

# 효소에 의한 고등어 근육단백질 가수분해물의 Angiotensin-I 전환효소 저해작용

염동민 · 이태기\* · 변한석\* · 김선봉\* · 박영호\*

양산전문대학 식품영양과, \*부산수산대학교 식품공학과

## Angiotensin-I Converting Enzyme Inhibitory Activity of Enzymatic Hydrolysates of Mackerel Muscle Protein

Dong-Min YEUM · Tae-Gee LEE\* · Han-Seok BYUN\*

Seon-Bong KIM\* and Yeung-Ho PARK\*

*Department of Food and Nutrition, Yangsan Junior College,*

*Yangsan 628-800, Korea*

*\*Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Pusan,*

*Pusan 608-737, Korea*

Fish protein hydrolysates(FPH) prepared from defatted mackerel meal by proteases such as complex enzymes, bromelain, alcalase,  $\alpha$ -chymotrypsin, trypsin, papain and pepsin were tested for inhibitory activity against angiotensin-I converting enzyme(ACE).

Among proteases tested, the hydrolysates obtained from the treatment of complex enzymes or bromelain showed relatively higher activity. ACE inhibitory activity of the hydrolysates increased until hydrolysis of 8 hrs, and was stable by heat treatment for 20 min at 100°C.

From the profiles of fractionation of the hydrolysates with Bio-gel P-2, the most active fraction had about MW 1,450 and its amino acid was abundant in Asp, Glu, Lys, Leu, Val and Ala.

IC<sub>50</sub>(amounts of inhibitors needed for 50% inhibition) of the active fraction of the hydrolysates obtained from the treatment of complex enzyme and bromelain was 90 and 130 µg, respectively.

### 서 론

식품은 생체유지에 필요한 영양물질을 공급하는 영양적기능과 색, 맛, 향 등의 감각적기능 이외에 생체의 여러 계통을 조절하는 생체조절기능을 가지고 있음이 알려지고 있는데(藤卷, 1987), 최근에 식품이 갖는 생체조절기능 즉, 식품의 기능특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

식품성분의 기능특성 중 특히 식품단백질의 가수분해물에 혈압상승요인의 하나인 angiotensin-I 전환효소(ACE)의 저해제와 진통성의 opioid peptide가 존재한다는 사실이 밝혀지면서 식품의 기능특성 해명에 많은 관심이 모아지고 있다. 이러한 단백질 가수분해물 중 casein(Maruyama 등 19

85, 1987), 옥수수 단백질인 zein(Miyoshi 등, 1991) 및 gelatin(Maruyama와 Suzuki, 1982)의 가수분해물에 ACE 저해작용이 있다고 보고되고 있고, Tani 등(1990)과 Yoshikawa 등(1986)은 lactoferrin과 casein 유래의 진통성 peptide에 대하여 보고한 바 있다. 또한 어육단백질 가수분해물 중에는 정어리(末綱과 篠島, 1986; 受田 등, 1991; 受田 등, 1992)와 고등어(廉, 1991) 근육단백질 가수분해물의 ACE 저해작용이 보고되고 있다. 한편 단백질 가수분해물은 정미성(Hatana 등, 1985)을 비롯하여 향산화성(川島 등, 1982; 岩見, 1988; 김 등, 1989) 및 돌연변이원성 물질의 생성억제와 불활성화 작용(Wang 등, 1982; 박 등, 1992)도 가지고 있다.

이처럼 단백질 가수분해물이 갖는 생리활성에

대한 연구는 최근에 큰 관심의 대상이 되고 있으나 우리나라의 경우에는 수산단백질의 섭취가 많음에도 불구하고 수산단백질이 갖는 생리활성 특히 고혈압의 억제와 관련이 있는 ACE 저해작용에 대한 연구는 지극히 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 성인병의 하나인 고혈압의 예방과 수산자원의 고도 이용 측면 뿐만 아니라 식사요법의 면에서 ACE 저해작용을 갖는 어육 유래의 peptide 성분의 특성을 밝히고자 우리가 많이 섭취하고 있는 고등어 근육단백질의 효소가수분해물의 angiotensin-I 전환효소 저해작용에 대하여 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

어육단백질 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 어육 단백질로 하였다. 단백질분해효소의 경우는 태평양 복합효소제 2,000(태평양화학, 한국), pepsin(Sigma Co.),  $\alpha$ -chymotrypsin(Sigma Co.), trypsin(Sigma Co.), papain(Sigma Co.), bromelain(Sigma Co.), alcalase(Novo Co.) 및 Pancreatin(Merck Co.)을 각각 단백질의 가수분해에 사용하였다.

Angiotensin-I 전환효소(ACE)는 토끼의 허파로부터 얻은 아세톤 침전분말(Sigma Co.) 1g에 봉산 완충액(pH 8.3) 10ml를 가하여 5°C에서 24시간 교반한 후 원심분리(10,000rpm, 30분)하여 얻은 상층액을 조효소액으로 하였으며, 기질로는 hippuryl-His-Leu(Sigma Co.)를 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 어육단백질 가수분해물의 조제

탈지분말시료에 10배량의 증류수를 가한 다음, 효소를 가하여 복합효소와 alcalase의 경우는 각각 50°C와 60°C에서, bromelain은 43°C, pancrease는 40°C, 그리고 pepsin,  $\alpha$ -chymotrypsin, trypsin 및 papain은 37°C에서 각각 가수분해시켰다.

#### 2) 단백질 및 peptide-N 함량

가수분해시간에 따른 5% TCA(trichloroacetic

acid) 가용성 단백질 함량 및 시료단백질 mg 당 5% TCA 가용성 peptide-nitrogen의 생성량의 변화는 Lowry법(Lowry 등, 1951) 및 개량 biuret법(Umemoto, 1966)으로 각각 측정하였다.

#### 3) 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 감압건고하여 HCl을 완전히 제거한 다음 증류수 10ml를 가하여 다시 감압건고한 후 구연산 완충액(pH 2.2)으로써 25ml로 정용하였다. 이의 일정량을 취하여 아미노산 자동분석기(Hitachi 835)로서 정량하였다.

#### 4) Gel 여과에 의한 어육단백질 가수분해물의 분획

Bio-gel P-2를 채운 column( $\phi 3 \times 55$ cm)을 사용하여 어육단백질 가수분해물 1g을 2ml의 증류수에 용해시켜 30ml/hr의 유속으로 용출시켰다. 이때 용출액을 5ml씩 받아 280nm에서의 흡광도 및 Lowry법에 의한 단백질의 함량을 구하였다.

#### 5) Angiotensin-I 전환효소(ACE) 저해작용의 측정

ACE 저해작용은 Cushman과 Cheung(1970)의 방법에 준하여 실시하였다. 즉, 소정농도의 단백질 가수분해물 50 $\mu$ l에 ACE 조효소액 50 $\mu$ l 및 sodium borate buffer(pH 8.3) 100 $\mu$ l를 가한 후 37°C에서 5분간 preincubation시켰다. 여기에 기질로써 hippuryl-His-Leu 용액(25mg/2.5ml sodium borate buffer) 50 $\mu$ l를 가하여 다시 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1N HCl 250 $\mu$ l를 가하여 반응을 정지시켰다. 여기에 ethyl acetate 1.5ml를 가하여 15초간 교반한 후, 3,000rpm에서 5분간 원심분리시켜 상층액 1ml를 취하였다. 이 상층액을 완전히 건조시킨 뒤 증류수 3ml를 가하여 용해시키고 228nm에서 흡광도를 측정하여 단백질 가수분해물 첨가 전후의 백분율로써 ACE 저해율을 나타내었다.

## 결과 및 고찰

Angiotensin-I 전환효소(ACE)는 불활성형인 angiotensin-I의 C말단 dipeptide(His-Leu)를 절단하여 활성형인 angiotensin-II로 전환시킴과 동시에 bradykinin을 분해함으로써 성인병의 하나인 고혈압을 유발하는 것으로 알려지고 있다(Manjusri와 Richard, 1975; 池本 등, 1981; Horovitz, 1981).

따라서 식품중에 양적으로 많이 함유된 성분의 ACE 저해작용을 밝히는 것은 고혈압 억제에 대한 식사요법의 면에서 중요하므로 본 실험에서는 고등어 근육단백질의 효소가수분해물의 ACE 저해작용을 살펴본 결과(Table 1), 단백질의 가수분해시간에 따른 ACE 저해작용은 복합효소, bromelain 및 alcalase에 의한 가수분해시 큰 것으로 나타났다. 특히 bromelain에 의한 가수분해의 경우 ACE 저해작용은 가수분해 30분에는 낮았으나 가수분해 8시간에는 급격히 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 alcalase의 경우도 비슷한 경향을 나타내어 가수분해 8시간까지 ACE 저해작용이 급격히 증가하다가 그 후로는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다.

단백질 가수분해물의 ACE 저해작용에 가수분해중에 생성되는 peptide의 역할을 검토하기 위하여 가수분해에 따른 peptide-N의 경시적 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 그 결과 효소의 종류에 따라 양의 차이는 있으나, 가수분해 8시간까지는 peptide-N의 생성량이 급격히 증가하였고 그 이후는 서서히 증가하는 경향을 나타내어 Table 1의 가수분해에 따른 ACE 저해작용의 결과와 결부시켜 보면, ACE 저해작용과 peptide-N 생성량과의 상호간에 매우 밀접한 상관관계가 나타나 어육단백질 가수분해물이 나타내는 ACE 저해작용에는 가수분해중에 생성되는 peptide가 관여하는 것으로 시사되었다.

또한, peptide-N의 생성량이 많고, ACE 저해작용이 우수하게 나타난 복합효소, bromelain 및 alcalase로 처리한 단백질 가수분해물의 농도별 ACE 저해작용을 검토한 결과(Table 2), 어육단백질 가수분해물 모두 ACE 저해작용이 우수한 것

Table 1. Angiotensin-I converting enzyme(ACE) inhibition effect of the mackerel muscle protein hydrolysates according to hydrolysis time

Enzymes	ACE inhibition, %			
	0.5 hr	8 hr	16 hr	24 hr
Complex enzyme	20.3	36.4	47.1	40.3
Pepsin	19.4	29.2	30.1	39.5
Bromelain	5.5	42.9	43.7	45.9
Papain	15.4	38.1	29.2	38.5
Alcalase	10.5	40.1	33.8	40.3
$\alpha$ -Chymotrypsin	17.3	28.4	33.5	41.7
Trypsin	10.4	31.9	29.4	33.4
Pancrease	12.9	21.7	20.8	31.7

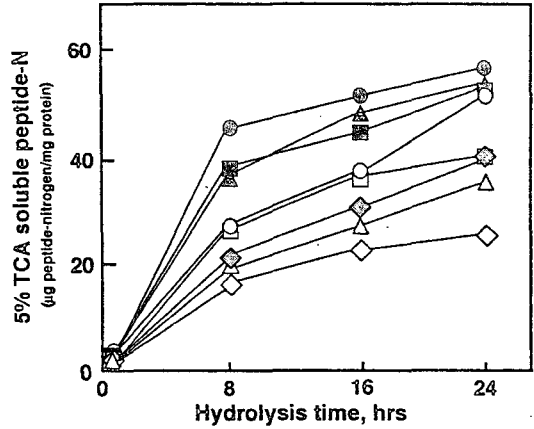


Fig. 1. Production of 5% TCA soluble peptide-nitrogen in mackerel muscle protein hydrolysates according to hydrolysis time.

- : 2% complex enzyme(pH 7.0, 50 °C,  $2.18 \times 10^4$  unit/g solid)
- : 2% Alcalase(pH 9.0, 60 °C,  $1.94 \times 10^4$  unit/g solid)
- : 2% Bromelain(pH 7.0, 43 °C, 2 unit/mg)
- △ : 2%  $\alpha$ -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)

Table 2. Angiotensin-I converting enzyme(ACE) inhibition effect according to amount of mackerel muscle protein hydrolysates

Protein hydrolysates*	ACE inhibition ratio, %			
	20 µg	50 µg	100 µg	200 µg
Complex enzyme-derived	10.9	17.8	29.2	41.1
Bromelain-derived	11.3	34.3	44.3	56.2
Alcalase-derived	4.3	16.1	22.3	41.8

\* Mackerel muscle protein was hydrolyzed with proteases for 8hrs.

로 나타났으나 bromelain에 의한 단백질 가수분해물의 경우가 다른 것에 비하여 특히 좋은 것으로 나타나 효소에 따라 생성되는 peptide의 종류에 따라 ACE 저해작용이 다른 것으로 밝혀졌다.

한편, 가수분해물 중의 단백질 함량을 20µg으로 동일하게 조정하여 ACE 저해작용을 살펴본 결과(Table 3), 복합효소에 의한 어육단백질 가수분해

Table 3. Angiotensin-I converting enzyme(ACE) inhibition effect of mackerel muscle protein hydrolysates under the same level of protein contents

Protein hydrolysates*	Protein added (μg)	ACE inhibition ration, %
Complex enzyme-derived	20	25.2
Bromelain-derived	20	24.5
Alcalase-derived	20	10.2

\* Mackerel muscle protein was hydrolyzed with proteases for 8hrs.

물의 경우, ACE 저해작용이 가장 큰 것으로 나타나, ACE 저해작용에는 단백질의 함량보다는 그 중의 peptide의 종류에 따른 영향이 큰 것으로 생각되며, 한 종류의 peptide 뿐만 아니라 다른 여러 종류의 peptide가 복합적으로 ACE 저해작용을 나타낸다는 것이 시사되었다. 또한, 효소의 종류 및 가수분해시간에 따라 peptide의 생성량 및 ACE 저해작용에 차이가 나는 것은 가수분해에 의하여 생성된 peptide의 사슬 길이나 구조 및 그 아미노산 배열이 다르기 때문으로 생각된다.

어육단백질 가수분해물의 ACE 저해작용에 미치는 가열의 영향을 살펴본 결과는 Table 4와 같다. 그 결과 가열 전후의 ACE 저해작용은 가열전에 비하여 가열후가 다소 낮은 것으로 나타났으나 그

다지 큰 차이는 없는 것으로 나타나, 단백질 가수분해물중의 ACE 저해작용을 가진 peptide는 비교적 가열에 안정한 저분자의 물질로 추정된다.鈴木 등(1983)도 식품중의 ACE 저해인자는 가열에 안정한 비교적 저분자의 물질이라고 보고한 바 있다.

어육단백질 가수분해물중에 함유되고 있는 ACE 저해인자를 보다 구체적으로 살펴보기 위하여, Bio-gel P-2로 gel 여과를 실시하여 각 획분별 280nm에서의 흡광도 및 단백질 함량을 Fig. 2에 나타내었다. 그 결과 복합효소와 bromelain에 의한 가수분해물의 gel 여과로부터 각각 10개와 7개의 획분을 얻었다. 분리된 각 획분들의 ACE 저해작용을 살펴보기 위하여 각 획분의 단백질 함량을 각각 20 μg으로 동일하게 조정한 뒤 ACE 저해작용을 조사

Table 4. Influence of heat treatment on angiotensin-I converting enzyme(ACE) inhibition of mackerel muscle protein hydrolysates

Protein hydrolysates*	ACE inhibition ratio, %	
	before heating	after heating
Complex enzyme-derived	17.8	13.3
Bromelain-derived	34.3	24.8
Alcalase-derived	16.1	12.0

\* Mackerel muscle protein was hydrolyzed with proteases for 8hrs.

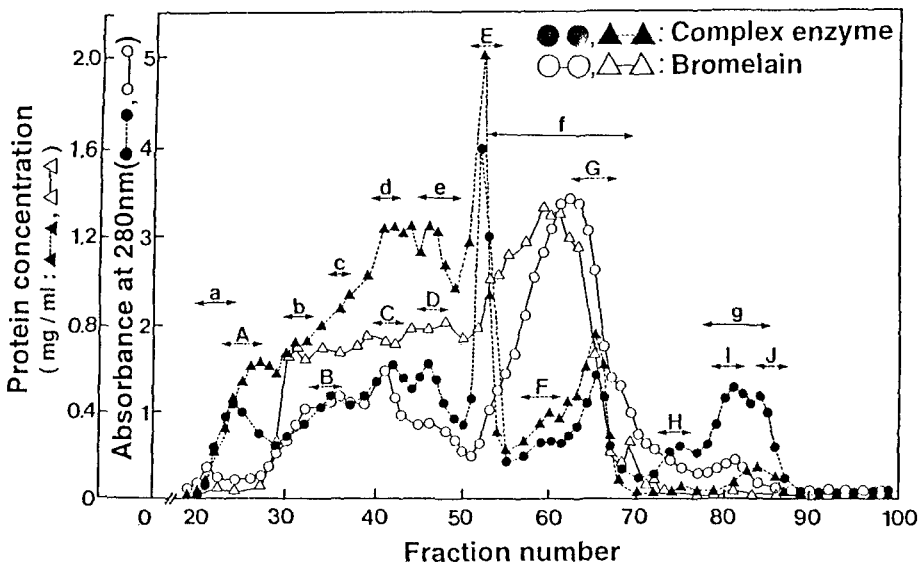


Fig. 2. Elution pattern on Bio-gel P-2 of mackerel muscle protein hydrolyzed with complex enzyme and bromelain.

하여 Table 5에 나타내었다. 그 결과, 복합효소에 의한 어육단백질 가수분해물의 획분별 ACE 저해작용에 있어서는 획분 C의 경우가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 다음으로 획분 B의 순이었다. 그러나 획분 A과 F의 경우는 ACE 저해작용이 거의 없는 것으로 나타났다.

한편, bacitracin(MW; 1422.71)과 streptomycin sulfate(MW; 1457.4)를 사용하여 같은 column으로 gel 여과를 실시한 결과, 이들은 fraction No. 40과 41에서 각각 최대 peak를 나타내었다. 이것은 ACE 저해작용이 가장 우수한 획분 C(Fraction No. 39~42)이 용출되는 획분이므로, 이로부터 분자량은 약 1,450으로 추정되었다.

Bromelain에 의한 어육단백질 가수분해물의 ACE 저해작용은 획분 d가 가장 큰 것으로 나타났으며 그 다음으로는 획분 e, c의 순으로 나타났다. 그러나 획분 a, g는 ACE 저해작용이 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 복합효소와 bromelain에 의한 어육단백질 가수분해물은 서로 비슷한 분자량을 갖는 획분에서 ACE 저해작용이 우수한 것으로 나타났다.

따라서 복합효소에 의한 가수분해물의 획분 C와 bromelain에 의한 가수분해물의 획분 d를 진공동결

Table 5. Angiotensin-I converting enzyme(ACE) inhibition effect of each fraction fractionated from mackerel muscle protein hydrolyzed with complex enzyme and bromelain on Bio-gel P-2 column

	Fractions*	ACE inhibition ratio, %
Complex enzyme	A	0
	B	25.3
	C	43.1
	D	10.1
	E	10.3
	F	1.3
	G	0
Bromelain	a	0
	b	5.1
	c	28.0
	d	48.5
	e	32.6
	f	11.8
	g	0

\* ACE inhibition was determined with 50  $\mu$ l of each fraction containing 20  $\mu$ g of protein

건조한 다음 IC<sub>50</sub>(ACE의 활성을 50% 억제하는데 요구되는 저해제의 양)을 살펴본 결과(Table 6), 각각 95, 130 $\mu$ g으로 나타났다. 또한 이들 획분의 아미노산 조성을 살펴본 결과(Table 7), 이들 두 획분의 아미노산 조성에 다소 차이가 있었으며 Asp, Glu, Lys, Ala, Val 및 Leu 등이 대체적으로 많은 것으로 나타났다.

이와 관련하여 ACE 저해작용을 갖는 정어리 단백질 가수분해물의 아미노산 조성에 대하여 末網과 箆島(1986)는 Lys의 함량이 가장 높다고 보고 하였으나, 受田 등(1991)은 Lys의 함량이 적고 Tyr, Leu 및 Phe 등의 소수성 아미노산 함량이 많은 것

Table 6. IC<sub>50</sub> of the active fraction fractionated from mackerel muscle protein treated with complex enzyme and bromelain on Bio-gel P-2

Protein hydrolysates	Fractions	IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g)
Complex enzyme-derived	C	95
Bromelain-derived	d	130

Table 7. Amino acid composition of the most active fractions fractionated from mackerel protein on Bio-gel P-2 (mg/100g of the fractions)

Amino acids	C <sup>1)</sup>	d <sup>2)</sup>
Asp	3,276.0	4,566.8
Thr	1,757.3	3,049.1
Ser	760.4	1,413.4
Glu	6,807.9	11,810.3
Gly	2,237.0	3,799.9
Ala	4,613.2	6,906.1
Val	3,013.7	4,770.4
Cys	40.8	114.5
Met	748.9	1,379.0
Ile	2,528.8	3,736.8
Leu	4,539.5	6,829.2
Tyr	978.7	874.0
Phe	570.9	1,008.8
Lys	7,507.1	8,649.5
His	2,433.6	1,929.2
Arg	2,136.2	1,531.7
Total	21,443.7	25,938.2

<sup>1)</sup> Active fraction derived from mackerel protein treated with complex enzyme.

<sup>2)</sup> Active fraction derived from mackerel protein treated with bromelain.

으로 보고하였다.

이러한 사실로 미루어 이들 어육단백질 가수분해물의 ACE 저해작용은 그 구성 아미노산의 배열순서에 영향을 받을 뿐만 아니라 peptide의 길이나 구조 및 분자량 등에 의해서도 영향을 받을 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하면 효소에 의한 고등어 육단백질 가수분해물의 ACE 저해작용은 단백질의 가수분해에 의해 생성된 저분자 peptide의 사슬길이나 구조 및 아미노산의 배열순서 등에 따라 서로 다른 것으로 추정되었고, 현재 이들 peptide의 정제 및 아미노산의 배열순서를 해석 중에 있다.

## 요 약

수산자원의 기능특성 해명을 위한 연구의 일환으로 고등어 근육단백질을 8가지 효소로 가수분해하여 얻은 가수분해물의 ACE 저해작용을 살펴보고 gel 여과에 의한 획분별 ACE 저해작용을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 단백질의 가수분해에 따른 5% TCA 가용성 peptide-nitrogen의 생성량은 가수분해 8시간까지는 급격히 증가하였으나 그 후로는 완만하게 증가하였다.

2. 가수분해에 따른 ACE 저해작용 또한 가수분해 8시간까지는 급격히 증가하였으나 특히 복합효소, bromelain에 의해 우수하게 나타났다.

3. 단백질 가수분해물의 ACE 저해작용은 첨가량의 증가와 함께 우수한 것으로 나타났으며, 가열에 의한 영향은 적은 것으로 나타났다.

4. Gel 여과에 의한 단백질 가수분해물의 획분별 ACE 저해작용은 서로 비슷한 획분에서 큰 것으로 나타났으며, 이 때의 분자량은 약 1,450 부근인 것으로 나타났다.

5. 복합효소에 의한 가수분해물의 획분 C 및 bromelain에 의한 가수분해물의 획분 d의 IC<sub>50</sub>은 각각 95와 130 $\mu$ g으로 나타났다.

6. 복합효소 및 bromelain에 의한 가수분해물의 ACE 저해작용을 갖는 획분의 아미노산 조성은 다소 다른 것으로 나타났으며, Asp, Glu, Lys, Leu, Val 및 Ala의 함량이 많은 것으로 나타났다.

metric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.*, 20, 1637~1648.

Hatana, M., I. Jancarik, B. Graves and Kim. S. -H. 1985. Crystal structure of aspartame, a peptide sweetener. *J. Am. Chem. Soc.*, 107, 4279~4282.

Horovitz, Z. P. 1981. Angiotensin converting enzyme inhibitors. Urban & Schwarzenberg, Baltimore-Munich, 3~25.

Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the Folin-phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193, 165~275.

Manjusri, D. and L. S. Richard. 1975. Pulmonary angiotensin-converting enzyme. *J. Biol. Chem.*, 250, 6762~6768.

Maruyama, S. and H. Suzuki. 1982. A peptide inhibitor of angiotensin-I converting enzyme in the tryptic hydrolysate of casein. *Agric. Biol. Chem.*, 46, 1393~1394.

Maruyama, S., K. Nakagomi, N. Tomizuka and H. Suzuki. 1985. Angiotensin-I converting enzyme inhibitor derived from an enzymatic hydrolysate of casein. II. Isolation and bradykinin potentiating activity on the uterus and the ileum of rats. *Agric. Biol. Chem.*, 49, 1405~1409.

Maruyama, S., H. Mitachi, J. Awaya, M. Kurono, N. Tomizuka and H. Suzuki. 1987. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of the C-terminal hexapeptide of  $\alpha_1$ -casein. *Agric. Biol. Chem.*, 51, 2557~2561.

Miyoshi, S., H. Ishikawa, T. Kaneko, F. Fukui, H. Tanaka and S. Maruyama. 1991. Structures and activity of angiotensin-converting enzyme inhibitors in an  $\alpha$ -zein hydrolysate. *Agric. Biol. Chem.*, 55, 1313~1318.

Tani, F., K. Iio, H. Chiba and M. Yoshikawa. 1990. Isolation and characterization of opioid antagonist peptides derived from human lactoferrin. *Agric. Biol. Chem.*, 54, 1803~1810.

Wang, Y., L. Vuolo, N. E. Spingarn and J. H. Weisburger. 1982. Formation of mutagens in cooked foods. *Cancer Letters*, 16, 179~189.

Yoshikawa, M., F. Tani, T. Ashikaga, T. Yoshimura and H. Chiba. 1986. Purification and characterization of an opioid antagonist from a peptic digest of bovine  $\kappa$ -casein. *Agric. Biol. Chem.*,

## 참 고 문 헌

Cushman, D. W. and H. S. Cheung. 1971. Spectro-

- 50, 2951~2984.
- Yoshikawa, M., T. Yoshimura and H. Chiba. 1984. Opioid peptides from human  $\beta$ -casein. *Agric. Biol. Chem.*, 48, 3185~3187.
- 岩見公和. 1988. 食品タンパク質抗酸化機能の再発見. *化學と生物*, 26, 216~217.
- 池本文彦・岩尾 洋・山本研二郎. 1981. 高血壓の生化學. *化學と生物*, 19, 482~488.
- 藤巻正生. 1987. 食品研究の新とい潮流-1. *化學と生物*, 25, 109~110.
- 김선봉・염동민・여생규・지정일・이용우・박영호. 1989. 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, 492~497.
- 박영호・염동민・김선봉. 1992. 돌연변이원성 카르보닐화합물에 대한 단백질 가수분해물의 돌연변이원성 억제작용. *노화학회 투고중*.
- 末網邦男・箴島克裕. 1986. イワシおよびタチウオ筋肉由来鹽基性ペプチドのアンジオテンシン I 轉換酵素阻害能について. *日水誌*, 52, 1981~1984.
- 鈴木建夫・石川宣子・目黒 熙. 1983. 食品中のアンジオテンシン I 轉換酵素阻害能について. *日農化誌*, 57, 1143~1146.
- 梅本 滋. 1966. ビュレット反應による魚肉タン白定量法の改良. *日水誌*, 32, 427~435.
- 川島啓助・伊藤 博・千畑一郎. 1982. ペプチドの抗酸化能. *化學と生物*, 20, 215~217.
- 受田浩之・松田秀喜・黒田浩之・箴島克裕・松藤寛・箴島 豊. 1991. イワシ蛋白質加水分解物からアンジオテンシン I 轉換酵素阻害ペプチドの調製とその分離. *日農化誌*, 65, 1223~1228.
- 受田浩之・松田秀喜・箴島克裕・松藤 寛・松井利郎・箴島 豊. 1992. 加熱イワシ筋肉のペプシン加水分解物中に存在するアンジオテンシン I 轉換酵素阻害ペプチド. *日農化誌*, 66, 25~29.
- 廉東敏. 1991. 蛋白質 酵素加水分解物の 機能特性. 釜山水産大學 大學院 工學博士 學位論文.

1992년 4월 7일 접수

1992년 5월 1일 수리