옥수수 전분은 gel 강도에 미치는 영향이 상대적으로 적었지만, 밀, waxy maize 및 옥수수 전분은 gel 강도 감소에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

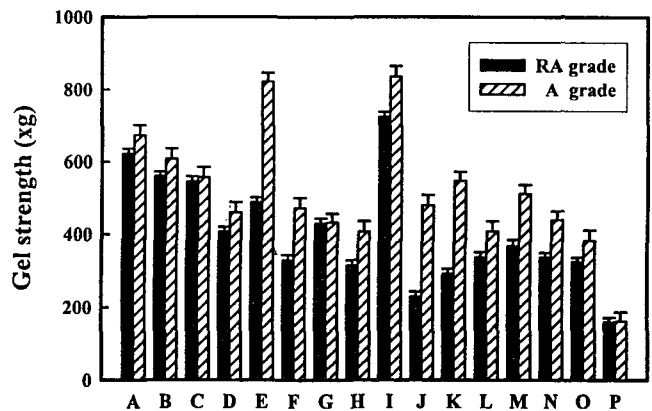


Fig. 1. Effect on gel strength of surimi by adding starch. See Table 1 for legend.

Table 3. Estimation parameters of starches by screening design

Starch	RA grade			A grade		
	Estimate*	Effect test		Estimate	Effect test	
		F ratio	Prob>F		F ratio	Prob>F
Potato	-57.9	12.8406	0.0050	-41.8	5.1075	0.0474
Wheat	-60.3	9.5434	0.0115	-58.8	10.1461	0.0097
Corn	-53.2	7.4127	0.0215	-93.0	25.3432	0.0005
Waxy maize	-70.0	12.8406	0.0050	-83.0	20.1860	0.0012
Modified corn	-49.7	6.4740	0.0291	-45.0	5.9309	0.0351

* Orthogonal estimate

전분은 어육 gel에서 근원섬유 단백질의 단순 충전제로 작용하며, matrix와 직접 상호작용을 하거나, matrix 형성에 유의적인 영향을 미치는 것은 아니며, 감자 전분은 팽윤 정도가 크고, 다량의 물과 결합하기 때문에 가장 큰 gel화 효과를 가진다고 보고하였다 (Wu et al., 1985). Yamazawa (1991)은 수분의 흡수 능력이 큰 전분이 tensile strength와 어육의 보수력을 증가시킨다고 하였으며, Park (1995)은 전분 농도가 증가함에 따라 냉동 surimi의 상대적인 양은 줄기 때문에 전단 응력은 감소하나, 전분 농도 12% 첨가 시까지 전단 변형력은 변하지 않고, 5%의 전분을 첨가했을 때 gel의 온도가 상승함에 따라 전단 응력은 급속히 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서 사용한 gel 강도 측정 방법은 torsion test로 측정한 전단 응력과는 좋은 상관을 가지나, 전단 변형력을 반영하지 못하기 때문에 (Lanier, 1992), 전단 변형력의 변화는 알 수 없으나, 전단 응력의 변화는 본 실험의 결과와 거의 일치함을 알 수 있다.

3. 어육 gel에 미치는 비근육 단백질의 영향

1) Gel 강도에 미치는 영향; BPP, DEW, SPI 및 WPC가 어육 gel 강도에 미치는 영향을 조사하였다 (Fig. 3, Table 4). 각 비근육 단백질을 2% 첨가하여 무 첨가군과 gel 강도를 비교한 결과 (B, C, E, I), RA급은 WPC를 제외하고는 모두가 gel 강도 증강에 기여하였으며, A급은 모든 비근육 단백질 첨가군에서 gel 강도가 증가하였다. 이와 같은 결과는 Park (1994)이 북양 명태 surimi에 1%의 비근육 단백질 첨가는 전단 응력을 향상시킨다는 보고와 거의 일치하고 있다. 그러나, screening design하여 gel 강도를 측정된 결과, BPP를 제외한 나머지 비근육 단백질은 첨가 농도의 증가와 더불어 gel 강도를 감소시키는 것으로 나타났다. RA급에서는 WPC>SPI>DEW의 순으로 첨가한 단백질 농도가 증가함에 따라 gel 강도가 감소하였고, A급에서는 DEW>WPC>SPI의 순으로 gel 강도가 감소하였다. 이와 같은 실험 결과는 McCord et al. (1998)가 염용성 단백질에 첨가한 유장 단백질 농축물, 유장 단백질 단리물 혹은 대두단백질 단리물은 gel 강도를 감소시킨다고 한 보고와 Yoon et al. (1999)이 fibrinogen과 thrombin 혼합물을 3~5% 첨가했을 때 저급 품질의 surimi는 첨가하지 않은

경우에 비하여 높은 stress와 strain을 가진다고 한 보고와 거의 일치하고 있다. Weerasinghe et al. (1996)은 WPC는 Pacific whiting surimi에 4% 첨가 시까지 전단 응력을 증가시키나, BPP만큼 높지는 않다고 하였다. 그리고 Yasunaga et al. (1997)은 plasma powder의 gel 강화 효과는 비공유 결합에 의한 근원섬유와의 상호작용, myosin heavy chain 양의 감소 억제에 기인하는 것으로 보고하였다.

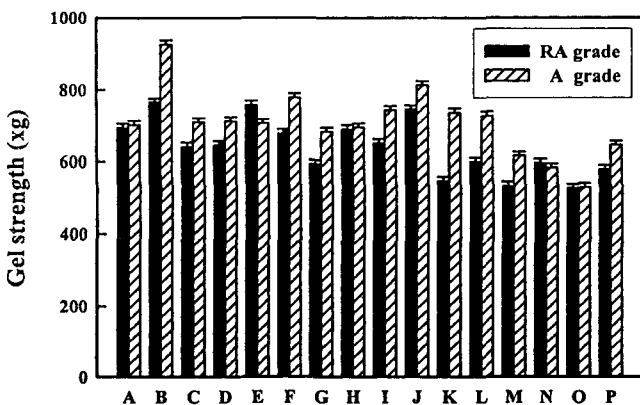


Fig. 2. Effect on gel strength of surimi by adding non-muscle proteins. See table 1 for legend.

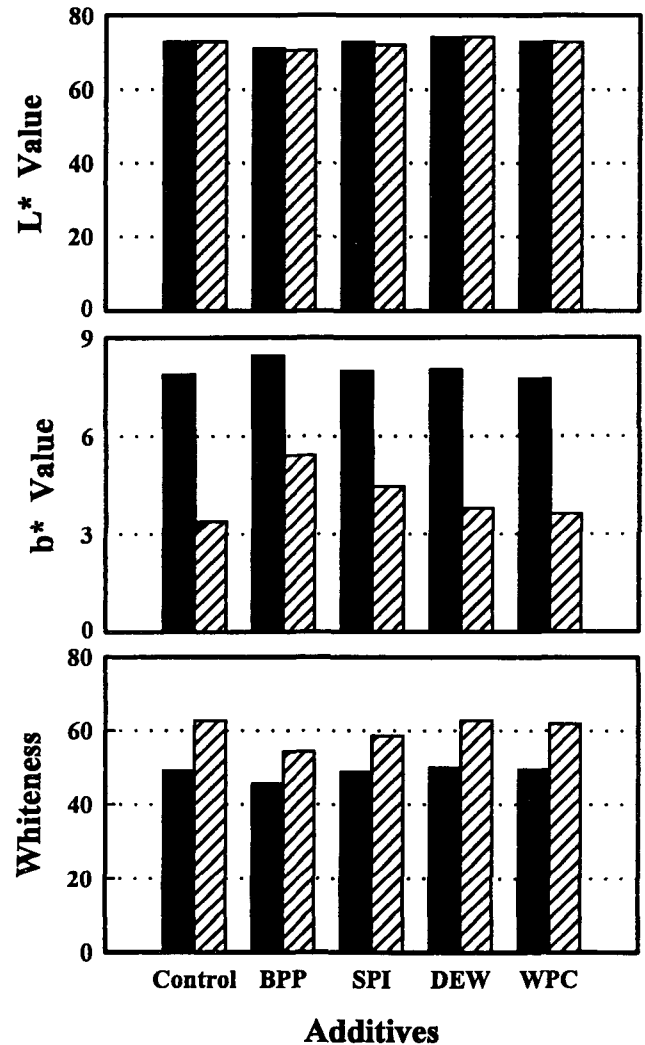


Fig. 3. Effect of non-muscle protein on gel color. RA grade (solid bar), A grade (hatched bar)

Table 4. Estimation parameters of non-muscle protein by screening design

Starch	RA grade			A grade		
	Estimate*	Effect test F ratio	Prob>F	Estimate	Effect test F ratio	Prob>F
BPP	22.36	22.7780	<.0001	28.70	21.0950	<.0001
DEW	-20.99	21.0709	<.0001	-52.14	21.7594	<.0001
SPI	-32.32	61.1651	<.0001	-26.85	72.8241	<.0001
WPC	-43.28	78.2813	<.0001	-32.47	30.4805	<.0001

* Orthogonal estimate

2) 색차에 미치는 영향: 비근육 단백질이 색차에 미치는 영향을 측정하기 위하여 2% 식염, 6%의 감자 전분과 2% 농도의 비근육 단백질을 각각 첨가하여 어묵을 제조한 후, 직시 색차계로 L, a 및 b값을 측정하여 명도와 b값 및 백색도를 나타내었다 (Fig. 3). Park (1994)에 의하면, 어묵의 색차 측정에 녹색도는 거의 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 백색도의 표현도 NFI의 방법 (1991)에 의하기보다는 $L^* - 3b^*$ 의 간편법이 백색도를 표현하는데 효과적이라고 보고하였다. 따라서, 본 실험의 결과에서 녹색도는 표현하지 않았으며, 백색도는 Park (1994)의 방법에 따라 표시하였다.

비근육 단백질을 첨가하지 않은 대조구의 명도는 RA와 A급에서 각각 72.81과 72.77로서 큰 차이를 보이지 않았으나, 황색도는 RA급이 7.89로서 A급의 3.39에 비하여 높은 값을 나타내었으며, 이 같은 황색도의 증가로 인하여 백색도 역시 RA급이 49.14로서 A급의 62.60에 비하여 현저히 낮은 값을 보이고 있었다. 3%의 전분을 첨가하여 선상 surimi로 제조한 어묵의 백색도 기준이 1등급 60.0이상, 6등급은 50.0이상임을 감안하면 (Lanier, 1992), A급은 이 기준을 상회하지만, RA급은 6등급의 기준에도 미달하고 있는 것으로 나타났다.

BPP의 첨가는 전체적으로 황색도를 증가시켰으며, A급이 RA급에 비하여 높은 황색도를 보였고, 백색도 역시 A급에서 많이 감소하는 경향을 보였다. DEW와 WPC는 백색도에 있어 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으며, SPI도 BPP와 마찬가지로 농도가 증가함에 따라 황색도가 증가하는 것으로 나타났다.

4. SDS-PAG 전기영동

BPP, DEW, SPI 및 WPC를 각각 5% 첨가하여 조제한 어묵에 있는 myosin heavy chain 중합체의 존재를 확인하기 위하여 SDS-PAG 전기영동을 실시하였다 (Fig. 4). 대조구와 BPP 첨가구에서 중합체의 존재를 확인할 수 있었으나, 두 시료 사이에 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 이 같은 실험 결과는 BPP 단백질의 첨가가 myosin heavy chain의 중합에 기여하지 않음을 나타내는 것으로써 BPP의 첨가에 의한 gel 강화 효과는 중합체 생성보다는 근원섬유 단백질과 BPP 사이의 비공유 결합 증가에 기인하는 것으로 판단된다. 그리고, Yoon et al. (1999)은 fibrinogen과 thrombin의 1:20 혼합물의 gel화 시간은 5°C에서 40°C까지 상승함에 따라 점진적으로 감소하며, G'와 G'' 값은 30°C 이상에서 증가한다고 보고한 것에 미루어, 소 혈청 단백질에 의한 gel 강화 효과는 자연 응고 과정에서 이루어지는 것으로, 본 실험과 같이 자연 응고 과정을 생략한 경우는 거의 효과가 없는 것으로 판단된다. Plasma 단백질의 gel 강화 효과와 관련하여 Yasunaga et al. (1997)이 bovine plasma의 gel 강화 효과는 비공유 결합을 통한 근원섬유 단백질과 plasma 단백질의 상호작용에 기인한 것이며, 가교 결합한 myosin heavy chain의 존재는 인정되지 않는다고 보고하였다.

5. DSC분석

첨가한 단백질의 열 특성과 변성 전이 온도를 알아보고, 어묵 gel화 온도에 미치는 영향을 조사한 결과, 모든 단백질에 2개의 뚜렷한 열전이 형태를 보였다 (Table 5). 2% NaCl에서 난백 단백질이 어묵 gel의 가열 온도인 80°C 부근에서 가장 큰 엔탈피

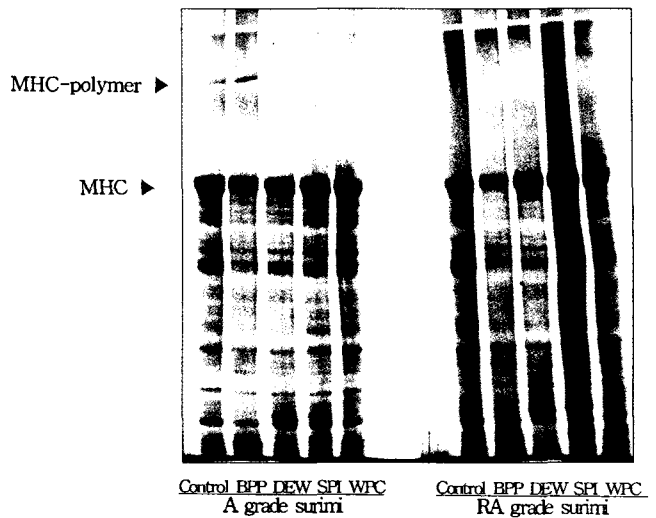


Fig. 4. SDS-PAGE patterns of surimi (control), surimi with BPP (bovine plasma protein), surimi with DEW (dried egg white), surimi with SPI (soy protein isolate) and surimi with WPC (whey protein concentrate). MHC ; myosin heavy chain
MHC-polymer ; myosin heavy chain polymer

Table 5. Thermal properties of non-muscle proteins in 2% NaCl solution

	Peak 1			Peak 2		
	To ^a	Tp ^b	ΔH ^c	To	Tp	ΔH
BPP	61.6 ± 0.1	68.7 ± 0.6	21.9 ± 1.0	77.1 ± 0.3	81.4 ± 0.3	11.2 ± 0.4
DEW	64.6 ± 3.5	69.9 ± 1.4	33.1 ± 0.5	75.5 ± 0.8	81.6 ± 0.5	75.4 ± 6.8
SPI	63.5 ± 2.2	69.9 ± 0.3	14.0 ± 0.5	76.6 ± 1.8	83.1 ± 0.1	8.3 ± 1.5
WPC	64.8 ± 2.4	69.6 ± 0.5	4.8 ± 0.8	76.3 ± 1.6	81.8 ± 0.7	11.6 ± 0.9

^aDenaturation onset temperature (°C)

^bDenaturation peak temperature (°C)

^cEnthalpy of denaturation (J/g)

변화를 보여 가장 큰 구조 변화를 겪는 것으로 나타났으며, BPP는 다른 단백질에 비하여 낮은 onset 온도와 전이 온도를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이 같은 실험의 결과는 어묵의 gel화가 진행되는 온도와 BPP의 구조 변화 온도가 거의 일치함으로써 BPP는 어묵 gel의 망상 구조 형성에 기여하는 것으로 보인다. 본 실험의 결과는 Raeker and Johnson (1995)이 모든 혈장 단백질은 주요 난백 단백질보다 낮은 온도에서 변성한다고 보고한 것과는 일치하고 있었으나, 난백 단백질은 각각 67°C (conalbumin)와 84.5°C (ovalbumin)에서, 혈장 단백질은 70°C, 77°C 및 83°C에서 DSC peak를 보인다고 보고한 것과는 다소 차이를 보이고 있었다. 이와 같은 차이는 단백질이 녹아있는 용매의 차이에 기인하는 것으로 보이며, 일반적으로 단백질은 NaCl 용액에서는 증류수에 비하여 빠른 속도로 변성한다. 대두 단백질의 주요 펩티드인 glycinin은 85°C 이상의 온도에서 myosin과 상호작용하며, β-conglycinin은 50~100°C에서 myosin heavy chain의 응집을 감소시킨다고 하였다 (Peng and Nielsen, 1986). 그리고 Utsumi and Kinsella (1985)는 대두 단백질 gel의 구조적인 matrix는 disulfide 결합과 수소결합에 의해 유지된다고 보고하였다.

6. 최적화 Formulation

Screening design을 통하여 gel 강화에 효과가 있다고 인정된 감자 전분, DEW, BPP를 인자로 설정하고 mixture design을 이용하여 이들 첨가물의 RA 및 A급 냉동 surimi에 대한 최적화를 시도하였다.

사용한 인자의 제한 조건은 DEW는 10% 이하, BPP 5% 이하, 전분 10% 이하로 제한하였다. 이는 10% 이상의 DEW 첨가는 역한 계란 냄새를 유발하기 때문이며, 5% 이상의 BPP 첨가는 황색도의 증가를 초래하여 제품 전체의 백색도를 감소시키기 때문이다. 그리고, 전분의 경우는 맛살류 제품의 전분 함량을 10% 이하로 규정한 한국식품공업 규격을 참고하였다. 한편, 최적 formulation의 종속 변수인 gel 강도는 1000xg로 규정하였으며, 어묵의 수분 함량은 78%로 고정하였다.

이같은 제한 조건하에서 최적화를 시도한 결과 (Fig. 5, 6), A급에서 gel 강도 1000xg를 만족시키면서 surimi 소모량이 가장 적은 formulation은 DEW 6.6%, starch 3.4%, surimi 37.85%였으며, RA급은 DEW 9.12%, 전분 0.88%, surimi 40.93%였다.

요 약

전분은 종류에 관계없이 첨가량을 증가시키에 따라 gel 강도는 저하하였으며, RA급 냉동 surimi은 전분의 종류에 큰 영향을 받지 않은 반면, A급은 감자전분 및 수수 옥수수전분이 농도 증가에 따른 gel 강도 감소에 가장 적은 영향을 미치는 것으로 나타났다. WPC, DEW 및 SPI는 첨가량이 증가함에 따라 gel 강도는 감소하였으나, BPP는 gel 강도를 증가시키는 것으로 나타났으며,

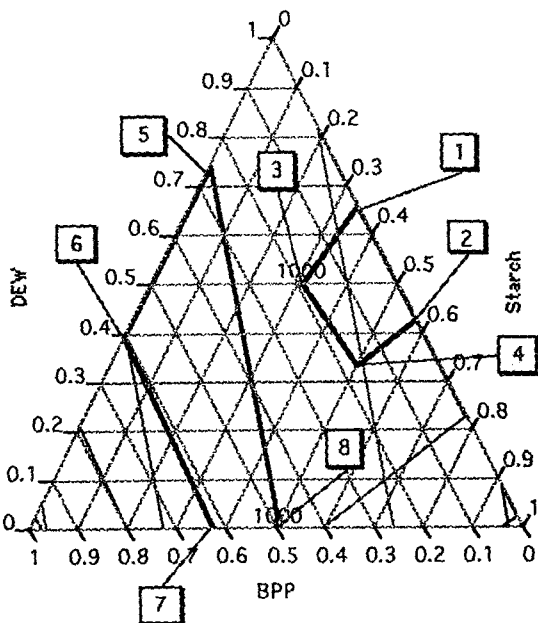


Fig. 5. Ternary plot with mixture ratio of adding three factors (DEW, BPP and starch) in A grade surimi products.

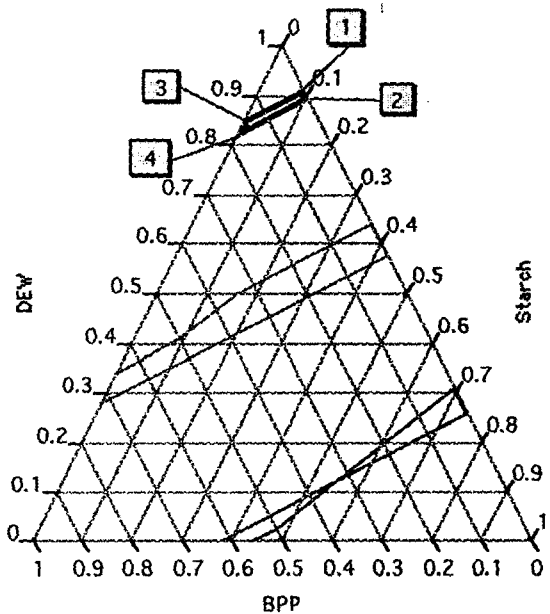


Fig. 6. Ternary plot with mixture ratio of adding three factors (DEW, BPP and starch) in RA grade surimi products.

이 같은 효과는 RA급에서 현저하였다. BPP의 gel 강도 증가 효과는 낮은 변성온도와 열 변성에 따른 구조 변화가 어육 gel의 matrix 강화에 영향을 미치는 것으로 판단된다. RA급을 이용한 어육 gel 제조시 백색도에 큰 영향을 미치지 않는 2% 범위 내에서 gel 강도 강화를 위해 사용할 수 있는 것으로 나타났다. Gel 강도 1000xg를 제한 인자로 하였을 때, 냉동 surimi의 소모량이 가장 적은 formulation은 A급에서는 A급 surimi 37.8% DEW 6.6%, 전분 3.4% 였으며, RA급에서는 RA급 surimi 40.9%, DEW 9.1%, 전분 0.9%이었다.

참 고 문 헌

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed., Assoc. of Offic. Anal. Chem., Arlington.

Ashie, I.N.A. and B.K. Simpson. 1996. α 2-macroglobulin inhibition of endogenous proteases in fish. *J. Food Sci.*, 61, 357~361.

Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, 248~254.

Chen, J.S. 1987. Optimization in the formulation of surimi based extrude products. MS thesis, University of Rhode Island, Kingston, USA.

Chung, K.H. 1990. Texture modifying effect of non muscle proteins in surimi gel. Doctorial thesis. University of Rhode Island, Kingston, USA.

Kim, J.M. and C.M. Lee. 1987. Effect of starch on textural properties of surimi gel. *J. Food Sci.*, 52, 722~725.

Kimura, I., M. Sugimoto, K. Toyoda, N. Seki, K. Arai and T. Fujita. 1991. A study on the crosslinking reaction of myosin in

- kamaboko "suwari" gels. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1389~1396.
- JMP. 1995. Statistics and graphics. SAS Institute Inc., NC, USA.
- Laemli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680~685
- Lanier, T.C. 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. in "Surimi Technology" T. C. Lanier and C. M. Lee (eds.), Marcel Dekker, New York, pp.123~163.
- McCord, A., A.B. Smith and E.E. O'Neill. 1998. Heat-induced gelation properties of salt-soluble muscle proteins as affected by non-meat proteins. *J. Food Sci.*, 63, 580~583.
- MD Food Ingredients. 1996. Nutrilac SU-7723 as a functional ingredient for surimi seafood. Technical report, MD Food Ingredients Inc.
- NIF. 1991. A manual of standard methods for measuring and specifying the properties of surimi. T. C. Lanier, K. Hart and R. E. Martin (ed.), National Fisheries Institute, Washington, D. C.
- Park, J.W. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J. Food Sci.*, 59, 525~527.
- Park, J.W. 1995. Effect of salt, surimi and/or starch content on fracture properties of gels at various test temperatures. *J. Aquatic Food Product Technology*, 4, 75~83.
- Park, J.W. and M.T. Morrissey. 1995. The need for developing uniform surimi standards. in "The textbook of OSU surimi school" J. W. Park (ed.), Oregon State Univ., Astoria, OR.
- Raeker, M.O. and L.A. Johnson. 1995. Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins. *J. Food Sci.*, 60, 685~706.
- Peng, I.C. and S.S. Nielsen. 1986. Protein-protein interactions between soybean beta-conglycinin (B1-B6) and myosin. *J. Food Sci.*, 51, 558~590.
- Sakamoto, H., Y. Kamazawa, S. Toiguchi, K. Seguro, T. Soeda and M. Motoki. 1995. Gel strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during onshore surimi manufacture. *J. Food Sci.*, 60, 301~304.
- Seki, N., H. Uno, N-H. Lee, I. Kimura, K. Toyoda, T. Fujita and K. Arai. 1990. Transglutaminase activity in Alaska pollack muscle and surimi and its reaction with myosin B. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 125~132 (in Japanese).
- Seymour, T.A., M.Y. Peters, M.T. Morrissey and H.J. An. 1997. Surimi gel enhancement by bovine plasma proteins. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2919~2923.
- Utsumi, S. and J.E. Kinsella. 1985. Forces involved in soy protein gelation: Effects of various reagents on the formation, hardness and solubility of heat-induced gels made from 7S, 11S, and soy isolate. *J. Food Sci.*, 50, 1278~1282.
- Weerasighe, V.C., M.T. Morrissey, Y.C. Chung and H.J. An. 1996. Whey protein concentrate as a proteinase inhibitor in Pacific whiting surimi. *J. Food Sci.*, 61, 367~371.
- Wu, M.C., D.D. Haman and T.C. Lanier. 1985. Rheological and calorimetric investigations of starch fish protein systems during thermal processing. *J. Textural Study*, 16, 53~56.
- Yamashita, T. and N. Seki. 1995. Effects of the addition of whole egg and its components on textural properties of Kamaboko gel from walleye pollack surimi. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 61, 580~587 (in Japanese).
- Yamazawa, M. 1991. Relationship between the swelling ability of starch granules and their Kamaboko-gel reinforcing effect. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 971~975 (in Japanese).
- Yasunaga, K., Y. Abe, M. Yamazawa and K.I. Arai. 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 (in Japanese).
- Yoon, W.B., B.Y. Kim and J.W. Park. 1999. Rheological characteristics of fibrinogen-thrombin solution and its effects on surimi gels. *J. Food Sci.*, 64, (in press).

1999년 5월 12일 접수

1999년 9월 4일 수리