

효소적 부분 가수분해에 의한 연어 FPC (Fish Protein Concentrates)의 물성 및 기능성 개선

1. 연어 FPC의 가수분해물 제조와 일반적인 성상

이종호* · 이근태 · 박성민 · 박찬규
경상대학교 식품영양학과, 부경대학교 식품공학과

Improvement of Rheological and Functional Properties of Salmon FPC by Enzymatic Partial Hydrolysis

1. Production of Salmon FPC Hydrolysates and Their General Properties

Jong-Ho LEE*, Keun-Tai LEE, Seong-Min PARK and Chan-kyu PARK

*Department of Food Science and Nutrition, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea
Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

To improve functional properties and enhance application of FPC in food industry, modified salmon FPC with enzyme treatment was produced and its general properties were investigated. Salmon FPC has over 84% of protein and less than 0.18% of lipid. Solubilities of FPC extracted with IPA and ethanol were very poor as less than 3% in every pH range. In case of enzyme:substrate ratio of 1 : 100, degree of hydrolysis significantly increased until 4 hours and then slightly increased. No considerable differences were observed in general components of hydrolysates. Results of SDS-PAGE showed one unique band in each case and their molecular weight was less than 6,500. The flow properties of hydrolysates showed newtonian flow. Whiteness of hydrolysates were higher than that of salmon FPC as 5~7. There was no significant differences in the amount of peptide, but that of free amino acid slightly increased from 0.17 to 0.21 mg/ml.

Key words : salmon FPC, functional and general properties, enzyme treatment

서 론

어육 단백질은 동물성 단백질의 공급원으로서 원료가 값싸고 수급이 용이하다는 점에 대해서는 높이 평가되고 있으나, 다른 단백질 자원에 비해 보존성이 낮다는 결점이 있어 그 이용에 제한이 되고 있다. 이런 문제점을 개선하기 위하여, 어육의 지질을 용매 추출 법으로 제거하여 얻은 FPC (Fish Protein Concentrates)의 이용에 대한 연구가 진행되었으나 (Sen 등, 1969; Dubrow 등, 1973; Sikka 등, 1979), 이러한 FPC는 제조가 쉽고 영양성, 저장 안정성도 우수한 반면, 어취, 색깔 등 관능적인 면 뿐만 아니라 용해도, 유화능 등 기능성이 매우 낮아 실제 식품산업에는 이용되지 못하고 있다. 이러한 FPC의 기능성 개선을 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다. Tannenbaum 등 (1970)은 알카리 조건하에서 열처리하여 FPC를 가용화 한 다음 이를 식품에 적용시켰으며, 한외막을 이용한 연속적인 FPC의 가수분해를 시도한 바 있다 (Cheftel 등, 1971, Bhumiratana 등, 1977). 또한, Quaglia 등 (1987)은 isopropanol을 이용하여 지방을 제거한 정어리 단백질을 상업적 단백질 가수분해 효소로 가용화 하였을 때 최적 가수분해 효소와 그의 반응조건에 대하여 보고하였다.

Hudson (1982)은 단백질 분해 효소에 의한 부분적 가수분해는 물성이나 용해도 등의 기능성을 크게 개선시킬 뿐 아니라, 영양적으로도 우수하고 산·알카리 가수분해에 비해 독성이 거의 없으며, 생성되는 염의 양도 적기 때문에 가수분해물을 새로운 식품소재로서 이용하기에 알맞은 방법이라고 하였다. 또한, 최근에는 어육 단백질 폐기물의 활용이라는 측면에서 산란 후 죽게되는 연어의 활용에 대한 관심이 대두되고 있다. 이와 같이 미활용 어육 단백질의 이용성을 극대화시키고, 새로운 단백질 자원의 개발을 유도하며, 어육 단백질의 물성 및 기능성 개선에 의한 식품 첨가물로서의 이용 가능성을 검토하기 위하여, 먼저 냉동 연어육을 이용하여 isopropylalcohol (IPA)과 ethanol로 FPC를 제조하고 이를 trypsin으로 부분 가수분해시켜 이들의 일반적인 성상에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

1. 연어 FPC의 제조

동결된 연어 (*Onchorhynchus keta*)육을 구입하여 -25°C 이하에 저장하면서, Lee 등 (1978)의 방법에 따라, 실험

전 동결 육을 4℃에서 해동한 다음 마쇄기(Ace Homogenizer, AM-8)로 분쇄한 후 10배 량의 IPA와 ethanol을 가하여 80℃에서 서서히 교반하면서 20분간 지방을 5회 추출한 다음 동량의 물로서 60℃에서 남아 있는 용매를 제거하였다. 제조된 연어 FPC를 45℃에서 24시간 열풍 건조(Mechanical convection oven, Jeio Tech)하면서 잔존하는 IPA와 ethanol 및 수분을 제거하고, 마쇄한 다음 100 mesh의 체를 통과시켜 실험에 사용하였다.

2. 연어 FPC의 기능성 측정

연어 FPC의 용해도는 Franzen과 Kinsella (1976)의 방법을 수정하여 측정하였다. 즉, 연어 FPC 2g을 0.2M NaCl 200ml에 분산시키고 0.2M HCl과 0.2M NaOH로 pH를 각각 2, 4, 6, 8, 10으로 조절한 다음 실온에서 45분간 교반하고 분산액 25ml를 1,200 g에서 30분간 원심분리하여 상등액 질소함량을 micro kjeldahl법에 의해 측정하여 총 질소량에 대한 가용성 질소량의 비로서 용해도(%)를 나타내었다.

*In vitro*에 의한 연어 FPC의 소화율은 Yamashita의 방법(1975)에 준하여 실시하였다. 시료 0.5 g을 증류수 50 ml에 분산시키고 0.1N HCl, 0.1N NaOH로 pH를 2.0, 8.0으로 각각 조절한 다음 효소 10 mg을 각각 첨가한 다음 37℃로 조절된 진탕 항온수조에서 24시간 반응시킨 후 분해액에 20%의 TCA용액 50ml를 가하고 액을 잘 혼합한 다음 20ml를 취하여 2,700 g에서 원심분리하여 상등액 10ml를 취하여 가용성 질소를 micro kjeldahl법으로 측정하여 총질소에 대한 20% TCA가용성 질소의 비로서 소화율(%)을 나타내었다.

보수력은 Lin 등(1974)의 방법에 따라 시험관에 시료 1g을 넣고 증류수 10ml를 가한 다음 25℃에서 1시간 정치하였다. 이때 vortex mixer로 15분마다 5초 동안 교반하였다. 각 시험관을 1,200 g에서 25분간 원심 분리한 다음 원심관을 45℃로 기울여 30분 동안 여지에 방치한 후 시험관의 무게를 측정하여 건조시료의 무게에 대한 흡수시료의 무게에서 건조시료의 무게를 감한 값을 보수력으로 하였다.

유지 흡수력은 Phillips와 Steinberg의 방법(1979)에 준하여 측정하였다. 즉, 각 시료 1g을 시험관에 넣어 무게를 측정하고 대두유(삼양사) 6ml를 각 시료에 가하여 vortex mixer상에서 1분간 교반하고 이를 25℃에서 1시간 반응시킨 후 원심분리하여 보수력 측정시와 동일한 방법으로 유지 흡수력을 구하였다.

3. 연어 FPC의 가수분해물 제조

연어 FPC 10g을 40℃로 조절된 950ml의 증류수에 첨가하고 0.1M NaOH로 pH를 8로 조절하여 30분동안 방치하였다. Trypsin (Sigma Chemical Co. 1,300 BAEE units/mg solid) 100 mg을 증류수 50ml에 용해하여 효소에 대한 기질의 비가 1:100이 되도록 기질 용액에 서서히 가한 후 가수분해 시켰으며 가수분해가 진행되는 동안 pH를 8로 유지시키기 위해 0.1M NaOH를 첨가하였으며 일정한 시간이 경과한 뒤 반응을 중지시키고 0.1M citric acid로 pH를 7로 조절한 다음 90℃에서 5분간 가열하여 효소를 불활성화 시켰다. 가수분해물은 1,200g에서 10분간 원심분리하여 상등액을 동결건조(Freezer dryer Model: SFDSM12, Samwon Co.)한 다음 실험에 사용하였다.

4. 가수분해도의 측정

가수분해도(Degree of Hydrolysis, DH)는 Yamashita 등(1970)의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 일정 시간 가수분해 한 가수분해물을 90℃에서 10분 가열하여 효소를 불활성화 시킨 다음, 가수분해물 10ml를 원심관에 취하고 20% TCA용액 10ml를 가하여 3,300 g에서 10분 원심 분리한 다음, 상등액의 10% TCA가용성 질소량을 micro kjeldahl법으로 측정하여 다음과 같은 식에 의해 가수분해도를 나타내었다.

$$DH(\%) = \frac{10\% \text{ TCA Soluble N}}{\text{Total N}} \times 100$$

5. 일반성분 및 구성아미노산 분석

실험에 사용된 연어육, 연어 FPC 및 가수분해물의 일반성분은 회분은 건식 회화법, 수분은 상압 가열법, 지방은 개량 Soxhlet법, 단백질은 micro kjeldahl법으로 측정하였다.

가수분해물의 구성 아미노산은 시료 500 mg을 ampule에 취하여 6N HCl 2ml에 용해시킨 후 진공 밀봉한 다음 120℃에서 24시간 분해 시켰다. 가수분해된 시료는 감압 농축하고 Citrate buffer (pH 2.2)로 25ml 정용한 다음 여과하여 아미노산 분석기(Bio chrom, 20)로 분석하였다.

6. Peptide 및 유리 아미노산의 생성량 측정

가수분해도에 따른 가수분해물의 peptide 생성량은 BSA를 표준물질로 한 Biuret법(1949)에 의해 측정하였으며, 유리아미노산 생성량은 Rowlet 등(1981)의 방법을 개선하여 측정하였다. 즉 0.5% 단백질 용액 10ml를 95% ethanol에 혼합한 후 7℃에서 하룻밤 방치한 다음 여과후 여액 1ml를 취하여 OPDA시약(o-phthaldialdehyde) 1ml와 혼합하여 10분 후 340 nm에서 흡광도를 측정하고,

DL-Lysine을 표준 물질로 한 검량선을 작성한 다음 이를 사용하여 유리아미노산 함량을 측정하였다.

7. 점도의 측정

연어 FPC 가수분해물의 점도는 가수분해물 0.5% (w/v)를 조제하여 원추평판형 회전점도계 (BROOKFIELD DV-II+ C/P, sample volume 2ml)를 사용하여 25°C에서 회전속도를 0.3 rpm에서 100 rpm까지 바꾸어 가면서 측정하였다.

8. 가수분해물의 전기영동

가수분해물의 전기영동은 Leammli buffer system (1970)에 의하여 각각 분리, 농축 겔을 조제하고 SDS-polyacrylamide slab gel (두께 0.75 mm)상에서 시료와 표준 용액 (Color Markers, Sigma Chemical Co.) 20 μ l씩을 각각 주입한 다음, Bio-Rad (Model No. 165-5056, power/pac 3000) power supply를 사용하여 200V, 100mA 하에서 45분간 전기영동을 행하였다. 전개 후 겔은 0.1% Coomassie blue R-250로 30분간 염색하고 40% methanol/10% acetic acid로 3시간 탈색시켰다.

9. 가수분해물의 색도 측정

연어 FPC 및 가수분해물의 색도는 색차계 (Color Techno System Co. LTD, Model JC801)를 이용하여, 표준 백색판을 기준으로 백색도 및 색도 특성을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 추출용매에 따른 연어 FPC의 일반 성분 및 기능성 비교

실험 원료로 사용한 연어 육과 연어 FPC의 일반성분과 추출용매에 따른 연어 FPC의 기능성은 Table 1, 2에서 각각 비교하였다. 제조된 FPC는 FAO 기준인 지질 함량 0.75% 이하와 단백질 함량 67.5% 이상을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

Table 1. General components of frozen salmon and salmon FPC

Content (%)	Frozen salmon	FPC	
		Isopropylalcohol	Ethanol
Moisture	68.7 \pm 0.3*	4.8 \pm 0.06	2.5 \pm 0.24
Lipid	9.2 \pm 0.7	0.17 \pm 0.09	0.16 \pm 0.32
Protein	16.6 \pm 0.18	84.3 \pm 5.4	84.3 \pm 2.3
Ash	1.5 \pm 0.04	0.7 \pm 0.11	0.6 \pm 0.08

* Values represent means of three replicates \pm standard deviation.

Table 2. Functional properties of salmon FPC with different solvents

Functional Properties	FPC	
	Isopropylalcohol	Ethanol
Pepsin Digestibility (%)	83.6 \pm 3.6*	86.3 \pm 7.1
α -chymotrypsin Digestibility (%)	66 \pm 6.4	73 \pm 3.0
Water absorption capacity (%)	355 \pm 5	400 \pm 4.5
Fat binding capacity (%)	144 \pm 2.7	161 \pm 3.5

* Values represent means of three replicates \pm standard deviation.

연어 FPC의 추출용매에 따른 기능성은 커다란 차이를 보이지 않았으나 모든 실험에서 ethanol추출 연어 FPC가 IPA 추출 연어 FPC에 비해 보다 나은 기능성을 나타내었고, ethanol은 IPA에 비해 독성이 낮고, 미생물 저항성이 있으며, 식품가공에 이용할 수 있기 때문에 (Sikka 등, 1979) 이후의 실험은 ethanol로 추출한 연어 FPC를 사용하였다.

두 가지의 연어 FPC 모두 유화능과 거품형성능은 거의 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 쌍극자-쌍극자간 상호작용이나 수소결합으로 된 극성액체인 물과 주로 van der Waals인력으로 된 무극성 액체인 기름은 상호 용해되어도 결합하지 못하며, 이들을 안정한 에멀전 상태로 유지하기 위해서는 계면활성 물질인 유화제가 필요하게 된다. 이들 유화제는 보통 한 분자중에 친수성과 소수성기를 가지고 있어서 두 상의 혼합을 쉽게 만드는데, 연어 FPC의 경우는 용해도가 아주 낮기 때문에 이러한 기능을 발휘하지 못하여 유화성이 거의 없는 것으로 나타났다. 친수성이나 소수성 등과 같은 친화성, 분자간의 인력과 관련하여 생성되는 거품형성능이 없는 것 또한 마찬가지로의 이유로 설명될 수 있을 것이다. pH의 변화에 따른 연어 FPC의 용해도는 Table 3과 같다. 단백질 농축물의 용해도는 원료어종이나 상태에 따라 상당한 차이가 있다고 알려져 있으며, 추출 횟수나 추출용매에 따라서도 다소 차이가 있다. 본 실험에서는 전 pH 영역에 있어서 매우 낮은 용해도 (\leq 3%)를 보였으며, 두 가지의 경우 모두 pH 6.0부근에서 매우 낮은 용해도를 보였으므로 이 부근이 연어 FPC의 등전점인 것으로 생각된다.

Table 3. Solubilities of salmon FPC at various pH range

FPC	Solubility (%)				
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10
IPA	2.4	2.2	1.2	3	3.2
Ethanol	2	1.8	0.8	2	3

2. 가수분해도

연어 FPC의 trypsin에 의한 가수분해 시간에 따른 가수분해도는 Fig. 1에 나타내었다. 효소에 대한 기질의 비가 1:100인 경우 가수분해 4시간 까지, 1:50인 경우는 3시간까지 가수분해도가 급격히 증가하였으며, 이후부터는 서서히 증가하는 전형적인 단백질 가수분해의 양상을 보였다. 이는 가수분해시 3~4시간까지는 소비되는 NaOH의 양이 증가하다가 이후부터는 거의 소비되지 않은 사실과도 잘 일치하였다.

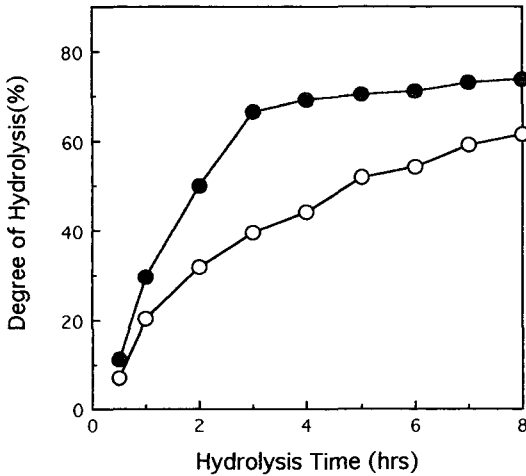


Fig. 1. Hydrolysis curves of salmon FPC as related to enzyme : substrate ratio and reaction time performed at 40°C, pH 8 with trypsin.

○ enzyme : substrate=1 : 100
● enzyme : substrate=1 : 50

Bae 와 Woo (1995)는 가다랭이 혈합육 단백질 농축물을 chymotrypsin으로 가수분해하였을 때 가수분해 6시간까지는 약 72%까지 급격히 증가하다가 그 후 10시간까지는 증가속도가 둔화 되었다고 보고하였다. 또한 Kim 등 (1988)은 정어리 분말 단백질을 pepsin으로 가수분해하였을 때 가수분해 8시간에 56%의 가수분해도를 보였으며 그 이후 서서히 증가하였다고 보고하였다. 본 실험에서는 효소:기질의 비가 1:100일 때 8시간 가수분해시켰을 경우 약 61%의 가수분해도를 보여 이와 비슷한 가수분해 양상을 보여 주었다.

3. 가수분해물의 일반성분의 변화

가수분해물의 일반성분은 Table 4에 나타내었으며, 가수분해에 따른 수분과 단백질은 아무런 상관관계를 보이지 않았다. 이는 동결 건조시의 효율이 다소 다르며 저장 조건의 변화가 수분함량에 영향을 미치지 때문이라 생각된다. 그러나 회분의 경우는 가수분해가 진행됨에 따라 다소 증가하는 경향을 보였는데, 가수분해도가 커질 수록 소비되는 NaOH의 양이 많아지고, 가수분해 후에 pH를

증성으로 조절하는 과정이 회분 함량에 영향을 미친다고 생각된다. Mutilangi 등 (1995)은 열변성 유청 단백질을 여러 가지 단백질 분해효소로 가수분해 시킬 때 가수분해에 따른 회분함량은 trypsin의 경우 약 9에서 12%로 증가하였으며 이는 가수분해시 소비되는 염의 양이 증가하기 때문이라고 고찰하였다.

Table 4. Changes in general components of enzymatic hydrolysates during hydrolysis

Contents (%)	Hydrolysates*			
	2hrs	4hrs	6hrs	8hrs
Moisture	73 ± 0.96**	65 ± 0.74	71 ± 0.77	71 ± 0.04
Protein	79.6 ± 1.21	80.1 ± 0.98	85 ± 1.34	81.7 ± 1.56
Ash	3.5 ± 0.4	4.2 ± 0.16	5.1 ± 0.21	5.3 ± 0.03

*Hydrolysis conditions were 40 ± 16, pH 8, E : S=1 : 100, and used enzyme was trypsin.

** Values represent means of three replicates ± standard deviation.

4. 점도

가수분해 시간에 따른 가수분해물 (0.5%)의 겔보기 점도 및 유동 특성 측정 결과 (Fig. 2) 전단속도의 증가에 따른 전단응력의 변화는 거의 직선적으로 증가하는 경향을 보여 가수분해물은 전형적인 newtonian 유체의 유동 특성을 보였으며, 가수분해 시간이 2, 4, 6, 8일 때 겔보기 점도는 (25°C, Speed 12rpm) 각각 1.41, 1.23, 1.20, 1.20cP로 가수분해가 진행됨에 따라 점도가 서서히 감소하는 경향을 보였는데, 이는 가수분해에 따른 분자량의 감소와 가수분해에 따른 소수성기의 노출로 인한 용매와의 접촉면을 작게 하려는 현상때문이라고 생각된다.

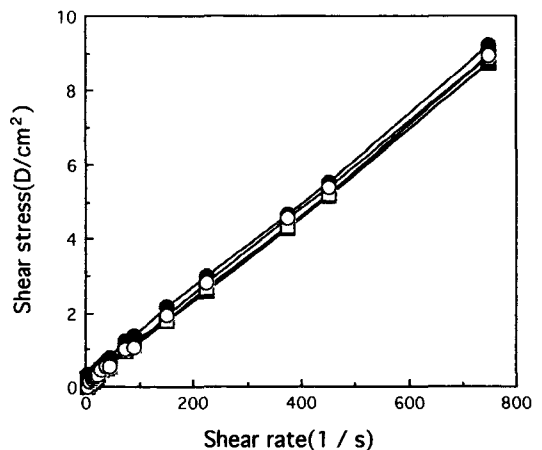


Fig. 2. Relationship between shear rate and shear stress of 0.5% (W/V) salmon FPC hydrolysates at 25°C.

■ Hydrolysis time : 2hrs
□ Hydrolysis time : 4hrs
● Hydrolysis time : 6hrs
○ Hydrolysis time : 8hrs

5. 가수분해물의 전기 영동 패턴

가수분해물의 전기 영동 실험결과는 Fig. 3에 나타내었다. 4가지의 경우 모두 긴 단일한 band를 형성하였으며 분자량 약 6,500 dalton이하의 peptide들이 주를 이루었으며, 가수분해가 진행될수록 저분자 peptide의 생성으로 인하여 분자량 약 3,500dalton대의 band가 커지는 것을 알 수 있었다. Adler-Nissen (1976)은 단백질 가수분해시 먼저 중간 정도 크기의 분자량을 가지는 peptide가 생성되고 이들이 가수분해가 진행됨에 따라 더욱 저 분자의 peptide가 되는 zipper mechanism에 의한다고 하였다. 본 실험에서 단일한 긴 band가 서서히 저분자 쪽으로 옮겨가는 경향으로 보아 이러한 기작에 의해 가수분해가 진행되었다고 생각된다.

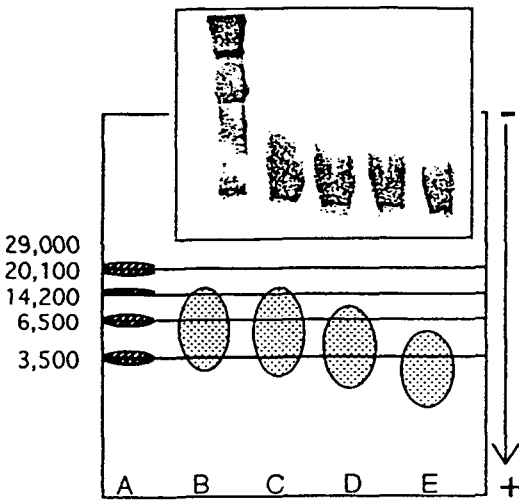


Fig. 3. Electrophoretic patterns of salmon FPC hydrolysates determined by SDS-PAGE with 24% separation gel and 5% stacking gel.

- A : Standard color markers
- B : 3Hyrolysis time 2hrs
- C : Hyrolysis time 4hrs
- D : Hyrolysis time 6hrs
- E : Hyrolysis time 8hrs

6. 연어 FPC와 가수분해물의 색도특성

표준 백색판을 기준으로 하여 연어 FPC와 가수분해물의 색도 변화를 측정된 결과를 Table 5에 나타내었다. Hunter L,a,b와 CIE LAB값 (1994)으로 평가해 본 결과 상대적으로 비슷한 양상을 보였으며, 식품에 일반적으로 적용되는 백색도를 나타내는 L의 값은 연어 FPC의 경우 75정도였으나, 가수분해물의 경우 80~82로 백색도가 증가되었음을 보여 주었다. 또한 황색도를 나타내는 b값은 연어 FPC가 23.58로 높았으나 가수분해물은 13~17로

상대적으로 낮았으며, 적색도를 나타내는 a값의 경우 표준 백색판이 -5.62, 연어 FPC가 -5.44로 거의 비슷하였으나 가수분해물의 경우는 다소 높은 값(-4.91~-4.07)을 나타내었다. 전체적으로 가수분해물은 연어 FPC에 비해 사람의 감각으로 인지되는 백색도에 있어서 크게 개선되었음을 알 수 있었다.

Table 5. Changes of L, a, b and L*, a*, b* values in particles of salmon FPC and enzymatic hydrolysates

Parameters	Standard White Plate	Salmon FPC	Hydrolysates			
			2hrs	4hrs	6hrs	8hrs
Hunter L,a,b						
L	97.86 ^a	75.33	80.46	82.21	80.33	82.03
a	-5.62	-5.44	-4.64	-4.07	-4.48	-4.91
b	5.97	23.58	13.22	14.72	17.24	16.01
CIE LAB						
L*	98.34	80.04	84.35	85.80	84.24	85.65
a*	-5.45	-5.74	-4.80	-4.17	-4.64	-5.05
b*	5.90	26.69	14.76	16.46	19.86	18.09

^a Hunter L, a, and b are tristimulus values of a standard white surface and CIE LAB L*, a* and b* are tristimulus values of a normal white object-color stimulus.

7. 가수분해에 따른 Peptide 및 유리 아미노산의 생성량 변화

가수분해에 따른 peptide 및 유리 아미노산 생성량의 변화는 Table 6에 나타내었다. Peptide 생성량은 가수분해 시간에 따라 별 다른 차이를 보이지 않았으나 가수분해 6시간에 4.24 mg/ml로 가장 높은 생성량을 보였다.

유리 아미노산의 생성량은 가수분해가 진행됨에 따라 서서히 증가하는 경향을 보였으며, 생성량은 0.17~0.21 mg/ml로 모두 적었으므로 이들이 전체 가수분해물의 정미성에 미치는 영향은 미미할 것이라 생각되어 정미성에 대한 고찰은 행하지 않았다.

Table 6. Amounts of peptide and free amino acid in enzymatic hydrolysates of salmon FPC during hydrolysis time

	Hydrolysis time			
	2hrs	4hrs	6hrs	8hrs
Peptide (mg/ml)*	4.16 ± 0.17*	4.16 ± 0.24	4.24 ± 0.26	4.06 ± 0.1
Free amino acid (mg/ml)*	0.17	0.19 ± 0.02	0.2 ± 0.03	0.21 ± 0.03

* Protein concentration of sample was equally 0.5% (w/v) in distilled water, and values represent means of three replicates ± standard deviation.

8. 구성아미노산의 분석

연어 FPC 및 가수분해물의 구성아미노산 조성을 Table 7에 나타내었다. 총 아미노산의 양은 FPC와 가수분해물에서 큰 차이를 보이지 않았으나 가수분해 8시간의 경우가 약간 낮게 나타났다. 필수아미노산의 경우는 식물성 단백질에 부족하기 쉬운 Lys 함량이 모든 경우에 있어서 높게 나타났으며, Glu의 양이 전체 아미노산 중에서 가장 많은 부분을 차지 하였다.

Table 7. Amino acid compounds of salmon FPC and their enzymatic hydrolysates

Amino acid	Salmon FPC	Enzymatic Hydrolysates (mg/100 g)			
		2hrs	4hrs	6hrs	8hrs
Lys	801	888	883	876	794
Val	495	460	5464	493	448
Thr	393	399	408	424	381
Met	301	280	291	304	278
Phe	394	337	353	379	341
His	236	226	231	243	216
Leu	680	677	676	697	630
Ile	445	384	400	425	381
Essential A.A.*	3745	3651	3706	3841	3469
Asp	865	906	895	920	841
Cys	84	90	66	107	89
Ser	302	337	314	343	306
Glu	1315	1460	1386	1427	1302
Pro	317	311	344	320	279
Tyr	290	266	302	316	277
Gly	378	397	385	389	349
Ala	523	551	535	546	495
Arg	508	541	534	546	492
Nonessential A.A.*	4582	4859	4761	4914	4430
Total	8327	8510	8467	8755	7899

* These represent essential amino acid and nonessential amino acid.

요 약

미 활용성 어육 단백질의 물성 및 기능성을 개선하여 이의 이용성을 높이고, 식품 첨가물로서의 식품 산업 적용에 대한 가능성을 조사하기 위하여 동결 연어 육을 이용하여 연어 FPC를 만든 다음, 이의 효소적 가수분해물을 제조하고 이들의 일반적인 성상을 검토하였다. IPA와 etanol로 지방을 추출한 연어 FPC는 모두 단백질 함량이 84% 이상, 지질 함량이 0.18% 이하로 영양적으로 우수한 것으로 나타났다. 이들의 소화율, 보수력, 유지 흡수력과 같은 기능성은 etanol추출 FPC가 IPA 추출 FPC에 비해

다소 우수한 것으로 나타 났으나 커다란 차이는 보이지 않았다. 그러나 용해도에 있어서는 두 가지 FPC 모두, 모든 pH 범위에서 3% 이하로 매우 낮았다. 효소에 대한 기질의 비가 1:100인 경우 가수분해는 4시간 까지는 가수분해도가 빠른 속도로 증가하였으나 그 이후로는 서서히 증가하는 경향을 보였다. 효소적 가수분해물의 일반 성분에 있어서 단백질이나 수분은 가수분해도에 따라서 아무런 경향을 보이지 않았으나, 회분의 경우에 있어서는 3.5에서 5.3%까지 증가하는 경향을 보였다. SDS-PAGE 결과 모두의 경우에 있어서 단일한 밴드를 보였으며 6,500 dalton 이하의 분자량대를 나타내었고 가수분해가 진행됨에 따라 밴드는 3,500 dalton 정도의 분자량대가 커지면서 서서히 아래로 내려가는 경향을 보였다. 가수분해물은 전형적인 뉴우턴 유체 흐름을 보였으며 가수분해가 진행됨에 따라 1.41에서 1.20cP로 겔보기 점도는 약간 증가하였다. 가수분해물의 백색도는 연어 FPC에 비해 5~7정도 높았으며 전체적인 색차 특성은 식품에 적용하기에 알맞은 것으로 나타났다. 가수분해동안에 생성되는 peptide의 양은 커다란 변화없이 4.06~4.24 mg/ml 정도를 나타내었으나 유리아미노산은 0.17~0.21 mg/ml로 증가하였다. 연어 FPC와 가수분해물의 구성 아미노산 조성에 있어서 필수 아미노산은 식물성 단백질에 부족하기 쉬운 Lys 함량이 높았으며, 전체적으로 Glu의 함량이 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- Alder-Nissen, J. 1976. Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 1090~1093.
- Bae, Y. j. and K. L. Woo. 1995. A study on the utilization with the protein fortification material of skip-jack dark meat protein by enzymatic hydrolysis. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24 (2), 323~329 (in korean).
- Bhumiratana, S., C. G. Hill Jr. and C. H. Amundson. 1977. Enzymatic solubilization of fish protein concentrate in membrane reactors. *J. Food Sci.*, 42 (4), 1017~1021.
- Cheftel, C., M. Ahern, D. I. C. Wang and S. R. Tannenbaum. 1971. Enzymatic solubilization of fish protein concentrate: Batch studies applicable to continuous enzyme recycling process. *J. Agr. Food Chem.*, 19 (1), 155~161.
- Dubrow, D. L., A. Kramer and A. D. Mcphee. 1973. Effect of temperature on lipid extraction and functional properties of fish protein concentrats (FPC). *J. Food Sci.*, 38, 1012~1015.
- Franzen, K. L. and Kinsella J. E. 1976. Functional proper

- ties of succinylated and acetylated soy protein. *J. Agric. Food Chem.*, 24, 788.
- Gomall, A. G., Bardawill, C. J. and David, M. M. 1949. Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* 177, 751.
- Hudson, B. J. F. 1982. *Developments in food protein-1*. Applied Science Publishers LTD, pp 30~35.
- Kim, S. K., D. C. Kwak, D. J. Cho and E. H. Lee, 1988. Studies on the improvements of functional properties of sardine protein by plastein reaction; 1. Synthetic conditions of plastein from the enzymatic hydrolysates of sardine protein. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 17 (3), 233~241 (in Korean).
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680.
- Lee, E. H., Y. H. Park, J. H. Pyeun, S. K. Kim, S. T. Yang and Y. O. Song. 1978. Studies on the processing and utilization of sardine protein concentrate. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 11 (1), 25~37 (in Korean).
- Lin, M. J., Humbert E. S. and Sosulki F. W. 1974. Certain functional properties of sunflower meals. *J. Food Sci.*, 39, 368.
- Mutilangi, W. A. M., D. Panyam and A. Kilara. 1995. Hydrolysates from proteolysis of heat-denatured whey proteins. *J. Food Sci.*, 60 (5), 1104~1109.
- Phillips, R. D. and Stenberg, M. 1979. Corn protein concentrate: functional and nutritional properties. *J. Food Sci.*, 44, 1152.
- Quaglia, G. B. and E. Orban. 1987. Enzymic solubilization of proteins of sardine (*Sardina pilchadus*) by commercial protease. *J. Sci. Food Agric.*, 38, 263~269.
- Rowlet, R. and J. Murphy. 1981. A convenient spectrophotometric method for the kinetic analysis of the enzymatic hydrolysis of N-acyl peptides using phthaldialdehyde. *Analytical Biochemistry*, 112, 163~169.
- Sikka, K. C., R. Singh, D. P. Gupta and S. K. Duggal. 1979. Comparative nutritive value of fish protein concentrate (FPC) from different species of fishes. *J. Agri. Food Chem.*, 27 (5), 946~949.
- Sen, D. P., T. S. Sayanaruyana Rao, S. B. kadkol, M. A. Krishnaswamy, S. Venkata Rao and N. L. Lahiry. 1969. Fish protein concentrate from Bombay-Duck (*Harpodon nehereus*) Fish: Effect of processing variables on the nutritional and organoleptic qualities. *Food Technol.*, 23, 683~688.
- Tannenbaum, S. R., M. Ahern and R. P. Bates. 1970. Solubilization of fish protein concentrate: An alkaline process. *Food Technol.*, 24, 604~607.
- Tannenbaum, S. R., R. P. Bates and L. Brodfeld. 1970. Solubilization of fish protein concentrate: Utilization of the alkaline-process product. *Food Technol.*, 24, 607~609.
- Yamashita, M., Arai S., Matsuyama J., Gonda, M., Kato and Fujimaki M. 1970. Enzymatic modification of proteins in food stuffs. 2. Phenomenal survey on α -chymotrypsin plastein synthesis from peptic hydrolysate of soy protein. *Agric. Bio. Chem.*, 34, 1484.
- Yamashita, M., Arai S., Kokubo S., Aso K. and Fujimaki M. 1975. Synthesis and characterization of a glutamic acid enriched plastein with greater solubility. *Agri. Food Chem.*, 23, 27.

1997년 7월 2일 접수

1998년 1월 7일 수리