

## 말쥐치 단백질 효소 가수분해물의 특성에 관한 연구

서형주 · 정수현 · 손종연\* · 이효구\*\* · 배승환\*\*\*

고려대학교 병설 보건전문대학 식품영양과, \*고려대학교 생물공학연구소

\*\*공주대학교 식품공학과, \*\*\*안성산업대 식품공학과

### Studies on the Properties of Enzymatic Hydrolysates from File-fish

Hyung Joo Suh, Soo Hyun Chung, Jong Youn Son\*, Hyo Ku Lee\*\* and Song Whan Bae\*\*\*

Department of Food and Nutrition, Junior College of Allied Health Sciences, Korea University

\*Institute of Biotechnology, Korea University

\*\*Department of Food Science and Technology, Kongju National University

\*\*\*Department of Food Science and Technology, Ansung National University

#### Abstract

The purpose of this study was to elucidate characteristics of hydrolysates from file-fish flesh with various proteases. File-fish flesh was chopped, homogenized with water, and hydrolysed by 8 different kinds of commercially available protease. High production of peptide was observed in bromelain and neutrase treatment. On the other hand, large amount of free amino acid was observed in esp/sav and pronase treatment. Neutrase and pancreatic hydrolysate contained large amount of 5'-GMP. Organoleptic studies showed that the bromelain, esp/sav and protease hydrolysate had strong bitter taste, while pronase and esp/sav hydrolysate had strong umami taste. From these results, pronase was found to be suitable enzyme for producing file-fish hydrolysate.

Key word: file-fish, enzymatic hydrolysate

#### 서 론

삼면이 바다에 접해 있는 우리나라는 해양자원이 풍부해 예로부터 수산물 가공기술에 신경을 써왔으나, 특별히 식생활에 풍부한 영향을 미치지 못하였다. 특히 수산물은 동물성 단백질의 공급원으로서 식품가치가 높은 것이 특징이지만 다른자원에 비해 보존성이 낮은 것이 결점으로 이러한 결점을 보완하여 신선도를 높이는 가공기술이 절대적으로 요구되고 있다.

근대에 이르러 이러한 수산물의 비가식분이나, 식용으로 적합하지 못하다라도 내용에는 우수한 성분들이 많이 함유되어 있는 수산물을 대상으로 자원의 고도 이용면에서 폐기하지 않고 물리, 화학 및 생물학적 처리를 가하여 가수분해물의 원료, 건강식품의 소재 또는 동식물의 사료나 비료로서 유효하게 부가가치를 향상 시킬 수 있는 가공 기술들이 연구 개발되고 있다<sup>(1,2)</sup>. 이러한 가공 기술로서 FPC (fish protein concentrate: 농축어류 단백질)의 생산과 각종 식품에 이것

을 혼합시키려는 다양한 연구가 진행되어 왔다<sup>(3,4)</sup>. 그러나 이 FPC는 영양적으로 우수한 단백질이기는 하지만 친수성과 가공적성에 문제가 있어 이용에 제약을 받고 있기 때문에 기능성 향상의 일환으로 어류 단백질을 단백질분해효소로 처리한 가수분해물을 식품소재로 이용하려 한다<sup>(5,6)</sup>. 단백질분해효소를 이용한 가수분해물은 식품소재로서 물성이 우수하기 때문에 어육 단백질의 가수분해<sup>(6)</sup> 및 영양적 평가에 대한 연구가 진행되고 있다<sup>(7)</sup>.

최근 기호의 다양화와 생활의 고도화에 발맞추어 식품가공기술이 발달하고 간편식품 등의 가공식품에 대한 요구도가 증대되는 한편 맛, 건강과 영양을 고려한 식품에의 인식이 높아지고 있어<sup>(8)</sup> 기호성이 향상된 어육 가수분해물에 대한 관심이 증가하고 있다<sup>(9)</sup>.

본 실험에서는 우리나라에서 연간 10만톤 이상 어획되는 말쥐치를 고도로 이용할 수 있는 방법의 일환으로 그 가수분해물을 제조하기 위해 pronase, bromelain 등 8개의 상업용 효소를 이용하여 펩타이드 생성량, 아미노산 생성량 등 가수분해물의 특성을 비교하여 가수분해물 제조에 적합한 효소를 선택하고자 한다.

Corresponding author: Hyung-Joo Suh, Department of Food and Nutrition, Junior College of Allied Health Sciences, Korea University, Seoul 136-703, Korea

**재료 및 방법**

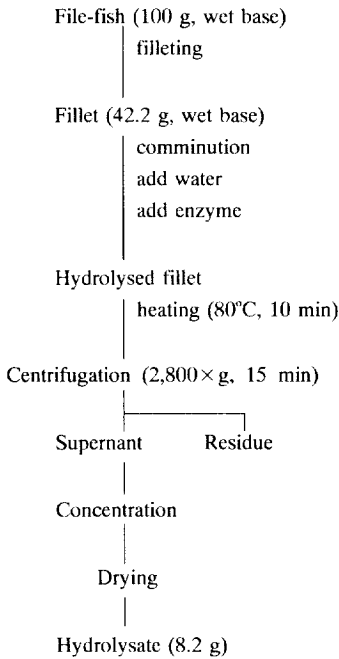
**재료**

본 실험에 사용한 말쥐치는 체장 19-28 cm, 체중 100-300 g인 것을 삼천포시 어시장에서 구입하여 -20°C에서 냉동보관하며 사용하였다.

단백분해효소는 actinase (과연제약, 1,000,000 unit/g), alcalase (Novo Co., 4.0 KNU/g), protease (태평양화학, 200,000 unit/g), pronase (Sigma Co., 720,000 unit/g), bromelain (Sigma Co., 40,000 unit/g)과 pancreatin (태평양화학, 140,000 unit/g) 등을 사용하였다.

**가수분해물의 제조**

가수분해물의 제조공정도를 Fig. 1에 나타내었다.



**Fig. 1.** Flow chart for the production of hydrolysate

**Table 1.** The reaction temperature and pH of enzyme

Enzyme	Temperature	pH
Alcalase	45°C	8.5
Bromelain	45°C	7.0
Pancreatin	37°C	8.0
Neutrase	30°C	7.0
Esp/Sav	45°C	8.3
Pronase	30°C	7.5
Actinase	30°C	7.0
Protease	30°C	6.0

즉, 해동 말쥐치어육 100 g에 1000 ml의 물을 가하여 마쇄한 후 단백질분해효소를 가하여 Table 1의 조건에서 가수분해를 시켰다. 가수분해 후 효소를 불활성시키기 위해 80°C에서 10분간 열처리 후 가수분해액을 2,800×g에서 10분간 원심분리하여 상정액을 농축 후 동결건조하였다. 동결건조된 가수분해물은 용기에 넣어 밀폐하여 5°C에 저장하며 실험에 사용하였다.

**펩타이드와 아미노산의 정량**

펩타이드의 양은 BSA를 표준물질로 한 Biuret법<sup>(12)</sup>에 의해, 유리 아미노산은 leucine을 표준물질로 사용한 Ninhydrin법<sup>(13)</sup>에 의해 측정하였다.

**핵산관련 물질의 정량**

단백질 가수분해물의 핵산관련 물질은 Table 2의 조건에서 HPLC를 이용하여 분석하였다.

**가수분해도의 측정**

石田 등<sup>(14)</sup>의 방법을 변형하여 가수분해도를 측정하였다. 가수분해액에 0.44 M TCA 용액 3 ml를 가하여 30°C에서 20분간 방치한 후 2,800×g에서 10분간 원심분리하고 증류수로 2~3회 세척한 침전물을 105°C에서 건조하여 함량을 구한 다음 다음 계산식에 의해 가수분해도를 나타내었다.

$$\text{가수분해도} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

W<sub>1</sub> : 효소 처리전의 기질의 무게 (mg)

W<sub>2</sub> : 0.44 M TCA 용액 첨가시 생성된 침전물의 무게(mg)

**관능검사**

단백분해효소로 4시간 처리하여 얻은 가수분해물을 동결건조한 후 2% 용액으로 조정하여 8명의 관능검

**Table 2.** Oprating condition of HPLC for analysis of nucleotides

Column	: Waters Radical-Pak SAW Catridge
Mobile phase	: A-0.007 M KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , B-0.25 M KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
Detectors	: Waters Model 440 (254 nm)
Intergrator	: Hewlett Packard 5390A
UV A.U.F.S	: 0.05
Flow rate	: 5 ml/min
Chart speed	: 0.5 min
Gradient	: A 100 to B 100 for 10 min
Sample size	: 20 μl

사료원에 의해 관능검사를 실시하였으며, 5단계 평점법에 의해 평가하였다.

### 펩타이드의 평균길이 측정

Pope의 copper법<sup>(13)</sup>에 따라 동결건조된 가수분해물 1g에 증류수 100 ml를 가하여 용해 후 그중 5 ml를 취하여 아미노태 질소를 정량하였고, 총가용성 질소량은 semi-microKjedahl법<sup>(16)</sup>으로 측정하였다. 평균 펩타이드의 길이는 다음의 계산식에 의해 나타내었다.

$$\frac{\mu\text{g Amino-N}}{\mu\text{g Soluble-N}} = \frac{1}{\text{Average peptide length}}$$

## 결과 및 고찰

### 일반성분

정형전후의 말쥐취의 일반 성분은 Table 3과 같다. 정형전의 말쥐취는 조단백은 16.3%, 조지질은 5.0%이었으나 탄수화물은 거의 검출되지 않았다. 정형을 한 경우 어육의 조단백은 17.5%, 조지질은 2.8%로 정형전에 비해 조지질의 함량이 감소하였으나 조단백은 1.3% 증가하였다.

**Table 3. Composition of whole file-fish and file-fish fillet (%)**

Fish	Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein
Whole file-fish	75.7	3.1	5.0	16.3
File-fish fillet	78.4	1.3	2.8	17.5

**Table 4. The amount of peptide in enzymatic hydrolysates of file-fish**

(mg/ml)

Time	Actinase	Neutrased	Alcalase	Bromelain	Protease	Esp/Sav	Pancreatin	Pronase
20 min	3.17	3.00	4.69	5.89	3.52	4.65	1.99	3.31
1 hr	3.76	4.57	4.81	6.20	4.31	4.96	3.31	4.19
2 hr	3.91	5.46	5.22	6.48	4.67	5.17	4.14	4.55
3 hr	4.14	6.01	5.05	6.15	4.91	5.22	4.60	4.55
4 hr	4.36	6.01	4.91	6.13	4.98	5.17	4.74	4.69

**Table 5. The amount of free amino acid in enzymatic hydrolysates of file-fish**

(mg/ml)

Time	Actinase	Neutrased	Alcalase	Bromelain	Protease	Esp/Sav	Pancreatin	Pronase
20 min	1.37	0.90	2.93	2.60	1.15	1.91	0.63	1.06
1 hr	1.99	1.31	3.60	2.81	1.19	2.96	0.88	1.97
2 hr	2.49	1.50	3.97	2.84	1.34	3.32	1.39	2.53
3 hr	2.99	1.91	4.14	2.91	1.99	3.51	1.51	3.30
4 hr	3.36	2.10	4.20	2.98	2.14	3.88	2.07	3.52

### 가수분해시간에 따른 가수분해물의 특성

펩타이드의 생성: Pornase 등 8개의 단백분해효소를 사용하여 말쥐취를 가수분해할 때 생성되는 펩타이드의 양을 측정된 결과(Table 4), bromelain과 neutrase에 의한 가수분해물의 펩타이드의 생성량은 4시간 가수분해시 6.13 mg/ml과 6.01 mg/ml로 높은 생성량을 보였으나, actinase와 pronase에 의한 가수분해물의 펩타이드 생성량은 4.36 mg/ml과 4.69 mg/ml로 비교적 낮은 생성량을 보였다.

유리 아미노산의 생성량: 가수분해물의 유리 아미노산의 생성량을 측정된 결과(Table 5), 가수분해물의 유리 아미노산의 생성량은 반응시간에 따라 증가하는 경향을 보였다. 4시간 가수분해시 alcalase에 의한 가수분해물이 4.20 mg/ml로 높은 유리 아미노산의 생성량을 보였으며, esp/sav와 pronase에 의한 가수분해물도 3.88 mg/ml와 3.52 mg/ml로 비교적 높은 아미노산의 생성량을 보였다. 반면, pancreatin의 가수분해물은 2.07 mg/ml로 낮은 유리 아미노산 생성량과 더불어 비교적 낮은 펩타이드의 생성량을 보이므로 말쥐취에 대한 기질 특이성이 다소 낮은 것으로 추정되었다.

Ding-Mian 등<sup>(17)</sup>은 다랑어를 12종류의 단백분해효소로 가수분해시 actinase와 protease M에 의한 가수분해물이 정미가 뛰어났으며, 아미노산의 생성량이 다른 가수분해물보다 높았다고 보고하였다. 이 보고에서처럼 아미노산의 생성량이 비교적 높은 alcalase, esp/sav와 pronase에 의한 가수분해물이 정미가 강할 것으로 예측된다.

가수분해도: 단백분해효소에 의한 가수분해물 제조시 가수분해 시간에 따른 가수분해도를 측정된 결과(Fig. 2), 반응시간이 경과할수록 가수분해도가 증가

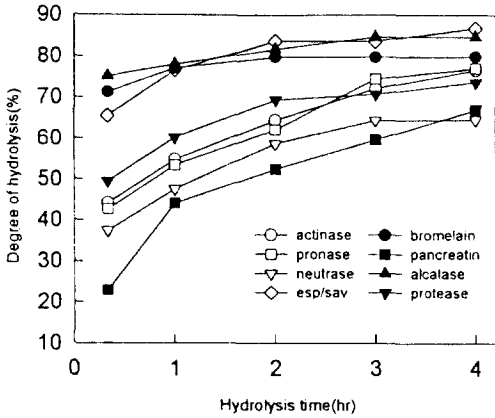


Fig. 2. Degree of hydrolysis in enzymatic hydrolysates of file-fish

하는 양상을 보였다. 4시간 가수분해시 esp/sav와 alcalase의 가수분해물은 88.9%와 86.2%의 비교적 높은 가수분해도를 보였으나, pancreatin과 neutrase는 비교적 낮은 67.5%와 64.9%의 가수분해도를 보였다. 또한 pronase와 actinase의 가수분해물은 78.0%와 75.8%의 가수분해도를 보였다.

Ding-Mian 등<sup>(17)</sup>은 다랑어육을 actinase와 pronase로 6시간 가수분해시 각각 89.0%와 84.3%의 가수분해도로 다소 높은 분해도를 보고하였으나, 이는 효소의 기질의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

가수분해물의 특성

핵산관련물질: 가다랭이의 정미성분이 5'-IMP로 밝혀진 후 어육중의 정미성분으로 5'-GMP를 포함하는 5'-nucleotide가 정미성분으로 주목받고 있으므로<sup>(18)</sup> 각 단백질분해효소로 4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 핵산관련 물질의 함량을 측정하였다(Fig 3). 가수분해물 공히 5'-GMP가 다른 핵산물질에 비해 많은 양이 생성되었다. 이는 향미의 작용 크기가 GMP>IMP>XMP 순으로 강화되므로<sup>(19)</sup> 5'-GMP가 다른 핵산물질에 비해 말쥐치 가수분해물의 정미에 크게 관여함을 알 수 있었다. 특히 pancreatin과 neutrase에 의한 가수분해물에서 109 µg/100 mg과 96 µg/100 mg으로 높은 5'-GMP의 생성량을 보였다.

말쥐치 잔사에 대한 bromelain 가수분해물<sup>(20)</sup>의 경우 5'-IMP생성량이 12.53 ppm이었으며, 또한 생머장어의 5'-IMP 함량도 16.8 µmole/g (dry base)로 비교적 높은 양이 생성되었으나 본 실험에서는 검출되지 않았다.

펩타이드의 평균길이

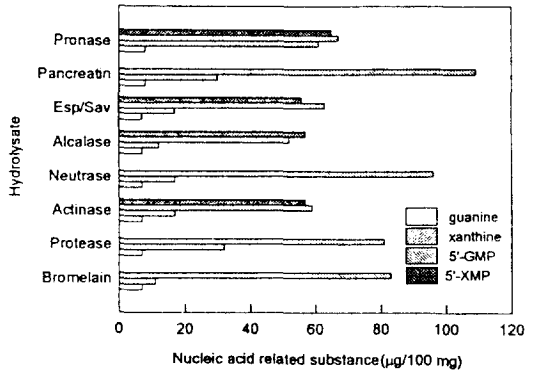


Fig. 3. The amount of nucleic acid related substance in hydrolysates of file-fish

Table 6. Average peptide length of enzymatic hydrolysates from file-fish

Enzyme	T-N (mg/100 mg)	NH <sub>2</sub> -N (mg/100 mg)	APL
Pronase	88.98	8.72	10.2
Esp/Sav	75.31	6.25	12.1
Pancreatin	77.62	7.41	10.5
Bromelain	70.80	8.29	8.5
Actinase	69.34	6.86	10.1
Alcalase	85.54	6.31	13.6
Neutrase	71.49	4.94	14.5
Protease	77.99	6.52	12.0

4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 펩타이드의 평균길이를 측정된 결과(Table 6), 총질소량은 pronase와 alcalase에 의한 가수분해물이 88.98 mg/100 mg과 85.54 mg/m/로 높은 함량을 보였으며, 아미노태 질소량은 pronase와 bromelain에 의한 가수분해물이 8.72 mg/100 mg과 8.29 mg/100 mg으로 높은 생성량을 보였다.

가수분해물의 펩타이드의 평균길이는 8.5~14.5로 bromelain에 의한 가수분해물이 가장 짧은 펩타이드의 길이를 가진 반면, neutrase에 의한 가수분해물은 14.5의 펩타이드 길이로 가장 긴 펩타이드로 구성되었다.

Sen 등<sup>(21)</sup>은 papain에 의해 가수분해물이 펩타이드의 평균길이가 1.6~4.7로 비교적 짧은 펩타이드로 구성되었다고 보고하였으나, 石田 등<sup>(14)</sup>은 본 결과와 유사한 7.6~14.5로 보고하였다.

관능검사: 각 단백질분해 효소에 의해 4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 농도를 2%로 조정 후 관능검사를 실시한 결과(Table 7), bromelain, esp/sav와 protease에 의한 가수분해물이 쓴맛이 강하였으나 0.05%의 유의수준에서 이들간에 차이가 없었으며, neutrase

**Table 7. Taste<sup>1)</sup> of enzymatic hydrolysate from file-fish**

Enzyme	Pronase	Esp/Sav	Pancreatin	Bromelain	Actinase	Alcalase	Neutrase	Protease
Bitterness	2.2 <sup>h,c</sup>	3.2 <sup>h</sup>	2.2 <sup>h,c</sup>	3.6 <sup>a</sup>	2.2 <sup>h,c</sup>	2.4 <sup>h,c</sup>	2.0 <sup>c</sup>	3.2 <sup>ab</sup>
Umami	4.2 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>c,d</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>c,d</sup>	3.6 <sup>ab,c</sup>	3.6 <sup>ab,c</sup>	2.2 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>5: Very strong, 4: Strong, 3: Medium, 2: Weak, 1: Very weak

<sup>2)</sup>a, b, c, d means Duncan's multiple range: Same letter are not significantly different at p<0.05 level by Duncan's multiple range test

에 의한 가수분해물의 쓴맛이 가장 약하였으나 alcalase, pronase, actinase와 pancreatin에 의한 가수분해물간에 유의적 차이(p<0.05%)가 없었다. 정미는 esp/sav에 의한 가수분해물이 가장 강하였으나 pronase, alcalase와 neutrase에 의한 가수분해물간에 유의적 차이(p<0.05%)는 없었다.

Esp/sav에 의한 가수분해물은 강한 정미뿐만 아니라 강한 쓴맛도 가지는 반면, pronase 가수분해물은 쓴맛이 약하고 정미가 강하였다. 이는 pronase가 endopeptidase와 exopeptidase의 활성을 모두 가지는 넓은 기질 특이성과 펩타이드 말단에 존재하여 쓴맛을 부여하는 아미노산을 가수분해하여 쓴맛을 완화하기 때문이다<sup>(22,23)</sup>.

또한 정미와 가수분해물의 펩타이드의 평균 길이를 비교한 결과 중간정도의 펩타이드 길이를 가지는 esp/sav와 protease에 의한 가수분해물이 비교적 쓴맛이 강하고 펩타이드 길이가 길거나 또는 짧은 경우 정미가 강한 경향을 보였다. 이는 Adler-Nissen 등<sup>(24)</sup>에 의하면 펩타이드 길이가 길거나 짧은 경우 쓴맛이 적고 중간 크기의 펩타이드를 가지는 가수분해물이 쓴맛이 강하다는 보고와 일치한다. 가수분해 초기에 약간의 쓴맛을 가지고 있다가 가수분해가 진행될수록 긴 펩타이드가 생성되면서 쓴맛이 증가하다가 점차 쓴맛을 가지는 펩타이드가 가수분해되어 펩타이드 길이가 감소하면서 쓴맛에 관여하는 아미노산이 가수분해되어 쓴맛이 감소되기 때문이다.

이상의 결과에 의하면 비교적 펩타이드 생성량이 적으며 또한 유리 아미노산의 생성량이 많은 가수분해물이 비교적 쓴맛이 적은 경향을 보였다. Bromelain을 포함한 8개 상업용 효소를 이용하여 말취치 가수분해시 가장 바람직한 기호성을 부여하는 것은 pronase임을 확인하였다.

## 요 약

Pronase 등 8개의 단백분해효소를 사용하여 말취치를 가수분해시 생성되는 펩타이드의 양을 측정된 결과, bromelain과 neutrase에 의한 가수분해물의 펩타이드 생성량은 4시간 가수분해시 6.13 mg/ml와 6.01 mg/ml로

높은 생성량을 보였으며, 유리아미노산의 생성량은 4시간 가수분해시 alcalase에 의한 가수분해물이 4.20 mg/ml로 높은 유리 아미노산의 생성량을 보였다.

가수분해도를 측정된 결과, 4시간 가수분해시 esp/sav와 alcalase의 가수분해물은 88.9%와 86.2%의 비교적 높은 가수분해도를 보였다. 또한 핵산관련 물질은 5'-GMP가 다른 핵산 관련물질에 비해 높은 생성량을 보였다.

가수분해물의 펩타이드의 평균길이는 8.5~14.5로 bromelain에 의한 가수분해물이 가장 짧은 펩타이드 길이를 가진 반면, neutrase에 의한 가수분해물은 14.5로 가장 긴 펩타이드로 구성되었다.

각 단백분해효소에 의해 4시간 가수분해하여 얻은 가수분해물의 농도를 2%로 조정 후 관능검사를 실시한 결과, bromelain, esp/sav와 protease에 의한 가수분해물은 쓴맛이 강하였으며, 정미는 esp/sav, pronase, alcalase와 neutrase에 의한 가수분해물이 강하였다.

Esp/sav에 의한 가수분해물은 강한 정미뿐만 아니라 강한 쓴맛을 가지는 반면, pronase 가수분해물은 쓴맛이 약하고 정미가 강하였다.

## 문 헌

1. Adler-Nissen, J: *Enzymic Hydrolysis of Food Protein*, Elsevier Applied Science Publishers, Barking, p. 93 (1986)
2. Prendergast, K.: Protein hydrolysate-A review. *Food Trade Rev.*, **44**, 14 (1974)
3. Montecalvo, J. Jr., Constantiniades, S. M. and Yang, C. S. T.: Enzymatic modification of fish protein isolate, *J. Food Sci.*, **49**, 1305 (1984)
4. Warriar, S. B. and Ninjoor, V.: Fish protein concentrate from Bombay duck isolated by radiation heat combination procedure; Functional and nutritional properties. *J. Food Sci.*, **46**, 234 (1981)
5. Yong-Jun Cha and Eun-Jeong Kim: Response surface methodology in development of oyster hydrolysate, *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **24**, 427 (1995)
6. Fox, P. F., Morrissey, P. A. and Mulvihill, D. M.: Chemical and enzymatic modification of food proteins. In *Developments in Food Proteins-1*, Judson, B. J. F. (Ed.), Applied Science Publishers, London, New York, p.1 (1982)
7. 배영정, 우강용 : 효소분해에 의한 가다랭이 혈합육 단

- 백질 농축물의 단백질 보강제로서의 이용에 관한 연구, 한국영양식량학회지, **24**, 323 (1995)
8. Hayashi, T., Ishii, H. and Shinihara, A.: Novel model experiment for cooking flavor research on crab leg meat. *Food Reviews International*, **6**, 521 (1990)
  9. Rebeca, B. D., Pena-Vera, M. T. and Diaz-Castaneda, M.: Production of fish protein hydrolysates with bacterial proteases; Yield and nutritional value. *J. Food Sci.*, **56**, 309 (1991)
  10. Nakamura, S.: Extraction and utilization of oyster extract. *New Food Industry*, **25**, 62 (1991)
  11. Chung, H. Y. and Cadwallader, K. R.: Aroma extract dilution analysis of blue crab claw meat volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, **58**, 239 (1995)
  12. Gornall, A. G., Bardawill, C. J. and David, M. M.: Determination of serum protein by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, **177**, 751 (1949)
  13. Yemm, E. W. and Cocking, E. C.: Determination of amino acid with ninhydrin. *Analyst.*, **80**, 209 (1955)
  14. 石田賢吾, 山本淳: 天然調味料に関する研究, 日本食品工業學會誌, **23**, 524 (1976)
  15. Pope, C. G. and Stenvens, M. F.: The determination of amino nitrogen using a copper method. *Biochem. J.*, **33**, 1070 (1938)
  16. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. 13th. ed. Association of Official Analytical Chemists. (1980)
  17. Ding-Mian Dong, Tkahashi, T. and Morishita, T.: 酵素による小型マアジ液化にする研究, 三重大 水産年報 第14號, 83 (1987)
  18. 中島宜郎, 市川恒平, 鎌田政喜, 藤田榮一郎: S-리ボヌエオチド의 식품學的研究, 日本農藝化學會誌, **35**, 803 (1961)
  19. 김동훈: 식품화학, 탐구당, p. 154 (1988)
  20. 양희순: 말쥐치 잔사를 이용한 어간장 제조에 관한 연구, 고려대학교 석사학위논문 (1987)
  21. Sen, D. P., Sripathy, N. V., Lahiry, N. L., Sreenivasan, A. and Subrahmanyam, V.: Fish hydrolysates; I. Rate of hydrolysis of fish flesh with papain. *Food Technol.*, **16**, 138 (1962)
  22. Cheftel, C., Ahern, M., Wang, C. I. D. and Tannenbaum, R. S.: Enzymatic solubilization of FPC. *Agric. Food Chem.*, **19**, 155 (1971)
  23. 서형주: 명태육 pronase 가수분해물의 괴제거에 관한 연구, 고려대학교 박사학위 논문 (1992)
  24. Adler-Nissen, J. and Olsen, H. S.: The influence of peptide chain length on taste and functional properties of enzymatically modified soy protein. *ACS Symp. Ser.*, **92**, 125 (1979)

---

(1996년 2월 26일 접수)