

해조류 효소가수분해물질로부터 정제한 저분자 Peptide의 기능성

이정민¹ · 유상권² · 김상무^{1*}

¹강릉대학교 해양생명공학부

²Manitoba대학교 식품과학과

Functional Activities of Low Molecular Weight Peptides Purified from Enzymatic Hydrolysates of Seaweeds

Jung Min Lee¹, Sang Guan You² and Sang Moo Kim^{1*}

¹Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

²Dept. of Food Science, University of Manitoba, Winnipeg, MB, R3T-2N2, Canada

Abstract

Functional activities of low molecular weight substances purified from pepsin hydrolysates of four different seaweeds; *Costaria costata*, *Enteromorpha prolifera*, *Grateloupia filicina* and *Porphyra tenera*, were investigated. Each pepsin hydrolysate of *Costaria costata*, *Enteromorpha prolifera*, and *Grateloupia filicina* resulted in three peptide peaks on Bio-Rad P2 gel chromatography pattern, while that of *Porphyra tenera* showed 2 peaks. Peak 1 of *Porphyra tenera* showed the highest antioxidative activity followed by peak 2 of *Porphyra tenera* and peak 2 of *Costaria costata* in order. Peak 1 of *Porphyra tenera* showed the highest ACE inhibitory activity followed by peak 3 and peak 2 of *Enteromorpha prolifera* in order. Peak 1 and peak 2 of *Porphyra tenera*, and peak 2 of *Enteromorpha prolifera* showed the highest antityrosinase activity followed by peak 3 of *Enteromorpha prolifera*. Peak 1 of *Enteromorpha prolifera* showed the highest antitumor activity followed by peak 2 of *Costaria costata*, peak 3 of *Enteromorpha prolifera*, and peak 3 of *Grateloupia filicina* in order. *Porphyra tenera* showed the highest functional activities, which is thought to be due to its high protein content. Structure and amino acid sequence of low molecular weight peptide of *Porphyra tenera* should be analyzed in the further study.

Key words: functional activity, enzymatic hydrolysate, seaweed

서 론

수산가공 분야에서는 효소를 이용해 부가가치가 높은 가공 제품을 생산하는데 상당한 관심을 가져왔는데, 단백질을 수식하거나 기능성을 향상시키는데 효소를 이용하여 왔다. 최근 고혈압, 암 등 성인병에 대한 관심이 증가하면서 식품 유래 효소가수분해물의 기능성에 대한 관심이 증가하고 있으며, 효소를 이용한 단백질 가수분해물은 그 종류가 매우 다양하기 때문에 그 응용범위도 폭넓게 이루어지고 있다. 특히 효소가수분해물의 항고혈압효과에 대하여는 식이단백질의 아미노산 조성 및 비율, 즉 cysteine, glycine, arginine 및 lysine/arginine비 등과 단백질 분해산물인 불소화물 또는 소수성 고분자 peptide가 혈청지질대사에 관여하는 효과 및 효소 활성을 갖기 때문에 나타나는 것으로 보고되고 있다(1-4). 해조류는 예로부터 우리나라와 일본에서 임산부의 영양원, 조미소스, 미네랄, 식이섬유의 공급원으로 애용되어

왔다. 또한 육상식물에 비해 비타민 및 알칼리성 미네랄(칼슘, 칼륨, 마그네슘, 요오드, 셀레늄, 구리, 니켈 등), 식이섬유소의 함량이 높고 해조류를 구성하고 있는 다당류의 독특한 구조적 특성으로 인하여 생리활성이 강한 물질로 알려져져 건강식품에 많이 이용되고 있으며, 정미성분을 다량 함유하고 있어 천연조미소재로서의 이용가치가 높다(5,6). 그러나 해조류의 탄수화물은 비소화성 복합 다당류로서 산이나 알칼리에 비교적 안정하고 특수한 세균효소에 의하지 않고서는 분해되기 어려워 이용에 제한이 있었으나(7), 식용해조류의 혈관 내 콜레스테롤 침착 방지 및 장관 운동 개선, 중금속 배출 촉진, 고지혈증의 개선 등 여러 가지 기능성이 확인되면서 기능성 식품으로서의 개발에 관심이 모아지고 있다(8,9). 해조류의 생리활성에 관한 연구로는 갈조류의 항응고, 항암 및 항AIDS 활성(10,11), 해조류의 항암 및 항혈양 활성(12-14), 홍조류의 항응고 활성(15-18) 등이 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 해조류의 식품 첨가제 또는 식품

*Corresponding author. E-mail: smkim@kangnung.ac.kr
Phone: 82-33-640-2343, Fax: 82-33-640-2882

소재로의 개발을 위해 해조류 효소가수분해물을 제조하여 이들의 기능성(항산화, 항고혈압, 항갈변(갈변방지) 및 항암활성)을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 해조류(쇠미역, 파래, 김, 지누아리)는 2003년 5월 강릉시 안인에서 채취하여 수세 후 음건하고 분말화한 다음 실험에 사용하였다. 효소가수분해물 정제는 Bio-Rad P2 gel(Bio-Rad Co., California, USA)를 사용하였으며, 실험에 사용한 나머지 시약은 모두 특급을 사용하였다.

일반성분

해조류의 일반성분은 AOAC(19)법에 의해 분석하였다. 즉, 수분함량은 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조회분은 550°C에서 건식회화법으로 분석하였다.

효소가수분해물의 정제

해조류에서 추출한 효소가수분해물은 Kunio와 Takahisa(20)의 방법을 다소 수정하여 정제하였다. 즉, 해조류 분말 시료 10 g에 증류수 300 mL를 첨가하고 균질화 한 후 1 N HCl로 pH를 2로 조절하고 pepsin(Sigma, St. Louis, MO, USA, from porcine stomach mucosa)을 시료무게의 3%에 해당하는 300 mg를 첨가하여 37°C에서 5시간동안 가수분해하였다. 1 N NaOH로 효소가수분해물의 pH를 7로 조절한 다음, 끓는 물에 약 10분간 처리하여 효소를 불활성화시키고 여과(Whatman No. 2)한 다음 한외여과(cutoff 5,000 Da)하였다. 한외여과액을 Bio-Rad P2 gel column(2.6×70.0 cm)에서 1 mL/min의 유속으로 용출하여 220 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광계의 흡광도를 초과하는 농도의 분획은 증류수로 희석하여 흡광도를 측정하고 다음 희석배수를 곱하여 농도를 표시하였다. 최대흡광도의 50% 이상의 분획을 pooling하여 실험에 사용하였다.

Peptide-nitrogen 함량

Peptide-nitrogen 함량은 Umemoto(21)의 Biuret법에 의하여 측정하였다. 즉, 시료를 두개의 시험관에 각각 0.5 mL씩 취하고 증류수 4.5 mL씩 가한 다음, 한 시험관에는 Biuret 시약 I(0.4% CuSO₄, 8% NaOH, 0.2% glycerin)을 5 mL 첨가하여 A 반응구로, 다른 시험관에는 Biuret 시약 II(8% NaOH, 0.2% glycerin)을 5 mL 첨가하여 B 반응구로 하였다. Blank는 시료용액 대신 증류수 5 mL를 사용하였으며, 실온에서 2시간 반응시킨 후 545 nm에서 흡광도를 측정하여 peptide-nitrogen 함량을 구하였다.

항산화활성

각 시료의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) radi-

cal에 대한 소거효과는 Blois 방법(22)으로 측정하여 항산화능의 지표로 삼았다. 즉, 메탄올로 농도를 조정한 시료 4 mL를 취하고, 0.15 mM DPPH 1 mL와 혼합하여 실온에서 30분간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 메탄올을 사용하여 DPPH radical 소거활성을 구하였다.

$$\text{DPPH radical 소거활성 (\%)} = \frac{\text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

ACE 저해활성

ACE 활성은 Cushman과 Cheung의 방법(23)으로 측정하였다. 즉, lung acetone powder(Sigma, St Louis, MO, USA) 1 g에 400 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 10 mL를 가한 다음 5°C에서 24시간 교반한 후 원심분리(8,000×g, 30 min)하여 얻은 상정액을 ACE 조효소액으로 사용하였다. 대조구는 시료 대신 400 mM sodium borate buffer(pH 8.3)를 사용하였다. 반응구는 시료 100 μL에 ACE 효소액 20 μL를 가한 다음 37°C에서 5분간 preincubation 하였다. 여기에 기질로써 0.5 mM hippury-L-histidyl-L-leucine(HHL)(2.14 mg/mL) 200 μL를 첨가하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1 N HCl 250 μL를 가하여 반응을 정지시켰다. 여기에 에틸아세테이트 2 mL를 가하여 15초간 교반한 다음 원심분리(1,350×g, 5 min)하여, 상정액 1 mL를 취하였다. 이 상정액을 완전히 건조시킨 뒤 1 M NaCl 3 mL를 가하여 용해한 다음 추출된 hippuric acid 농도를 228 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 계산식을 이용하여 ACE 저해활성을 계산하였다.

$$\text{ACE inhibitory activity (\%)} = \frac{\text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

항갈변활성(tyrosinase 억제활성)

항갈변활성은 Horowitz 등(24)의 방법을 개량하여, tyrosine을 산화시켜 멜라닌으로 변화시키는 phenoloxidase의 활성을 저해하는 능력을 측정하여 항갈변성활성으로 하였다. 즉, 시료용액 1 mL에 0.05% tyrosinase 용액 0.1 mL와 1/15 M 인산완충액(pH 6.8) 0.9 mL를 가하고, 25°C에서 10분간 가온하였다. 여기에 0.03% DOPA(3,4-dihydroxyphenyl alanine) 1 mL를 가하여 25°C에서 5분간 반응시킨 후 475 nm에서 흡광도를 측정하였다(D₁). 가열하여 실활시킨 효소 처리구(D₂)와 시료 무첨가구(D₃)로 동일한 실험을 행하여 저해율을 산출하였다.

항암활성(MTT-assay)

In vitro 항암실험을 위해 사용된 암세포주는 인체에서 유래한 위암세포인 SNU-1(서울대학교, 서울)을 한국세포주은행(서울, 한국)에서 구입하였다. 암세포 SNU-1은 100 unit/mL의 penicillin-streptomycin 및 10% fetal bovine serum(FBS)이 함유된 RPMI 1640배지를 사용하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. 배양된 각각의 암세포는

일주일에 2~3회 배지를 교환해주며 75 mL cell culture flask에 5 mL씩 분할하여 주입하고 6~7일마다 계대배양하면서 실험에 사용하였다. 동물세포에 대한 시료의 암세포 성장 저해효과는 Carmichael 등(25)의 방법에 따라 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl) 2,5-diphenyltertrazoliumbromide(MTT) 방법으로 측정하였다. 즉, 동물세포를 96 well plate에 1×10^4 cells/well이 되게 분주하고 일정농도의 시료 20 μ L를 첨가하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 96시간 배양하였다. 여기에 5 mg/mL MTT 용액 20 μ L를 첨가하고 다시 상기와 같은 조건에서 4시간 더 배양하였으며 이 때 대조구로는 증류수를 사용하였다. 배양액을 원심분리(8,000 g, 10 min)하여 상정액을 제거하고 각 well당 dimethylsulfoxide(DMSO) 150 μ L를 가하여 30분간 교반한 후 ELISA reader(Bio-Tek. Instruments Co., Highland Park, USA)로 550 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식을 이용하여 성장억제효과 항암활성을 구하여 세포 독성 활성의 지표로 하였다.

$$\text{Cytotoxicity (\%)} = \frac{\text{대조구의 흡광도} - \text{시료 처리구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}} \times 100$$

통계처리

검사결과에 대한 통계적인 유의성 검정은 SPSS(Statistical Packages for Social Science)를 이용하여 Duncan's multiple comparison test로 95% 신뢰도에서 유의차를 검증하였다.

Table 1. Proximate composition of four dried seaweeds

Seaweed	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Carbohydrate	Ash
<i>Costaria costata</i>	11.8 \pm 1.2 ¹⁾	13.9 \pm 0.8	0.4 \pm 0.3	48.0 \pm 2.5	25.9 \pm 0.2
<i>Enteromorpha prorifera</i>	10.4 \pm 0.8	27.2 \pm 0.9	0.9 \pm 0.2	51.3 \pm 2.3	10.2 \pm 0.4
<i>Grateloupia filicina</i>	14.7 \pm 0.4	21.5 \pm 1.1	0.3 \pm 0.1	51.9 \pm 1.9	11.6 \pm 0.3
<i>Porphyra tenera</i>	8.1 \pm 1.2	31.7 \pm 0.9	0.1 \pm 0.1	53.9 \pm 2.3	6.2 \pm 0.1

¹⁾Mean \pm SD.

결과 및 고찰

일반성분

쇠미역(*Costaria costata*), 파래(*Enteromorpha prolifera*), 지누아리(*Grateloupia filicina*) 및 김(*Porphyra tenera*)의 일반성분을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다. 수분은 각각 8.1~14.7%, 조희분은 6.2~25.9%로 측정되었다. 조단백질은 13.9~31.7%로 김이 가장 높았다. 탄수화물은 48.0~53.9%, 조지방은 0.1~0.9%로 시료에 따른 큰 차이는 나타나지 않았다.

효소가수분해물의 정제 및 특성

4종의 해조류 효소가수분해물을 Bio-Rad P2 gel chromatography로 정제하였다. 쇠미역, 파래, 지누아리로부터 각각 3개의 peptide peak를 얻었으며, 김으로부터는 2개의 peak를 얻었다(Fig. 1 및 2). 이러한 결과는 효소 첨가에 의해 고분자 peptide가 분해되어 저분자의 peptide를 생성한 것으로 보이며, 실험에 사용한 Bio-Rad P-2 gel은 100~1,800 Da 사이의 분자량을 정제할 수 있기 때문에 Fig. 1 및 2의 peak들은 분자량이 상대적으로 낮은 peptide일 것으로 생각되어진다.

항산화 활성

해조류 효소가수분해물의 항산화 활성을 Table 2에 나타내었다. 김 peak 1이 가장 높은 항산화 활성(32%)을 나타내

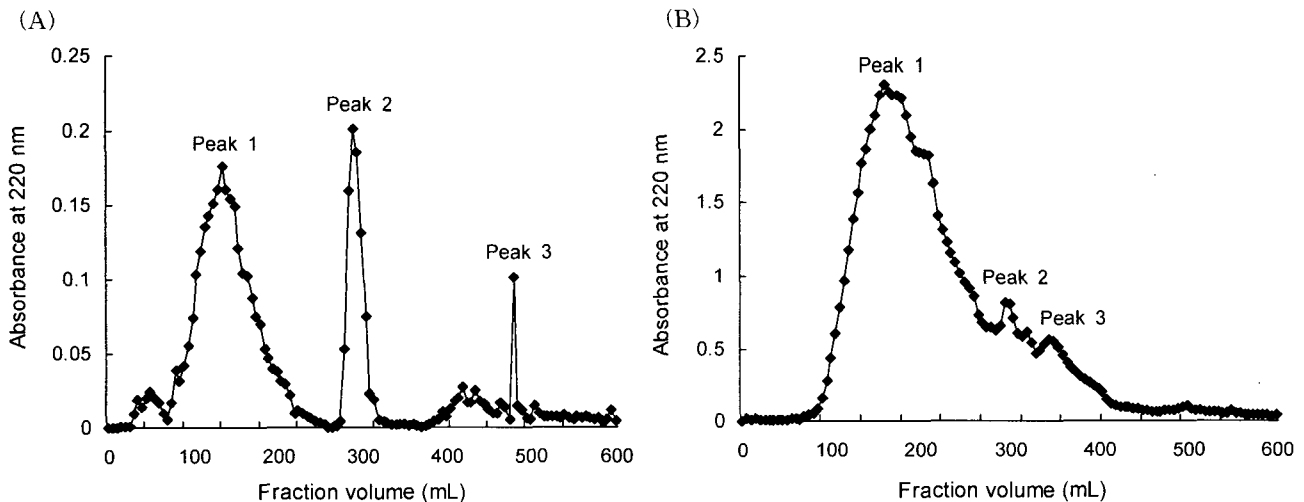


Fig. 1. Elution profiles of low molecular peptides purified from the pepsin hydrolysates of *Costaria costata* (A) and *Enteromorpha prorifera* (B) on Bio-Rad P2 gel column (2.6 \times 70.0 cm).

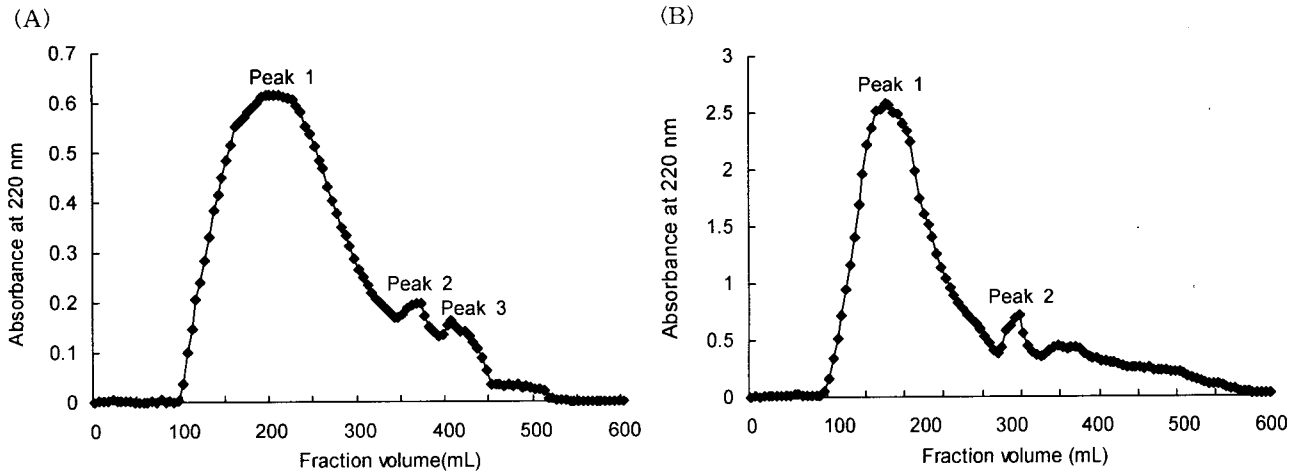


Fig. 2. Elution profiles of low molecular peptides purified from the pepsin hydrolysates of *Grateloupia filicina* (A) and *Porphyra tenera* (B) on Bio-Rad P2 gel column (2.6×70.0 cm).

Table 2. Antioxidative and ACE inhibitory activities of low molecular peptides purified from the pepsin hydrolysates of seaweeds

Seaweed	Low molecular peptide	Total volume (mL)	Peptide concentration (mg/mL)	Total amount of peptide (mg)	Antioxidative activity (%)	Specific antioxidative activity (% · mL/mg)	ACE inhibitory activity (%)	Specific ACE inhibitory activity (% · mL/mg)
<i>Costaria costata</i>	peak 1	85	0.002	0.17	15 ^{b1)}	7,500	12 ^{ab}	6,000
	peak 2	30	0.002	0.06	20 ^b	10,000	15 ^b	7,500
	peak 3	5	0.001	0.01	13 ^b	13,000	10 ^a	5,000
<i>Enteromorpha prorifera</i>	peak 1	115	0.002	0.23	17 ^b	8,500	14 ^b	7,000
	peak 2	15	0.002	0.03	17 ^b	8,500	15 ^b	7,500
	peak 3	25	0.002	0.05	19 ^b	9,500	18 ^c	9,000
<i>Grateloupia filicina</i>	peak 1	85	0.004	0.34	3 ^a	750	9 ^a	2,250
	peak 2	30	0.001	0.03	2 ^a	2,000	11 ^a	11,000
	peak 3	20	0.001	0.02	6 ^a	6,000	10 ^a	10,000
<i>Porphyra tenera</i>	peak 1	95	0.001	0.10	32 ^c	32,000	21 ^c	19,950
	peak 2	35	0.001	0.04	23 ^c	23,000	14 ^b	12,250

¹⁾Means with the same letter in the same column are not significantly different (p<0.05).

있고, 그 다음으로 김 peak 2(23%), 쇠미역 peak 2(20%) 순으로 나타났다. 단위 질량별 비활성(specific activity)으로 환산한 결과도 역시 김 peak 1이 가장 높은 활성을 나타내어 항산화 활성은 김의 peak 1이 가장 우수한 것으로 나타났다. 항산화 활성의 결과를 peptide-nitrogen의 생성량과 비교해 볼 때 해조류 효소가수분해물 유래 저분자 peptide의 항산화 능력과 peptide-nitrogen의 생성량은 반드시 상관관계가 일치하는 것은 아니며, 가수분해 과정 중 효소의 단백질에 대한 선택적 절단특이성에 따라 항산화 효소가 결정되는 것으로 생각된다(26). Park 등(17)은 보라우무(*Symphycladia latiuscula*)의 추출물에 대한 항산화 활성 연구에서 추출물의 IC₅₀ 값은 3.14~15.44 µg/mL이었으며 특히 천연 항산화제 L-ascorbic acid의 IC₅₀은 1.22 µg/mL, α-tocopherol의 IC₅₀은 1.28 µg/mL, 합성항산화제인 BHA와 BHT의 IC₅₀은 1.06 µg/mL 및 3.21 µg/mL로 측정되었다고 보고하였다. Krogull

과 Fennema(27)는 질소 화합물인 단백질, peptide 및 아미노산은 자체적으로 산화가 일어나며, pH, 온도, 수분활성 및 산화촉매제나 저해제의 존재 여부에 따라 항산화활성의 차이가 있다고 보고하고 있다. 본 연구의 해조류 효소가수분해물에서 추출한 저분자 peptide에서 가장 높은 활성을 나타낸 김(peak 1)의 IC₅₀은 2.4 µg/mL로 천연 항산화제나 합성 항산화제인 BHA에 비해서는 낮은 활성을 나타내었지만, 시료 자체가 100% 완전 정제물이 아니기 때문에 완전 정제된 물질은 이보다 훨씬 높은 IC₅₀ 값을 가질 것으로 추정되며, 정제과정을 통한 분자량 측정 및 아미노산 조성에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

ACE 저해활성

고혈압의 원인이 되는 Angiotensin-I 전환효소(ACE)에 대한 해조류 효소가수분해물의 저해활성을 측정하였다. 김 peak 1이 21%로 가장 높은 ACE 저해활성을 나타내었고,

Table 3. Antityrosinase and antitumor inhibitory activities of low molecular peptides purified from the pepsin hydrolysates of seaweeds

Seaweed	Low molecular peptide	Total volume (mL)	Peptide concentration (mg/mL)	Total amount of peptide (mg)	Antityrosinase activity (%)	Specific antityrosinase activity (% · mL/mg)	Antitumor activity (%)	Specific antitumor activity (% · mL/mg)
<i>Costaria costata</i>	peak 1	85	0.002	0.17	6 ^{ab1)}	3,000	38 ^a	19,000
	peak 2	30	0.002	0.06	7 ^{ab}	3,500	39 ^a	19,500
	peak 3	5	0.001	0.01	6 ^{ab}	6,000	31 ^a	31,000
<i>Enteromorpha prorifera</i>	peak 1	115	0.002	0.23	6 ^{ab}	3,000	40 ^a	20,000
	peak 2	15	0.002	0.03	10 ^b	5,000	28 ^a	14,000
	peak 3	25	0.002	0.05	9 ^b	4,500	39 ^a	19,500
<i>Grateloupia filicina</i>	peak 1	85	0.004	0.34	6 ^{ab}	1,500	36 ^a	9,000
	peak 2	30	0.001	0.03	1 ^a	1,000	27 ^a	27,000
	peak 3	20	0.001	0.02	1 ^a	1,000	39 ^a	39,000
<i>Porphyra tenera</i>	peak 1	95	0.001	0.10	10 ^b	10,000	20 ^a	20,000
	peak 2	35	0.001	0.04	10 ^b	10,000	35 ^a	35,000

¹⁾Means with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

그 다음으로 파래 peak 3(18%) 및 쇠미역 peak 2(15%) 순이었다. 단위 질량별 비활성(specific activity)으로 환산한 결과 역시 김 peak 1이 역시 높은 활성을 나타내어 ACE 저해 활성도 김 peak 1이 가장 우수한 것으로 나타났다(Table 2). Yeum 등(28)은 ACE 저해 작용에는 단백질의 함량보다는 그 중의 peptide의 종류에 따른 영향이 크다고 보고하였다. 해조류의 ACE 억제효과 연구에서 미역의 경우 가수분해시간이 길어지면서 peptide-nitrogen량은 증가하였으나 ACE 효과는 감소하였으며(29), ACE 저해활성은 peptide-nitrogen 생성량과도 관련이 있지만 peptide의 종류에 더 큰 영향을 받는다고 알려져 있다(28). 본 실험에서도 ACE 저해활성은 peptide-nitrogen량에 비례하지 않아 같은 원리가 적용된 것으로 보여지며, ACE 저해활성에 차이가 나는 것은 해조류 효소가수분해에 의해 생성된 peptide의 사슬 길이나 구조 및 그 아미노산의 배열이 다르기 때문으로 보여진다.

항갈변활성(tyrosinase 억제활성)

Melanin 형성 효소인 tyrosinase 활성을 저해하여 멜라닌 색소의 생산을 억제하고, 피부에서 활성 산소 생성을 억제하는 효과를 검증하기 위해 해조류 가수분해물의 tyrosinase 억제활성을 측정하였다. 해조류 효소가수분해물의 tyrosinase 억제활성은 김의 peak 1, 2 및 파래 peak 2에서 10%로 가장 높은 저해활성을 보였으며, 이때의 비활성 역시 김의 peak 1, 2에서 가장 높았다(Table 3). 피부는 자외선에 노출되면서 tyrosinase의 작용으로 melanosome에서 멜라닌이 합성되어 피부노화가 촉진되며(30,31), 이때 생성된 자유 라디칼은 지질, 단백질, 당 및 핵산을 손상시키고 세포막의 파괴에 관여함으로써 돌연변이 유발 피부암을 포함한 발암, 성인병 및 노화 등을 촉진시키는 원인요소로 알려져 있다(32). 본 실험에서는 비교적 낮은 tyrosinase 억제활성이 측정되었으나 해조류 효소가수분해물이 완전 정제된 물질이 아니므로 완전 정제과정을 통해 얻어진 산물은 피부의 노화 및 흑화를 방지할 수 있는 원료로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

항암활성(MTT-assay)

해조류 효소가수분해물의 항암활성을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 파래 peak 1이 40%로 가장 높은 항암활성을 나타내었고, 그 다음으로 쇠미역 peak 2(39%), 파래 peak 3(39%) 및 지누아리 peak 3(39%)이 높은 항암활성을 나타내었다. 단위 질량별 비활성(specific activity)으로 환산한 결과는 지누아리 peak 3이 가장 높은 비활성을 가지는 것으로 나타났으며, 시료에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다(Table 3). Kim 등(33)은 위암세포 SNU-638에 대한 해조류 에탄올 추출물의 암세포 억제 연구에서 미역, 파래 및 김의 항암활성은 각각 73, 75 및 68%로 본 실험의 항암활성에 비해 아주 높은 항암활성을 보였으나 비활성으로 환산한 결과는 각각 105, 307, 106% · mg/mL로 본 실험보다 낮은 활성을 나타내었다. 해조류, 특히 갈조류의 항암활성은 갈조류에 함유되어 있는 fucoidan, 요오드 및 fucoxanthin 등에 의해 세포의 증식이 억제되기 때문인 것으로 알려져 있다(34). 그러나 본 실험에서는 홍조류인 지누아리와 김, 녹조류인 파래, 갈조류인 쇠미역의 활성이 유의적인 차가 나타나지 않았으므로, 갈조류 뿐 아니라 녹조류 및 홍조류도 암을 예방 및 치료할 수 있는 가능성이 있는 것으로 생각된다.

요 약

동해안 특산 해조류의 식품 또는 의약품재료로의 이용가능성을 검토하기 위하여 소화효소(pepsin)로 가수분해한 다음 저분자 peptide를 정제하여 여러 가지 기능성을 연구하였다. 쇠미역, 파래 및 지누아리의 효소가수분해물은 Bio-Rad P2 gel chromatography 상에서 3개의 peptide peak를 나타내었으나 김은 2개의 peak를 나타내었다. 항산화활성은 김 peak 1이 가장 높았으며 그 다음으로 김 peak 2 및 쇠미역 peak 2 순으로 높았다. ACE 저해활성은 김 peak 1, 파래 peak 3 및 peak 2 순으로 높았으며, 항갈변활성은 김 peak 1 및

2, 파래 peak 2가 가장 높았으며 그 다음으로 파래 peak 3이 높았다. 항암(종양)활성은 파래 peak 1이 가장 높았으며 그 다음으로 쇠미역 peak 2, 파래 peak 3, 지누아리 peak 3 순으로 높았다. 전반적으로는 김의 기능성이 가장 뛰어났으며, 이는 가장 높은 단백질함량을 가지고 있는 것도 한 이유라고 판단되며, 앞으로 저분자 peptide의 구조분석 및 아미노산 sequence의 규명도 필요하다고 본다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI05-01-02) 및 지역협력연구센터사업(한림대학교 R12-2001-047-03004-0)의 지원으로 수행되었음.

문헌

- Lee YS, Park YH, O JH, Kim TJ, Lee HS. 1997. Effect of protein hydrolysate on blood and liver lipids in rats fed fat-enriched diet. *Korean J Nutr* 30: 614-622.
- Aoyama Y, Ohmura E, Kato T, Yosida A. 1995. Effect dietary lysine and arginine addition on growth, performance and serum cholesterol level in chickens. *Animal Sci Tech* 66: 412-421.
- Liu A, Takeichi K, Miyuki S. 1994. Effect of dietary peptides on the plasma lipids and mechanism studies in rats and mice. *Nutr Res* 14: 1661-1669.
- Kimikazu I, Kiyoshi S, Fumio I. 1986. Involvement of post-digestion hydrophobic peptide in plasma cholesterol lowering effects of dietary plant proteins. *Agric Biol Chem* 50: 1217-1222.
- Cho DM, Kim DS, Lee DS, Kim HP, Pyeun JH. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed-1. *J Korean Fish Soc* 28: 45-59.
- Cho DM, Kim DS, Lee DS, Kim HP, Pyeun JH. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed-2. *J Korean Fish Soc* 28: 270-278.
- Jung JY, Hur SS, Choi YH. 1999. Studies on the efficient extraction process of alginic acid in sea tangle. *Food Engineering Process* 3: 90-97.
- Ebihara K, Kiritama S. 1990. Physicochemical property and physiological function of dietary fiber. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 37: 916-925.
- Kim KS, Kim GJ. 1998. Effects of the feeding *Hijikia fusiforme* (Harvey) Okamura on lipid composition of serum in dietary hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 718-723.
- Kim DS, Park YH. 1985. Uronic acid composition, block structure and some related properties of alginic acid. *J Korean Fish Soc* 18: 29-36.
- Collic S, Fischer AM, Tapon BJ, Boisson C, Durand P, Jozefonvicz J. 1991. Anticoagulant properties of a fucoidan fraction. *Thromb Res* 64: 143-154.
- Lee YS, Kim DS, Rhy BH, Lee SH. 1992. Antitumor and immunomodulating effects of seaweeds toward sarcoma-180 cell. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 544-550.
- Cho KJ, Lee YS, Ryu BH. 1990. Antitumor effect and immunology activity of seaweeds toward sarcoma-180 cell. *J Korean Fish Soc* 23: 345-352.
- Chiharu N, Tadashi N, Toshimara Y. 1992. Effect of pH on the in vitro absorption of mutagens to dietary fiber. *Biosci Biotech Biochem* 56: 1100-1105.
- Do JR. 1997. Extraction and purification of agar from a *Gelidium amansii*. *J Korean Fish Soc* 30: 423-427.
- Pintauro SJ, Gilbert SW. 1990. The effects of carrageenan on drug-metabolizing enzyme system activities in the guinea pig. *Food Chem Toxicol* 28: 807-811.
- Park JH, Koo JG, Do JR, Yang CB, Woo SK. 1998. Effect of extraction temperature and pH on the chemical properties of crude porphyrin extracted from *Porphyra yezoensis*. *J Korean Fish Soc* 31: 127-131.
- Schwartz HJ, Kellermeyer RW. 1969. Carrageenan and delayed hypertensivity II. activation of hageman factor by carrageenan and its possible significance. *Proc Soc Exp Biol Med* 132: 1021-1024.
- AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
- Kunio S, Takahisa N. 2000. Identification of an antihypertensive peptide from peptic digest of wakame (*Undaria pinnatifida*). *J Nutr Biochem* 11: 450-454.
- Umamoto S. 1966. A modification method for estimation of muscle protein by Biuret method. *Bull Japanese Soc Sci Fish* 32: 427-435.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1119-1200.
- Cushman DW, Cheung HS. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol* 20: 1637-1648.
- Horowitz J, Saukkonen JJ, Chargaff E. 1960. Effects of fluoropyrimidines on the synthesis of bacterial proteins and nucleic acids. *J Biol Chem* 235: 3266-3272.
- Charmichael J, Degraff EG, Gazdaar AF, Minna JD, Michell JB. 1987. Evaluation of a tetrazolium based semiautomated colorimetric assay, assessment of chemosensitivity testing. *Cancer Res* 47: 936-943.
- Yeum DM, Lee TG, Park YH, Kim SB. 1997. Antioxidative activity on enzymatic hydrolysates derived from anchovy muscle protein. *J Korean Fish Sci* 30: 842-849.
- Krogull MK, Fennema O. 1981. Oxidation of tryptophan in the presence of oxidizing methylolinoleate. *J Agric Food Chem* 35: 66-70.
- Yeum DM, Lee TG, Byum HS, Kim SB, Park TH. 1992. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of enzymatic hydrolysates of mackerel muscle protein. *J Korean Fish Soc* 25: 229-235.
- Lee HO, Yoon HD, Jang YS, Suh SB, Ko YS. 1999. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of algae. *J Korean Fish Soc* 32: 738-746.
- Chen JS, Wei SC, Marshall MR. 1991. Inhibition mechanism of kojic acid on polyphenol oxidase. *J Agric Food Chem* 39: 1897-1901.
- Yang MJ, Kim MG, Ann HS, Ahn RM. 1999. Inhibitory effects of water-acetone extracts of chestnut inner shell, pine needle and hop on the melanin biosynthesis. *Yakhak Hoeji* 43: 269-275.
- Yun KA, Park YJ, Bae SJ. 2004. Antioxidant and tyrosinase inhibitory effects of *Brassica oleracea* L. fractions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 7-15.
- Kim SA, Kim J, Woo MK, Kwak CS, Lee MS. 2005. Antimutagenic and cytotoxic effects of ethanol extracts from five kinds of seaweeds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 451-459.
- Krinsky NI. 1993. Micronutrients and their influence on mutagenicity and malignant transformation. *Ann New York Acad Sci* 686: 229-234.