

고등어 근육단백질 효소 가수분해물의 항산화 작용

염 동 민 · 김 영 숙*

양산전문대학 식품영양과, *양산전문대학 전통조리과

Antioxidative Action of Enzymatic Hydrolysates of Mackerel Muscle Protein

Dong-Min Yeum, Young-Sook Kim*

Department of Food and Nutrition, Yangsan Junior College, Yangsan 628-800, Korea

*Department of Traditional Food Preparation, Yangsan Junior College, Yangsan 628-800, Korea

Abstract

Mackerel muscle protein hydrolysates, which were prepared from defatted mackerel meal by proteases such as complex enzyme, alcalase, bromelain, pancrease, pepsin, α -chymotrypsin, trypsin and papain, were tested for the antioxidative action against linoleic acid. Among proteases tested, the hydrolysates obtained from the treatment of complex enzyme, bromelain and alcalase showed higher antioxidative effects. Also, the hydrolysates showed the synergistic effects with α -tocopherol and the inhibitory effects for peroxidation of metal ions(Fe^{3+} , Cu^{2+}). From the profiles of fractionation of the hydrolysates with Bio-gel P-2 column, the most active fractions, part E(complex enzyme-derived) and part e(bromelain-derived), had below MW 1,400 and the antioxidative effects were closely related to the binding capacity with metal ion(Cu^{2+}). Amino acid composition of the part E was abundant in histidine, arginine, phenylalanine and lysine, and the part e was abundant in lysine, glutamic acid and leucine.

Key words : mackerel muscle protein hydrolysates, antioxidative effects, metalion binding capacity, amino acid composition

서 론

지질의 산화는 식품에 있어서 색, 향미 및 품질저하의 요인으로서 뿐만 아니라 산화에 의하여 생성되는 과산화물은 그 자체가 발암성과 관련된 돌연변이원성을 나타낸다고 알려져 있다¹⁻³⁾. 또한 지질산화에 의하여 저분자의 carbonyl화합물 뿐만 아니라 각종 활성 radical이 생성되는 것으로 알려져 있는데⁴⁾, 이들 활성 radical은 생체내에서도 생성되어 단백질이나 DNA 등의 생체성분에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이처럼 식품 및 생체내에서의 지질산화는 식품의 안전성을 비롯하여 노화나 성인병의 측면에서 중요

한 의미를 지니기 때문에 지질의 산화기구에는 물론 이러한 지질의 산화를 억제하기 위한 항산화 물질의 검색 및 그 항산화 기구에 많은 관심이 모아지고 있다.

현재 지질의 산화를 방지하기 위한 방법으로는 항산화제의 사용이 가장 널리 이용되고 있는데 페놀계 합성항산화제인 BHT나 BHA 등은 다른 항산화제에 비하여 항산화능이나 가열, 가공식품에의 효력 이행성이 높으며 장기 보존식품에도 유효하나 다량투여 및 연용시에는 그 안전성에 의문이 제기되고 있으며, 특히 BHT에 의한 돌연변이원성이 보고됨으로써 그 사용이 기피되고 있어⁵⁾ 항산화력이 크고 인체에 무해한 천연항산화제의 개발이 시급한 실정이다. 이러한 관점에서 여러가지 천연물을 이용한 항산화제의 개발을 위한 연구의 일환으로 Maillard반응 생성물⁶⁾, 다류 추출물⁷⁻⁸⁾ 및 페놀화합물⁹⁻¹⁰⁾, 생강추출물¹¹⁾, 양파 및 겨자 추

출물¹²⁾, 아미노화합물 및 단백질 가수분해물^{13~15)} 등의 항산화 작용에 대하여 연구 보고되어 있으며, 저자 등¹⁶⁾도 효소에 의한 단백질 가수분해물의 linoleic acid 에 대한 항산화 작용을 밝혀서 천연항산화제로서의 유용성을 보고한 바 있다. 그러나 이들 단백질 가수분해물의 항산화 작용의 발현 및 그 기구에 대해서는 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본연구에서는 고등어 근육단백질을 각종 효소를 사용하여 가수분해시키고 이들 가수분해물과 linoleic acid와의 모델반응을 통하여 이들의 항산화 작용과 gel여과를 통하여 획분별 항산화능과 금속이온 결합능과의 관계 및 아미노산 조성 등에 대하여 연구, 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

고등어 근육단백질 가수분해물 조제에 사용된 단백질은 선도가 양호한 고등어(*Scomber japonicus*, 체중: 320~450g, 체장: 28~35cm) 육을 취하여 세절 마쇄하고 여기에 5배량의 chloroform/methanol(3:2) 혼합액을 가하여 암소에서 24시간 방치시킨 후 흡인 여과한 잔사를 진공동결건조한 다음 마쇄한 분말을 사용하였다. 단백질분해효소의 경우는 태평양 복합효소제 2,000(태평양화학, 한국), Pepsin(Sigma Co.), α -chymotrypsin(Sigma Co.), trypsin(Sigma Co.), papain(sigma Co.), bromelain(Sigma Co.), alcalase(Novo Co.) 및 pancreatin(Merck Co.)을 각각 단백질 가수분해에 사용하였다.

Linoleic acid는 Fluka社製 linoleic acid를 -2°C 에서 7,000rpm으로 15분간 원심분리시켜서 상등액만 분취하여 사용하였으며, 금속이온은 농도 1,000ppm인 CuCl_2 와 FeCl_3 원자흡광분석용 표준시약(純正化學, 日本)을 사용하였다.

2. 방 법

1) 단백질 가수분해물의 조제

탈지분말시료에 10배량의 증류수를 가한 다음, 효소를 가하여 복합효소와 alcalase의 경우는 각각 50°C 와

60°C 에서, bromelain은 43°C , pancrease는 40°C , 그리고 pepsin, α -chymotrypsin, trypsin 및 papain은 37°C 에서 각각 8시간 가수분해시켰다. 여기에 최종농도가 5%가 되게 TCA(trichloroacetic acid)를 가하여 효소의 실활 및 침전 단백질을 원심분리시켜 제거한 다음 상등액을 진공동결 건조시켜 가수분해물을 얻었다.

2) 단백질 및 peptide-N 함량 측정

가수분해에 따른 5% TCA 가용성 단백질 함량 및 peptide-nitrogen의 함량은 Lowry 법¹⁷⁾ 및 개량 biuret법¹⁸⁾으로 각각 측정하였으며, 시간별 가수분해에 따른 5% TCA가용성 peptide-nitrogen 생성량은 Fig. 1 과 같다.

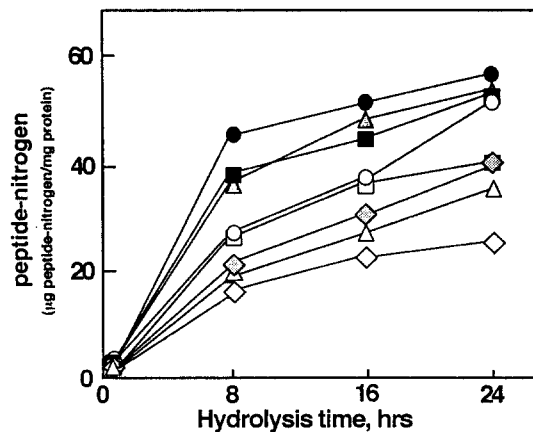


Fig. 1. Production of 5% TCA soluble peptide-nitrogen in mackerel muscle protein hydrolysates according to hydrolysis time.

□ : 2% Complex enzyme(pH 7.0, 50°C , 2.18×10^4 unit / g solid)

● : 2% Alcalase(pH 9.0, 60°C , 1.94×10^4 unit / g solid)

■ : 2% Bromelain(pH 7.4, 43°C , 2 unit / mg)

△ : 2% α -Chymotrypsin(pH 7.0, 37°C , 38 unit / mg)

▣ : 2% Pancrease(pH 7.0, 40°C)

○ : 2% Papain(pH 7.0, 37°C , 2.1 unit / mg)

◇ : 2% Pepsin(pH 2.0, 37°C , 600 unit / mg)

▲ : 2% Trypsin(pH 7.0, 37°C , 0.6 unit / mg)

3) 항산화능의 측정

Hayase 등¹⁹⁾의 방법에 따라 과산화물가(peroxide value, POV)를 측정하여 항산화능의 지표로 삼았다.

즉, 250ml용 삼각플라스크에 linoleic acid(POV, 10meq/kg 이하) 1g과 ethanol 20ml 및 소정량의 단백질 가수분해물을 첨가한 후 0.2M 인산 완충액 25ml를 가하여 37°C에서 일정기간 동안 저장 후 이 반응용액을 분액깔대기에 옮겨 chloroform 25ml를 가한 다음 진탕 후 하층부만 분리하였다. 이 분취액에 빙초산 25ml와 포화 KI용액 1ml를 가하여 암소에서 5분간 방치시킨 후 증류수 50ml를 가하고 0.01N Na₂S₂O₃용액으로 적정하여 POV를 산출하였다. 또한, α-tocopherol이나 Cu²⁺, Fe³⁺ 등과 같은 금속 이온을 첨가할 경우에는 단백질 가수분해물을 첨가한 직후 이들의 소정량을 첨가하였다.

4) 아미노산의 분석

시료 0.2g을 정칭하여 ample에 넣고, 6N HCl 10ml를 가하여 질소가스로 치환한 뒤 봉한 다음, 110°C의 sand bath에서 24시간 가수분해하였다. 분해액을 glass filter로 여과하고 감압건조하여 HCl을 완전히 제거한 다음 증류수 10ml를 가하여 다시 감압건조한 후 구연산 완충액(pH 2.2)으로써 25ml로 정용하였다. 이의 일정량을 취하여 아미노산 자동분석기(Hitachi 835)로 정량하였다.

5) Gel 여과에 의한 단백질 가수분해물의 분획

Bio-gel P-2를 채운 column(φ3×55cm)을 사용하여 단백질 가수분해물 1g을 2ml의 증류수에 용해시켜 30ml/hr의 유속으로 용출시켰다. 이때 용출액을 5ml씩 받아 280nm에서의 흡광도 및 Lowry법에 의한 단백질의 함량을 구하였다.

6) 금속이온 결합능의 측정

고등어 근육단백질 가수분해물의 각 획분별 금속이온 결합능은 아래와 같이 실시하였다. 즉, 단백질 가수분해물 2g을 0.01M Tris-HCl buffer(pH 7.6) 4ml에 용해시킨 후, 이 중 2ml를 취하여(나머지 2ml는 대조구로 사용) 원자흡광분석용 CuSO₄ 표준용액(1

mg/ml in 1N HCl) 100μl를 가하여 5°C의 암소에서 4시간 반응시켰다. 그 후 Bio-gel P-2 column(Φ3×55cm)을 이용하여 즉시 분획을 실시하였다. 각 획분별 금속이온 결합능은 각 획분에 결합된 Cu²⁺이온의 함량을 원자흡광분광광도계(IL VIDEO Spectrophotometer 11 & 12 AA/AE)를 이용하여 측정하고 Lowry법에 의하여 각 획분별 질소화합물의 함량을 구하여 질소화합물 mg당 결합된 Cu²⁺이온의 함량으로 나타내었다.

결과 및 고찰

식품에 있어서 품질저하 뿐만 아니라 안전성의 측면에서도 중요한 영향을 미치는 지질의 산화를 억제하기 위한 연구의 일환으로 단백질 가수분해물의 항산화작용을 살펴보기 위하여 고등어 근육단백질을 사용하여 복합효소, alcalase, bromelain, pancrease, pepsin,

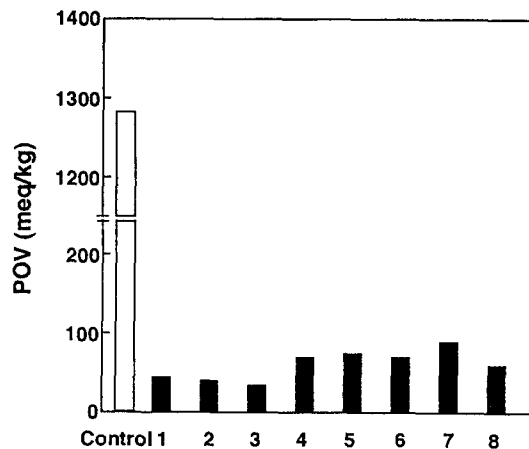


Fig. 2. Antioxidative effects of each mackerel muscle protein hydrolysates.

Each mackerel muscle hydrolysates containing 5mg of protein was incubated with linoleic acid at 37°C for 7 days.

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 : Complex enzyme-derived | 2 : Bromelain-derived |
| 3 : Alcalase-derived | 4 : α-Chymotrypsin-derived |
| 5 : Pancrease-derived | 6 : Papain-derived |
| 7 : Pepsin-derived | 8 : Trypsin-derived |

α -chymotrypsin, trypsin 및 papain으로 가수분해시키고 이들의 항산화 작용에 대하여 살펴보았다. 가수분해시간은 Fig. 1과 같이 가수분해시간에 따른 5% TCA(trichloroacetic acid) 가용성 peptide형태 질소화합물의 생성량을 살펴보고 가수분해시간에 대하여 상대적으로 5% TCA 가용성 peptide형태 질소화합물의 생성량이 많은 8시간으로 하였으며, 이 때 각 단백질 효소 가수분해물의 항산화능은 Fig. 2와 같다. 그 결과, 사용된 효소에 의한 고등어 근육단백질 가수분해물의 항산화능은 매우 큰 것으로 나타났으며, 효소에 따라 다소 차이가 있는 것으로 나타났는데 특히, 복합효소, bromelain 및 alcalase 유래 가수분해물의 경우가 다른 것에 비하여 우수한 것으로 나타났다. 이러한 경향으로 미루어 어육 근육단백질 가수분해물의 항산화능은 서로 다른 효소에 따라 생성된 분해산물 즉, 구성 peptide의 종류에 따라 다를 것으로 추정된다. 山口 등^{13, 15)}은 단백질 가수분해물의 항산화능은

구성 peptide의 성상에 따라 다소 차이가 나며, 이는 말단 잔기에 어떤 아미노산이 존재하는가에 따라 peptide의 입체배위가 달라지기 때문이라고 추정하고 있으며, 분자량과도 관련이 있다고 보고하였다.

한편, 식품에 많이 이용되고 있는 천연항산화제인 α -tocopherol과의 상승효과를 검토하기 위하여 앞에서 항산화능이 우수한 것으로 나타난 복합효소, bromelain 및 alcalase 유래 고등어 근육단백질 가수분해물과의 상승작용을 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 그 결과, 다소 차이는 있으나 서로간의 항산화능에 대한 상승효과는 큰 것으로 나타났다. 또한 유지의 산화를 촉진시키는 요인의 하나인 금속이온에 대한 근육단백질 가수분해물의 반응성을 살펴본 결과(Fig. 4), Fe^{3+} 및 Cu^{2+} 이온에 의한 지질의 산화촉진을 현저히 억제

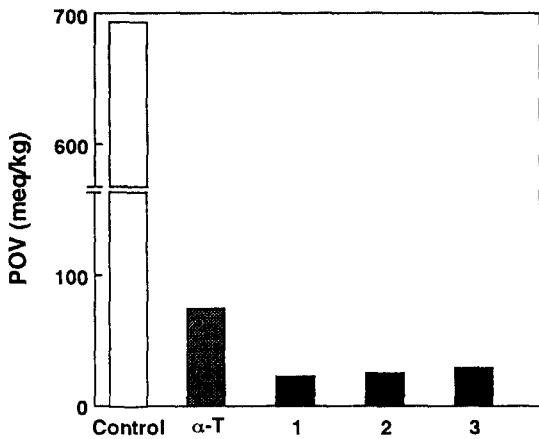


Fig. 3. Synergistic effects of each mackerel muscle protein hydrolysates on the antioxidative action of α -tocopherol.

2.5mg of α -tocopherol(α -T)and each protein hydrolysates were incubated with linoleic acid(LA) at 37°C for 7 days.

α -T : LA+ α -Tocopherol

1 : LA+ α -T+Complex enzyme-derived

2 : LA+ α -T+Bromelain-derived

3 : LA+ α -T+Alcalse-derived

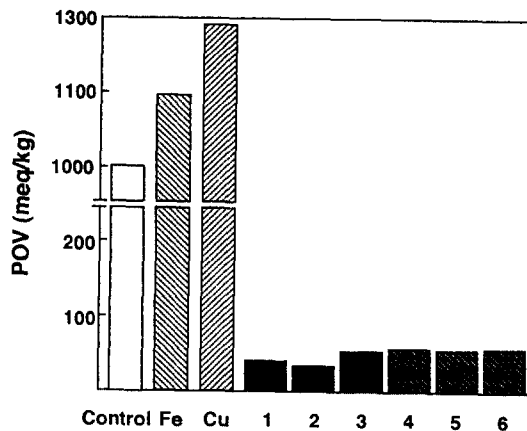


Fig. 4. Antioxidative effects of each mackerel muscle protein hydrolysates on metal ion(Fe^{3+} , Cu^{2+})catalyzed peroxidation of linoleic acid.

Each protein hydrolysates containing 5mg of protein and metal ion(1 ppm)were incubated with linoleic acid(LA) at 37°C for 7 days.

Control : Linoleic acid alone

Fe : LA+ Fe^{3+} , Cu : LA+ Cu^{2+}

1 : LA+ Fe^{3+} +Complex enzyme-derived

2 : LA+ Fe^{3+} +Bromelain-derived

3 : LA+ Fe^{3+} +Alcalse-derived

4 : LA+ Cu^{2+} +Complex enzyme-derived

5 : LA+ Cu^{2+} +Bromelain-derived

6 : LA+ Cu^{2+} +Alcalse-derived

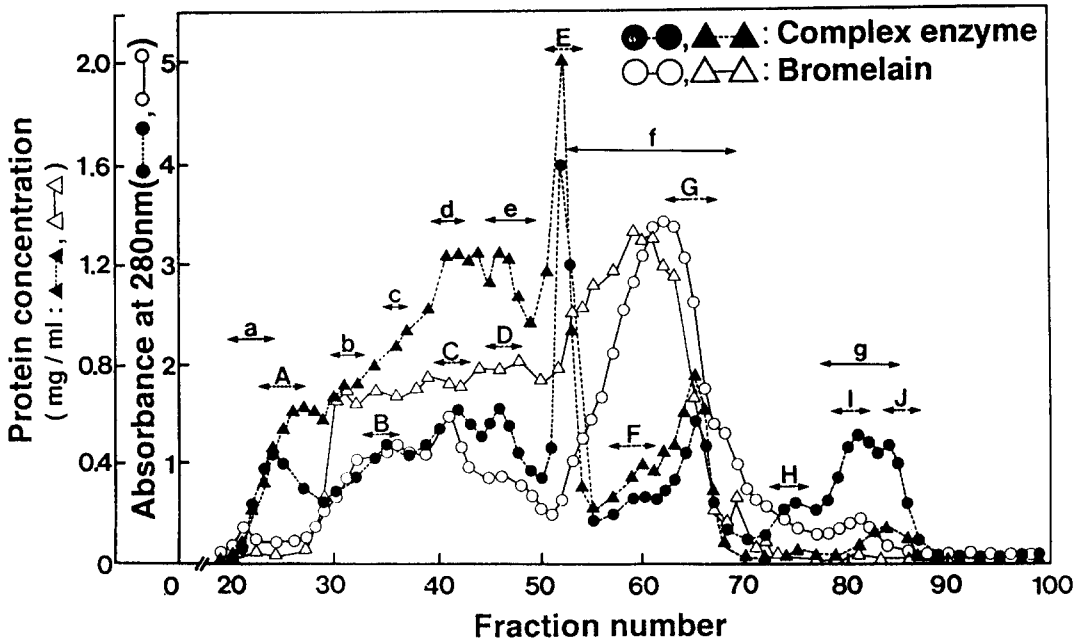


Fig. 5. Elution pattern on Bio-gel P-2 of mackerel muscle protein hydrolyzed with complex enzyme and bromelain.

하는 것으로 나타났다.

따라서 이들의 아미노산 조성을 살펴본 결과(Table 1), 그 조성은 서로 유사한 경향을 나타내었으며, 특히 aspartic acid, glutamic acid 및 lysine의 함량이 많은 것으로 나타났다. Bromelain과 alcalase 유래 근육단백질 가수분해물의 경우는 glutamic acid의 함량이 상대적으로 많은 것으로 나타났으며, 복합효소 유래 근육단백질 가수분해물의 경우는 lysine의 함량이 많은 것으로 나타났다. 단백질이나 peptide류는 methionine, tryptophan 및 histidine 등 구성 아미노산의 종류에 따라 radical을 형성할 수 있으며, 이들 radical이 지방산 유래 활성 radical과 반응하여 안정한 radical복합체를 형성함으로써 단백질 가수분해물이 나타내는 항산화작용에는 이들 아미노산의 조성도 영향을 미칠 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 고등어 근육단백질 효소가수분해물의 항산화능이 우수한 것으로 나타나 이들 효소가수

분해물 중의 항산화 인자를 보다 구체적으로 살펴보기 위하여 복합효소와 bromelain 유래 근육단백질 가수분해물을 사용하여 Bio-gel P-2 column으로 gel여과를 실시하고(Fig. 5), 분리된 각 획분들의 항산화능을 살펴보았다. 그 결과(Fig. 6, 7), 복합효소 유래 단백질 가수분해물의 획분별 항산화능은 part E(fraction No. 51~54)가 가장 우수한 것으로 나타났으며, part F와 G는 항산화 효과가 거의 없는 것으로 나타나 분자량에 따라 그 항산화능은 다른 것으로 나타났다. 한편 이들 획분의 분자량을 추정하기 위하여 bacitracin(MW: 1,422.71)과 streptomycin sulfate(MW: 1,457.4)를 사용하여 gel여과를 실시한 결과, 이들은 각각 fraction No. 40과 41에서 최대 peak를 나타내어 part E의 분자량은 1,400보다는 작을 것으로 생각된다. Bromelain 유래 가수분해물의 경우는 각 획분 모두에서 항산화능이 우수한 것으로 나타났으며, part e(fraction No. 45~50)가 다른 획분에 비하여 다소

Table 1. Amino acid composition of various mackerel muscle protein hydrolysates
(% to total amino acids)

Mackerel muscle protein hydrolysates*			
Amino acids	Complex enzyme-derived	Bromelain-derived	Alcalase-derived
Aspartic acid	10.20	8.64	8.47
Threonine	4.46	3.64	4.01
Serine	2.39	1.91	2.62
Glutamic acid	10.24	18.94	20.34
Glycine	6.60	5.07	4.80
Alanine	9.07	7.77	7.66
Valine	4.24	5.96	5.24
Cysteine	0.22	0.30	0.30
Methionine	2.10	2.26	2.30
Isoleucine	5.00	4.60	4.44
Leucine	8.79	8.53	8.43
Tyrosine	3.44	2.96	2.72
Phenylalanine	1.54	3.52	3.14
Lysine	13.59	11.66	11.72
Histidine	8.07	4.82	5.07
Arginine	5.62	5.66	5.21
Proline	4.43	3.76	3.53
Total	100.00	100.00	100.00

*Mackerel muscle protein was hydrolyzed with 2% complex enzyme, 2% bromelain and 2% alcalase.

우수한 것으로 나타났으나 분자량에 따른 항산화능의 차이는 적은 것으로 나타났다. Part e의 분자량은 복합효소 유래 근육단백질 가수분해물의 part E보다는 다소 크다는 것을 알 수 있다. 이처럼 고등어 근육단백질 가수분해물의 항산화 작용은 그 구성 peptide류의 분자량과도 관련이 있는 것으로 생각되며, 山口 등¹⁵⁾도 대두단백질, 우유카제인 및 난백albumin 가수분해물의 항산화 성분은 vitamin B₁₂(MW: 1357. 4)의 분자량 부근의 펩톤이라고 보고하였다. 또한, peptide류의 구조와 관련하여 岩見²⁰⁾은 peptide류의 소수성 영역 내부에 지방산이 들어가 하나의 미립자 구조를 형성함으로써 외부산소와의 접촉이 방지되어 항산화 효과가 나타난다고 지적하고 있다.

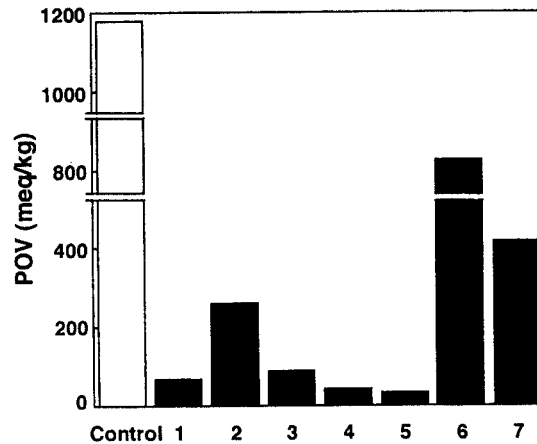


Fig. 6. Antioxidative effects of each fraction fractionated from mackerel muscle protein hydrolysates prepared from complex enzyme on Bio-gel P-2 column.

Each fraction containing 5mg of protein was incubated with linoleic acid(LA) at 37°C for 7 days.
1 : LA+part A 2 : LA+part B 3 : LA+part C
4 : LA+part D 5 : LA+part E 6 : LA+part F
7 : LA+part G

Table 2. Copper ion binding capacity of each fraction fractionated from mackerel muscle protein hydrolysates (complex enzyme-derived) on Bio-gel P-2 column

Fractions	Cu ²⁺ ion(μg) /mg nitrogen compounds
Part A(Fraction No. 23~27)	0.639
Part B(Fraction No. 33~36)	0.271
Part C(Fraction No. 40~43)	0.847
Part D(Fraction No. 45~48)	0.630
Part E(Fraction No. 51~54)	1.884
Part F(Fraction No. 57~61)	0.275
Part G(Fraction No. 63~67)	0.054

한편 이들 펩톤들의 항산화작용과 금속이온 봉쇄능과의 상호관계를 살펴보기 위하여 복합효소 유래 근육단백질 가수분해물을 Cu²⁺ 이온과 반응시킨 후 Bio-

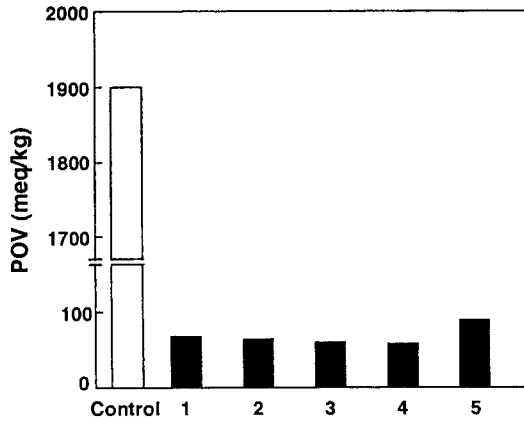


Fig. 7. Antioxidative effects of each fraction fractionated from mackerel muscle protein hydrolysates prepared from bromelain on Bio-gel P-2 column.

Each fraction containing 5mg of protein was incubated with linoleic acid(LA) at 37°C for 7 days.
Control : Linoleic acid alone (LA)

1 : LA+part b 2 : LA+part c 3 : LA+part d
4 : LA+part e 5 : LA+part f

gel P-2를 사용하여 분획하고 각 획분별 질소화합물 mg당 Cu^{2+} 이온의 함량을 조사하여 Table 2에 나타내었다. 그 결과, 질소화합물 mg당 Cu^{2+} 이온의 함량이 part E가 가장 높은 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 획분별 항산화능(Fig. 6)과도 일치하는 것을 알 수 있었다. 이처럼 peptide 그 자체가 갖는 이온교환능 및 peptide 결합으로 인하여 금속이온과 강하게 결합함으로써 나타나는 금속이온 봉쇄작용도 고등어 근육단백질 효소 가수분해물의 항산화 작용의 발현에 크게 기여하리라고 생각된다. 太田²¹⁾은 이러한 단백질의 금속이온 봉쇄작용은 1차적 항산화제로서의 작용이 아니라 2차적 항산화제로서의 작용을 가진다고 보고하였다.

따라서 이들 고등어 근육단백질 가수분해물의 항산화 작용 활성획분(part E, e)의 아미노산 조성을 살펴본 결과(Table 3), 복합효소 유래 근육단백질 가수분

Table 3. Amino acid composition of active fraction E and e fractionated from mackerel muscle protein hydrolysates on Bio-gel P-2 column

(% to total amino acids)

Amino acids	Fractions	
	E ¹⁾	e ²⁾
Aspartic acid	6.63	4.82
Threonine	2.27	3.69
Serine	1.43	1.96
Glutamic acid	4.36	13.08
Glycine	4.70	4.87
Alanine	2.06	7.49
Valine	—	5.13
Cysteine	—	0.19
Methionine	2.09	2.56
Isoleucine	3.13	4.28
Leucine	5.03	10.54
Tyrosine	9.28	1.70
Phenylalanine	11.85	0.67
Lysine	10.23	21.56
Histidine	22.06	9.95
Arginine	14.38	5.26
Proline	—	2.25
Total	100.00	100.00

1) Active fraction derived from mackerel muscle protein treated with complex enzyme.

2) Active fraction derived from mackerel muscle protein treated with bromelain.

해물 part E의 경우는 염기성 아미노산인 lysine, histidine 및 arginine과 소수성 아미노산인 phenylalanine이 많은 반면에 bromelain 유래 part e의 경우는 lysine에 이어 glutamic acid와 분지鎖아미노산인 leucine의 함량이 많은 것으로 나타나 항산화 활성획분인 part E와 part e의 아미노산 조성에는 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 川島 등²²⁾은 peptide의 항산화능은 분지鎖아미노산과 같은 특정 아미노산의 존재에 기인하며 분지鎖아미노산을 갖는 peptide의 항산화능은 분지鎖아미노산의 소수도가 다른 아미노산에 비하여 높으므로 지질과의 친화성이 보다 크기 때문이라고 추정하고 있다. 이로 미루어 고등어 근육단백질 가수분해물의 항산화 작용에는 아미노산의 조성 뿐만

아니라 peptide內 또는 말단잔기로서의 특정 아미노산의 존재도 항산화능의 발현에 크게 관여할 것으로 추정된다.

이상의 결과로 미루어 고등어 근육단백질 가수분해물의 항산화 작용에는 아미노산의 조성이나 peptide內 또는 말단의 radical형성 아미노산 및 分枝鎖아미노산과 같은 특정 아미노산의 존재, 구성 peptide류의 길이 및 금속이온 봉쇄작용 등 복합적인 작용에 의하여 나타나는 것으로 생각되며, 앞으로 이들 peptide의 정제 및 구조해석이 요망된다.

요 약

단백질 가수분해물의 항산화 작용을 설명하기 위하여 고등어 근육단백질을 이용하여 복합효소, alcalase, bromelain, pancrease, pepsin, α -chymotrypsin, trypsin 및 papain으로 가수분해시키고 linoleic acid와의 모델반응을 통하여 이들 가수분해물의 항산화능과 α -tocopherol과의 상승작용 및 아미노산 조성, Bio-gel P-2 column에 의한 활성획분의 분리 및 획분별 항산화능과 금속이온 봉쇄작용 등을 살펴본 결과, 8가지 효소에 의한 고등어 근육단백질 가수분해물의 항산화능은 우수한 것으로 나타났으며, 특히 복합효소, bromelain 및 alcalase에 의한 가수분해물의 항산화능이 다른 효소에 의한 경우에 비하여 다소 우수한 것으로 나타났다. 이들의 α -tocopherol과의 상승작용 및 금속이온(Fe^{3+} , Cu^{2+})에 의한 산화촉진 억제효과 또한 우수한 것으로 나타났으며, 아미노산의 조성은 전반적으로 aspartic acid, glutamic acid 및 lysine의 함량이 높은 것으로 나타났다. Bio-gel P-2 column에 의한 활성획분의 분리 결과, 복합효소 유래 가수분해물의 경우는 part E, bromelain 유래 가수분해물의 경우는 part e에서 항산화능이 큰 것으로 나타났으며, 이들의 분자량은 1,400보다 적은 것으로 추정되었다. 또한 획분별 금속이온 봉쇄작용은 항산화 획분인 part E에서 큰 것으로 나타났으며 획분별 항산화능과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 이들 활성획분의 아미노산 조성은 part E의 경우는 histidine, arginine, phenylalanine 및 lysine이, part e의 경우는 lysine, glutamic acid 및 leucine의 함량이 높은 것으로 나타

났다.

참고문헌

1. 大澤俊彦, 並木滿夫 : 脂質の過酸化と變異原性, 變異原と毒性, 5(3), 243(1982)
2. 김선봉, 강진훈, 박영호 : 지질산화생성물의 DNA 손상작용 및 그 억제기구, 한국수산화학회지, 20(5), 419(1987)
3. 太田靜行 : 酸化した油脂の毒性, 食の科學, 91, 43(1985)
4. 姜珍燾, 廉東敏, 崔守安, 金善奉, 朴榮浩 : Linoleic acid의 酸化에 의한 活性酸素種의 生成, 韓國食品科學會誌, 19(6), 471(1987)
5. 新村壽夫 : 食品添加物の生化學と安全性, 地人書館, 日本, p. 192(1979)
6. 金善奉, 朴榮浩, 朴震宇, 早瀬文孝, 加藤博通 : D-glucose-glycine系 Maillard반응생성물의 항산화 작용, 한국수산화학회지, 20(1), 52(1987)
7. 松崎妙子, 原 征彦 : 茶葉カテキン類의 抗酸化作用について, 日本農藝化學會誌, 59(2), 129(1985)
8. 이주원, 신호선 : 녹차 물추출물의 항산화 효과, 한국식품과학회지, 25(6), 759(1993)
9. 김정숙, 이기동, 권중호, 윤형식 : Methyl linoleate에 대한 phenol성 물질의 항산화성과 산화생성물, 한국식품과학회지, 25(4), 379(1993)
10. 이기영 : 탈지들 깨박에서 분리한 페놀화합물의 항산화 효과, 한국식품과학회지, 25(1), 9(1993)
11. 변한석, 윤호동, 김선봉, 박영호 : 생강추출물의 魚油에 대한 항산화효과, 한국수산화학회지, 19(4), 327(1986)
12. 변한석, 윤호동, 김선봉, 박영호 : 양파 및 겨자분말 추출물의 魚油에 대한 항산화 효과, 한국수산화학회지, 19(5), 453(1986)
13. 山口直彦, 横尾良夫, 藤卷正生 : 脂質의 安全性に及ぼすアミノ化合物の影響, 日本食品工業學會誌, 22(9), 425(1975)
14. 山口直彦, 横尾良夫, 藤卷正生 : 脂質의 安全性に及ぼすアミノ化合物の影響, 日本食品工業學會誌, 22(9), 431(1975)

15. 山口直彦, 横尾良夫, 藤卷正生 : 蛋白質加水分解物の抗酸化力, 日本食品工業學會誌, 26(2), 65 (1979)
16. 김선봉, 염동민, 여생규, 지청일, 이용우, 박영호 : 酵素에 의한 蛋白質 加水分解物の 抗酸化作用, 韓國食品科學會誌, 21(4), 492(1989)
17. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Roudall, R. J. : Protein measurement with the folin phenol reagent, *Biol. Chem.*, 193, 265(1951)
18. 梅本 滋 : ビュレット反應による魚肉タン白定量改良, 日本水産學會誌, 32(5), 427(1966)
19. Hayase, F. and H. Kato : Antioxidative components of sweet potatoes, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 30, 37(1984)
20. 岩見公和 : 食品蛋白質抗酸化機能の再發見, 化學と生物, 26, 216(1988)
21. 太田靜行 : 天然物中の酸化防止劑, *New Food Industry*, 27(3), 85(1985)

(1994년 5월 15일 수리)