

Inhibitory Effects of Maesaengi (*Capsosiphon fulvescens*) Extracts on Angiotensin Converting Enzyme and α -Glucosidase

Eun Kyung Cho, Seul Ki Yoo and Young Ju Choi*

Department of Food and Nutrition, College of Medical Life Sciences, Silla University, Busan 617-736, Korea

Received March 15, 2011 / Accepted May 17, 2011

Physiological activities of hot water (MHW) and 80% ethanol (MEH) extracts from Maesaengi (*Capsosiphon fulvescens*) were investigated in this study. For the evaluation of antioxidant activities for MHW and MEH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity and superoxide dismutase (SOD)-like activity were measured. DPPH radical scavenging activity and SOD-like activity of MHW, and MEH were increased weekly in a dose-dependent manner, and were about 10.8, 13.8, 62.4, and 27.1% at 10 mg/ml, respectively. The angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activities of MHW and MEH were about 5.9% and 49.7% at 1 mg/ml, respectively. The α -glucosidase inhibitory effect of MHW and MEH were about 1.4% and 67.3% at 1 mg/ml, respectively. To determine the influence of MHW and MEH on alcohol metabolizing activity, the generating activities of reduced-nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) by alcohol dehydrogenase (ADH) and acetaldehyde dehydrogenase (ALDH) were measured. Facilitating rates of ADH activity by MHW and MEH were increased weekly in a dose-dependent manner and ALDH activities were not detected. Elastase inhibitory activities of MHW and MEH were 75.9% and 51.2% at 10 mg/ml, respectively.

Key words : Maesaengi, antioxidant activity, angiotensin converting enzyme, α -glucosidase, alcohol metabolizing activity, elastase

서 론

최근 뇌혈관질환, 심장병, 고지혈증, 고혈압 및 당뇨병 등의 성인병 질환과 암으로 인한 사망률이 증가되고 있다. 이에 안정성이 입증된 식물성 식품으로 건강을 유지하기 위해 식물체 추출성분에 대한 식품 관련 산업과 의약분야에서 실용화가 이루어져 왔으며, 연구대상이 되어 왔다. 하지만, 이러한 연구는 대부분 육상 식물을 대상으로 이루어졌는데, 최근에는 새로운 자원개발을 위해서 그 연구대상을 해조류로 전환 시켰다[10].

해조류는 일반 농산 채소류에 비하여 단백질, 지질, 탄수화물 등 일반성분 뿐 아니라 다양한 종류의 필수 미량원소를 풍부하게 함유하고 있다. 특히 해조류의 알칼리 이온은 체내의 산성 노폐물과 결합하여 배설됨으로써 신진대사 작용을 활발하게 돕는다. 뿐만 아니라 해조류는 열악한 환경인 바다 속에서 생존하기 위해 특유의 독특한 방어체계를 가지게 되는데 이로 인해 생리활성이 뛰어난 성분을 함유하게 된다. 이들 성분은 인체에 2차적으로 발생 될 수 있는 독성제거에도 크게 기여하여, 콜레스테롤 저하와 중금속 등의 유해물질을 흡착, 배출하는 능력이 뛰어나다고 보고되어 있다. 게다가 해조류는

종류에 따라 특이한 생리활성을 나타내는 다양한 성분을 함유하고 있어 건강 기능성 식품으로 주목받고 있다[18]. 그 중에서도 녹조류인 매생이(*Capsosiphon fulvescens*)는 영양성분이 고루 함유된 해조류인데 보고에 의하면 조단백질과 다양한 무기질을 다른 해조류보다 많이 함유하고 있다고 알려져 있다[9]. 특히 무기질을 구성하는 성분 중 어린이의 발육을 위한 골격형성, 골다공증 예방효과가 있는 칼슘과 조혈기능을 가지는 철의 함량이 높고, 혈압강화 작용에 관여하는 칼륨함량도 높아 이들 무기질에 의한 생리효과가 기대되는 해조류이다[9,18]. 하지만, 매생이는 우리나라에서 남해안 청정지역의 조간대 상부에서 서식하여, 11월 중순부터 4~5월까지만 번식할 뿐 아니라 환경오염에 매우 민감하여 육지로부터 오염물질이 유입되면 생육이 저하되므로 그 생산량이 극히 제한적이다. 따라서 매생이를 제외한 다른 녹조류에 대한 기능성은 아주 다양하게 연구되어 왔으나, 매생이에 대해서는 분류학적 연구나 생태 및 생활사에 대한 기초적인 연구만 진행되었고, 일부 생리활성에 대한 연구는 최근에 비로소 진행되었다[5,12,20,21,25,33].

이에 본 연구에서는 매생이의 다양한 생리활성을 알아보기 위해 매생이 열수 추출물과 에탄올 추출물의 항산화능, 혈압 및 혈당 강하효능, 미용효과, 숙취해소능 등에 대해 조사함으로써 매생이를 활용한 기능성 소재개발의 기초자료로 제시하고자 한다.

*Corresponding author

Tel : +82-51-999-5459, Fax : +82-51-999-6959

E-mail : yjchoi@silla.ac.kr

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용한 매생이(*C. fulvescens*)는 전남 완도산을 냉동상태의 생체로 구입하여 깨끗이 씻은 후 일주일 동안 음지에서 자연 건조 시켰다. 이후 믹서기(HMF-1000A, Hanil Electronics, Seoul, Korea)로 분쇄한 매생이 중 30 mesh 이하의 것을 추출용 시료로 사용하였다. 매생이의 열수 추출물은 분쇄된 매생이 시료 20 g에 증류수 1 l를 가하고, 90°C에서 6시간 동안 추출하여 얻었으며, 에탄올 추출물은 80% 에탄올로 24시간 추출하여 얻었다. 추출한 다음은 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 rotary evaporator (EYELA N-1000, Rikakikai Co., Tokyo, Japan)에서 농축하고 다시 -70°C에서 동결건조한 것을 시료로 사용하였다. 시료 추출물의 수율은 열수 추출물 20%, 에탄올 추출물 39.5%로, 각 생리활성 측정 시 시료는 증류수에 농도별로 용해한 후 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

매생이 추출물의 전자공여능은 Blois의 방법[1]에 따라 DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. DPPH 용액은 100 ml 에탄올에 DPPH 1.5×10^{-4} M을 녹인 후 증류수 100 ml 혼합하여 Whatman filter paper No. 2로 여과하여 만들었다. 96 well plate에 시료와 DPPH용액을 1:4 비율로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후, ELISA reader (Molecular Device, VersaMax Microplate Reader, Los Angeles, CA, USA)를 이용하여 520 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 EDA (%)=(대조구흡광도-시료첨가구흡광도)/대조구흡광도×100으로 계산하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조그룹과 흡광도 차를 비교하여 라디칼의 제거활성을 백분율로 나타내었다. Positive control은 항산화제로 알려져 있는 Vit C를 사용하였다.

SOD 유사활성(Superoxide dismutase-like activity, SODA) 측정

SOD 유사활성은 Marklund 와 Marklund의 방법[23]에 따라 활성 산소종을 과산화수소(H_2O_2)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol (Sigma)의 생성량을 측정하여 나타내었다. 시료를 농도별로 희석하여, 10 μ l씩 96 well plate에 첨가한 후, Tris-HCl buffer (50 mM Tris aminomethane, 10 mM EDTA, pH 8.0, Sigma) 150 μ l와 7.2 mM pyrogallol 10 μ l을 첨가하여, 실온에서 10분간 반응시키고, 1 N HCl 50 μ l을 첨가하여 반응을 정지시킨 후 ELISA reader (VersaMax Microplate Reader)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광

도 차이를 백분율 (%)로 나타내었다. Positive control은 항산화제로 알려져 있는 Vit C (Sigma)를 사용하였다.

$$SODA (\%) = (1 - A/B) \times 100$$

A: 시료 첨가구의 흡광도

B: 시료 무첨가구의 흡광도

ACE (angiotensin I-converting enzyme) 저해능 측정

매생이 추출물의 ACE저해 활성은 Cushman 등의 방법[7]에 따라 측정하였으며, 조효소액은 rabbit lung acetone powder (Sigma)를 0.3 M NaCl을 함유한 0.1 M sodium borate buffer (pH 8.3)에 1 g/ml (w/v)의 농도로 4°C에서 24시간 추출한 후, 4°C, 4,000 rpm에서 40분간 원심 분리하여 상등액을 ACE 조효소액으로 사용하였다. 기질은 0.3 M NaCl이 함유된 0.1 M sodium borate buffer (pH 8.3)에 HHL (hippuryl-histidyl-leucine, Sigma)을 5 mg/ml (w/v)의 농도로 녹인 후 기질로 사용하였다. ACE 저해활성은 시료 50 μ l에 ACE 조효소액 50 μ l을 가한 다음 37°C에서 5분간 예비 반응시킨 후, 기질 50 μ l을 가하고 다시 37°C에서 1시간 반응시켰다. 150 μ l의 1N HCl로 반응을 정지시키고 750 μ l의 ethyl acetate를 가한 후, 1분간 교반하고 4°C, 5,000 rpm에서 10분간 원심분리한 다음 500 μ l의 상등액을 얻었다. 이 상등액을 120°C에서 30분간 완전히 건조시켜 2 ml의 메탄올을 넣은 후 spectrophotometer (Ultrospec 3000 pro UV/Visible, Amersham Pharmacia Biotech UK Ltd., Little Chalfont, Buckinghamshire, UK)를 이용하여 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로서는 추출물 대신 추출용매 50 μ l을 가해 실험을 하였고, positive control은 captopril을 사용하였으며, ACE 저해 활성효과는 다음 계산식을 이용하여 계산하였다.

$$ACE \text{ inhibition } (\%) = \frac{C - S}{C - B} \times 100$$

S: 시료 흡광도

C: 대조구 흡광도

B: 시료 무첨가구의 흡광도

α -Glucosidase 활성억제 효과 측정

α -Glucosidase 활성억제 효과 측정은 Tibbot 등의 방법[30]에 따라 측정하였다. 50 mM sodium succinate buffer (pH 4.2)에 p-nitrophenol- α -D-glucopyranoside (PNPG, Sigma)를 용해시켜 1 mg/ml의 농도로 기질을 만들고, 기질용액 1 ml와 효소액(Sigma) 30 unit/0.1 ml를 혼합하고 대조구에는 증류수 0.1 ml, 반응구에는 시료 0.1 ml를 넣어 37°C에서 30분간 반응시킨 후 1N NaOH 0.1 ml를 첨가하여 발색시켰다. Positive control로는 acarbose를 사용하여 실험하였다. 이때 생성된 p-nitrophenol (PNP)은 ELISA reader (VersaMax Microplate Reader)를 이용하여 400 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의

식으로 저해율을 구하였다.

$$\text{저해율(\%)} = [1 - (\text{반응구의 p-nitrophenol 생성량} / \text{대조구의 p-nitrophenol 생성량})] \times 100$$

ADH 활성 측정

ADH 활성도는 Choi 등[6]과 Racker의 방법[29]을 변형하였는데, spectrophotometer를 이용하여 340 nm에서 형성되는 NADH의 흡광도를 측정함으로써 나타내었다. 즉, 시험관에 alcohol, NAD (Sigma) 수용액, 시료 0.1 ml를 첨가하고 0.01 M glycine-NaOH 완충용액(pH 8.8)을 총 부피가 1.8 ml가 되게 첨가한 후 25°C 항온수조에서 10분간 반응시키고 ADH (10 unit/ml, Sigma)를 가하여 340 nm에서 spectrophotometer (Amersham Pharmacia Biotech UK Ltd.)를 이용하여 흡광도의 변화를 측정하였다. 이때 대조구는 시료대신 증류수를 넣은 것으로 하였다. Positive control로 사용한 hepos는 약국에서 구입한 것으로, 처방전에 따라 1/2로 희석하여 사용하였다. ADH의 활성은 반응 종료시의 최대 흡광도를 대조구의 최대 흡광도에 대한 비율로 나타내었으며 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{ADH activity} = (B/A) \times 100$$

A: 대조구의 최대 흡광도

B: 실험구의 최대 흡광도

ALDH 활성 측정

ALDH의 활성도는 Tottmar 등의 방법[31]을 변형하여 NADH 생성에 따른 흡광도의 변화를 spectrophotometer (Amersham Pharmacia Biotech UK Ltd.)를 이용하여 340 nm에서 측정하였다. 즉, ALDH의 활성도 측정을 위해 증류수, 1 M Tris-HCl buffer (pH 7.5), 3 M KCl, 시료, 20 mM NAD (Sigma), 0.33 M 2-mercaptoethanol, 0.1 M acetaldehyde (Sigma)를 혼합한 다음 25°C에서 10분간 반응시키고 ALDH (1 unit/ml, Sigma)를 가하여 340 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 이때 대조구는 시료대신 증류수를 넣은 것으로 하였다. Positive control은 ADH 활성 측정에서 사용한 것과 동일한 것으로 하였으며, ALDH의 활성은 ADH 활성 계산식에 따라 측정 되었다.

Elastase 저해활성 측정

시료의 elastase 저해활성은 James의 방법[9]에 따라 측정하

였다. 즉, 0.05 M Tris-HCl buffer (pH 8.2)에 기질인 0.5 mM N-succinyl-Ala-Ala-Ala-pnitroniline (Sigma)를 용해시킨 후 시료와 효소인 elastase (1 unit/ml, Sigma) 용액을 첨가하였다. 이 혼합액을 25°C에서 10분간 반응시킨 후 ELISA reader (VersaMax Microplate Reader)를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Elastase 저해활성은 다음의 식에 의해 계산 하였다.

$$\text{저해활성(\%)} = (1-S/C) \times 100$$

S: 시료 첨가구의 흡광도

C: 무첨가구의 흡광도

통계분석

본 실험에서 얻은 결과는 각 시료마다 세 번씩 반복 실험을 통해 실험군당 평균과 표준편차를 계산하여 나타내었다.

결과 및 고찰

DPPH에 의한 항산화 활성

인체내의 free radical은 지질, 단백질등과 반응하여 생체의 노화를 촉진할 수 있는 물질이므로 이를 제거할 수 있는 천연 물질에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거법은 항산화물질의 전자공여능을 이용한 항산화 측정법으로써 주로 phenolic 구조와 aromatic amine 화합물에서 많이 사용되는 방법이다. 이에 본 연구에서는 매생이 열수와 에탄올 추출물의 항산화 효과를 DPPH radical 제거 정도를 측정하여 전자공여능으로 나타내었는데, 그 결과 1 mg/ml 농도에서 각각 5.3, 10.8%였다(Table 1). 이를 positive control로 사용한 0.1 mg/ml의 Vit C와 비교해 볼 때 아주 낮은 DPPH radical 소거능을 나타내고 있는데, 추출물의 농도가 증가함에 따라 그 활성이 증가하기 때문에 매생이로부터의 항산화 활성을 기대할 수 있을 것으로 보인다. 즉, 10 mg/ml의 매생이 열수와 에탄올 추출물에서 각각 10.8, 62.4%의 활성이 나타났는데 매생이 열수 추출물에서는 그다지 크지 않지만 에탄올 추출물은 낮지 않은 항산화 활성을 보였다. 이는 Cho 등[5]의 보고와 일치하는데, 이로써 매생이 추출물의 항산화활성은 추출용매에 따라 그 정도가 달라질 수 있음을 확인 할 수 있었다. Lim 등[22]의 보고에 의하면 본 연구의 매생이 에탄올 추출물에 대한 항산화활성은

Table 1. DPPH radical scavenging activities of hot water and 80% ethanol extracts from *Capsosiphon fulvescens*

	Concentration (mg/ml)				
	0.5	1.0	5.0	10	Vit C (0.1)
Hot water	3.1±0.6	5.3±0.1	7.4±0.6	10.8±0.4	94.5±1.4
Ethanol	6.0±1.4	10.8±2.7	36.9±3.4	62.4±5.7	94.5±1.4

All values mean Mean±SD.

Vit C is used as positive control.

같은 농도의 감태와 패 메탄올 추출물을 제외한 나머지 43종의 해조류 추출물보다는 높게 나타났다. 또한, Kwak 등[17]과 Park [28]의 보고에 의하면 같은 농도의 톳, 미역, 다시마 에탄올 추출물의 활성 보다 높은 것으로 나타나고 있으므로 다른 해조류들 보다는 높은 매생이 에탄올 추출물의 항산화능을 기대 할 수 있다.

SOD 유사활성(Superoxide dismutase-like activity, SODA)

Superoxide dismutase (SOD)는 항산화 효소로서 세포에 유해한 oxygen radical을 과산화수소로 전환시키고 이를 catalase에 의해 무해한 물 분자와 산소분자로 전환하게 하여 활성 산소로부터 생체를 보호하게하는 기능에 관여하고 있다. 하지만, SOD는 분자량이 비교적 큰 단백질로서 열이나 알칼리에 약하므로 이러한 단점을 보완할 수 있는 저분자물질로 체내에서 유사한 역할을 하는 물질에 대한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 보고되어져 있는 SOD 유사활성 물질은 효소는 아니지만 SOD와 유사한 역할을 하는 저분자물질로 주로 phytochemical에 속하며 superoxide의 반응성을 억제하여 항산화력을 나타내는 것으로 밝혀져 있다[26].

본 연구에서는 매생이 열수와 에탄올 추출물의 SOD 유사활성을 분석하고자 하였는데, 그 결과 1 mg/ml 농도에서 각각 2.6, 1.7%였다(Table 2). 이를 positive control로 사용한 0.1 mg/ml의 Vit C와 비교해 볼 때 아주 낮은 SOD 유사활성을 나타내고 있다. 게다가 추출물의 농도가 증가함에도 불구하고 그 활성이 크게 증가하지 않았다. 즉, 10 mg/ml의 매생이 열수와 에탄올 추출물에서 각각 13.8, 27.1%로 그다지 높지 않은 SOD활성을 보였다. 하지만, Lim 등[22]의 보고에 의하면 같은 농도의 감태와 패 메탄올 추출물을 제외하고는 43종의 해조류 추출물보다 높은 SOD 활성을 나타내었다. 따라서, 매생이 열

수와 에탄올 추출물의 SOD 유사활성에 대해서는 그 기대치가 낮을 것으로 판단되지만, 다른 해조류들 보다 우수한 항산화 활성을 나타내고 있음을 알 수 있었고, 지금까지 매생이의 SOD 유사활성에 대한 보고는 없으므로 본 연구결과는 학문적 기초자료로서의 가치만 있음을 시사하고 있다.

ACE 저해 활성

ACE는 renin에 의하여 생성된 angiotensin I 으로부터 C-말단 dipeptide (His-Leu)를 가수분해 시킴으로서 강력한 혈관 수축작용을 나타내는 angiotensin II를 생성한다. Angiotensin II는 혈관을 수축시키는 작용을 하고, 부신에서 aldosterone의 분비를 촉진시켜 체내 수분 보유량을 많게 하여 결과적으로 혈압을 상승시키는 작용을 한다. ACE의 작용이 계속 지속될 경우 혈압이 연속적으로 높아져 혈관벽이 약화되어 터지게 되거나, 뇌졸중 등의 여러 질환을 유발시킬 수 있다. 이러한 ACE의 활성 저해인자로는 저분자 peptide들과 그 유도체들, 녹차에 존재하는 catechin과 메밀의 rutin과 같은 polyphenol 성분들이 대표적으로 알려져 있다[24]. 이러한 ACE의 작용을 억제하기 위한 활성이 매생이에서 나타나는지 알아보기 위해 매생이 열수와 에탄올 추출물로 분석하였는데, 그 결과 1 mg/ml 농도에서 각각 5.9, 49.7%였다(Table 3). 이를 현재 시판되고 있는 항고혈압제인 captopril 0.1 mg/ml의 활성 88.9%와 비교해 볼 때 낮은 ACE 저해 활성을 나타내고 있는데, 추출물의 농도가 증가함에 따라 그 활성이 증가하기 때문에 매생이로부터의 항고혈압 활성을 기대할 수 있다. 즉, 10 mg/ml의 매생이 열수와 에탄올 추출물에서 각각 33.8, 85.0%의 활성이 나타났는데 매생이 열수 추출물에서는 그다지 크지 않지만 에탄올 추출물은 낮지 않은 ACE 저해 활성을 보이고 있다. 이로써 매생이 추출물의 항고혈압 활성은 추출용매에 따라 그 정도가 달라질 수 있음을 확인 할 수 있었다. 뿐만 아니라,

Table 2. SOD-like activities of hot water and 80% ethanol extracts from *Capsosiphon fulvescens*

	Concentration (mg/ml)				
	0.5	1.0	5.0	10	Vit C (0.5)
Hot water	ND	2.6±0.6	6.8±0.7	13.8±0.4	96.8±1.2
Ethanol	1.6±0.1	1.7±1.0	12.8±1.1	27.14±0.3	96.8±1.2

All values mean Mean±SD.

ND: not detected

Vit C is used as positive control.

Table 3. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory effects of hot water and 80% ethanol extracts from *Capsosiphon fulvescens*

	Concentration (mg/ml)				
	0.5	1.0	5.0	10	Captopril (0.1)
Hot water	2.7±0.1	5.9±0.6	15.5±0.5	33.8±1.5	88.9±1.0
Ethanol	14.7±1.9	49.7±1.1	80.5±4.2	85.0±0.3	88.9±1.0

All values mean Mean±SD.

Captopril is used as positive control.

Cha 등[3]의 보고에 의하면 본 연구의 매생이 에탄올 추출물에 대한 항고혈압활성이 같은 농도의 패, 모자반 메탄올 추출물보다 높거나 유사하게 나타났으므로 천연의 항고혈압 소재로써 해조류 매생이의 이용가능성을 예견케 하였다. 또한, 지금까지 매생이의 ACE 저해 활성에 대해 보고된 바가 없으므로, 학술적 가치에 있어서도 본 연구결과들은 그 의미가 클 것으로 판단된다.

α-Glucosidase 활성억제 효과 측정

α-Glucosidase는 α-amylase에 의해 분해된 당질을 최종적으로 단당류로 전환시키므로 본 효소의 활성 저해는 당질 가수분해와 흡수과정을 지연시킴으로 식후 혈당 농도를 제한할 수 있다[13]. 따라서, α-glucosidase 저해제는 제2형 당뇨병과 같은 당질 관련 질병을 위한 치료제 개발에 유용하다고 보고되어 있다[15].

본 연구에서는 매생이 열수와 에탄올 추출물로부터 제2형 당뇨병 환자의 당 분해를 억제할 수 있는 가능성을 찾기 위해 α-glucosidase 저해활성을 살펴 본 결과를 Table 4에 나타내었다. 대조구인 acarbose 0.5 mg/ml에서는 40.4%의 저해효과를 나타냈고, 매생이 열수와 에탄올 추출물은 같은농도에서 각각 1.4, 25.9%의 저해활성을 나타냈다. 1 mg/ml 농도에서는 열수와 에탄올 추출물의 혈당강하활성이 각각 1.4, 67.3%로써 비교적 높은 효능을 매생이 에탄올 추출물이 가지고 있음을 시사하고 있으며, 이러한 매생이의 혈당강하능은 기존 보고가 전혀 없었던 최초의 것으로 의미가 있다고 사료된다. 지금까지 혈당조절과 연관된 해조류에 관한 보고는 Lee 등[19]의 모자반종에 관한 것으로 지충이와 팽생이 모자반의 α-glucosi-

dase 억제활성 보다 같은 농도의 매생이 에탄올 추출물의 활성이 더 높았음을 확인 할 수 있었다. 따라서, 본 연구결과는 매생이 에탄올 추출물이 탄수화물의 소화 과정에서 α-glucosidase에 의한 단당류 생성을 저해함으로써 식사 후 혈당이 급격히 상승하는 등의 증상을 효과적으로 제어할 수 있음을 간접적으로 시사하고 있다.

ADH 및 ALDH 활성 영향

매생이 열수와 에탄올 추출물에 의한 숙취 해소능을 생화학적으로 분석하기 위해 체내 알콜 대사의 1차 관여 효소인 ADH의 활성 증진 정도를 측정하였다. 또한 acetaldehyde의 분해에 직접적인 영향을 미치는 효소인 ALDH의 활성에 매생이 열수와 에탄올 추출물이 미치는 영향을 분석하였다. 숙취의 주 원인물질인 acetaldehyde는 체내에서 흡수된 알코올이 분해 시 생성되는 대사산물인데 단순히 ADH만 활성화 시키면 혈중 알콜 농도는 빠르게 감소시킬 수 있으나 간이나 혈액에 남아있는 acetaldehyde는 계속 축적이 되어 심한 숙취를 일으킬 수 있는 가능성이 있다. 따라서, ADH 및 ALDH 두 효소 모두에 미치는 매생이 열수와 에탄올 추출물의 영향에 대해 분석하였으며, 그 결과는 Table 5에 나타내었다. 하지만, positive control로 현재 시판되고 있는 숙취해소제 hepos의 ADH와 ALDH 활성 촉진율 123.9, 110.4%와 비교해 볼 때 다소 낮은 활성을 나타내고 있다. 게다가 추출물의 농도가 증가함에도 불구하고 그 활성이 크게 증가하지 않았다. 즉, 10 mg/ml 매생이 열수와 에탄올 추출물의 ADH 활성 촉진율이 각각 109, 113%를 나타내었고, ALDH 활성 촉진율에는 전혀 영향을 미치지 않았다. 따라서, 매생이 열수와 에탄올 추출물

Table 4. α-Glucosidase inhibitory effects of hot water and 80% ethanol extracts from *Capsosiphon fulvescens*

	Concentration (mg/ml)				
	0.5	1.0	5.0	10	Acarbose (0.5)
Hot water	1.4±0.6	1.4±0.9	2.2±0.2	3.1±1.2	40.4±4.7
Ethanol	25.9±3.2	67.3±1.8	93.0±0.7	97.0±0.4	40.4±4.7

All values mean Mean±SD.

Acarbose is used as positive control.

Table 5. Effects of hot water and 80% ethanol extracts from *Capsosiphon fulvescens* on alcohol dehydrogenase (ADH) and aldehyde dehydrogenase (ALDH) activities

Concentration (mg/ml)	Hot water		Ethanol	
	ADH	ALDH	ADH	ALDH
Hepos	123.9±3.0	110.4±1.5	123.9±3.0	110.4±1.5
0.5	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	104.2±3.0	ND
5	101.4±0.6	ND	106.9±6.6	ND
10	109.1±1.6	ND	113±2.8	ND

All values mean Mean±SD.

ND: not detected

Hepos is used as positive control.

Table 6. Elastase inhibitory effects of hot water and 80% ethanol extracts from *Capsosiphon fulvescens*

	Concentration (mg/ml)				
	0.5	1.0	5.0	10	Vit C (1.0)
Hot water	13.1±0.4	14.9±0.5	66.3±0.4	75.9±1.0	50.9±1.0
Ethanol	3.1±0.3	18.7±1.0	38.7±0.3	51.2±0.4	50.9±1.0

All values mean Mean±SD.

Vit C is used as positive control.

의 숙취해소 효과에 대해서는 그 기대치가 낮을 것으로 판단되지만, 알콜 분해와 숙취에 효과가 있는 것으로 알려진 헛개나무 추출물을 이용하여 분석한 Kim 등[12]의 *in vivo* 실험에서 헛개나무 추출물의 ADH 활성 증진이 108-114% 정도로 나타나고 있으므로 매생이 에탄올 추출물에서 의미있는 알콜 분해능을 예측할 수 있다. 또한, 지금까지 해조류 추출물의 알콜 분해능에 대한 보고는 없으므로 본 연구결과는 학문적 기초자료로서의 가치가 있음을 시사하고 있다.

Elastase 저해활성

Elastase는 진피 내 피부탄력을 유지하는 기질 단백질인 elastin의 분해에 관여하며[6], collagen을 분해할 수 있는 비특이적 가수분해 효소이다. 또한 체내의 elastin을 분해하는 백혈구 과립 효소 중의 하나로 이상조직에서는 활성이 높아져 조직파괴의 직접적인 원인이 되며, 피부의 주름 및 탄력성 소실 등을 유발한다[16]. 따라서, elastase 저해제는 피부의 주름을 개선하는 효과가 있다[32].

이에, 본 연구에서는 매생이 열수와 에탄올 추출물의 주름 예방효능에 대해 분석하기 위해 elastase 저해활성을 조사하여 그 결과를 Table 6에 나타내었다. 전반적으로 농도가 높아짐에 따라 비례적으로 저해활성이 증가하였는데, 매생이 열수와 에탄올 추출물 5 mg/ml에서 각각 66.3, 38.7%로 나타났으며, 10 mg/ml에서는 각각 75.9, 51.2%의 저해활성이 나타났다. 이로써 매생이 열수 추출물이 에탄올 추출물보다 더 높은 elastase 저해활성을 가지고 있으며, 추출용매에 따라 그 정도가 달라질 수 있음을 확인하였다. 본 연구에서 elastase 저해 효과로 알려져 있는 Vit C 1 mg/ml의 농도에서 50.9%의 저해활성이 나타났으며, 활성저해제인 oleanolic acid는 농도 0.5 mg/ml에서 elastase를 32% 정도 저해하는 것으로 알려져 있다[14,26,34]. 따라서, 매생이 열수와 에탄올 추출물에서 elastase 저해활성이 elastase 저해제로 잘 알려져 있는 대조군과 유사하게 나타나고 있어 천연 주름 억제제로서의 이용가능성을 확인 할 수 있었다. 또한, 지금까지 해조류의 elastase 억제 효과에 대해서는 Cho 등[4]과 Bu 등[2]의 감태 추출물에서만 보고되었는데 본 연구결과의 매생이 열수 추출물과 유사한 활성을 나타내고 있어 매생이 열수 추출물의 피부 주름 개선 효과를 증명하고 있다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단에서 주관하는 지역혁신인력양성사업으로부터 지원을 받아 연구되었습니다.

References

- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199-1200.
- Bu, H. J., Y. M. Ham, J. M. Kim, S. J. Lee, J. W. Hyun, and N. H. Lee. 2006. Elastase and hyaluronidase inhibition activities of phlorotannins isolated from *Ecklonia cava*. *Korean J. Pharmacogn.* **37**, 92-96.
- Cha, S. H., G. N. Ahn, S. J. Heo, K. N. Kim, K. W. Lee, C. B. Song, S. K. Cho, and Y. J. Jeon. 2006. Screening of extracts from marine green and brown algae in Jeju for potential marine angiotensin-I converting enzyme (ACE) inhibitory activity. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 307-314.
- Cho, E. K. and Y. J. Choi. 2010. Physiological activities of hot water extracts from *Ecklonia cava*. *J. Life Sci.* **20**, 1675-1682.
- Cho, M., I. J. Kang, M. H. Won, H. S. Lee, and S. You. 2010. The antioxidant properties of ethanol extracts and their solvent-partitioned fractions from various green seaweeds. *J. Med. Food* **13**, 1232-1239.
- Choi, J. T., H. K. Joo, and S. K. Lee. 1995. The effect of *Schizandra fructus* extract on alcohol fermentation and enzyme activities of *Saccharomyces cerevisiae*. *Agric. Chem. Biotechnol.* **38**, 278-282.
- Cushman, D. W., and H. S. Cheung. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol.* **20**, 1637-1648.
- Dewitt, D. L., T. Rollins, J. S. Day, J. A. Gauger, and W. L. Smith. 1981. Orientation of the active site, and antigenic determinants of prostaglandin endoperoxide synthase in the endoplasmic reticulum. *J. Biol. Chem.* **256**, 10375-10382.
- Jeong, K. S. and N. G. Lee. 2010. A study on physiological activity and antioxidative activity of Maesangi (*Capsosiphon fulvescens*) extract. *J. Environmental Sci.* **19**, 407-414.
- Joung, E. Y. and S. K. Lee. 2007. Antioxidant activity and regeneration effect in HaCat cell by Jeju Island aboriginal *Ecklonia cava*. *J. Korean Soc. Cosm.* **13**, 1071-1077.
- Jung, K. J., C. H. Jung, J. H. Pyeun, and Y. J. Choi. 2005. Changes of food components in Mesangi (*Capsosiphon*

- filvecens*), Gashiparae (*Enteromorpha prolifera*), and Cheonggak (*Codium fragile*) depending on harvest times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 687-693.
12. Kim, M. H., Y. T. Chung, J. H. Lee, Y. S. Park, M. K. Shin, H. S. Kim, D. H. Kim, and H. Y. Lee. 2000. Hepatic detoxification activity and reduction of serum alcohol concentration of *Hovenia dulcis* T_{HUNB} from Korea and China. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **8**, 225-233.
 13. Kim, M. J., J. H. Ahn, K. H. Choi, Y. H. Lee, E. K. Hong, and Y. S. Chung. 2006. Effects of pine needle extract oil on blood glucose and serum insulin levels in db/db mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 321-327.
 14. Kim, M. K., J. Y. Kim, S. W. Choi, J. T. Hong, and K. S. Yoon. 2004. Anti-wrinkle effect of safflower (*Cathamustinctorius*) seed extract. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* **30**, 15-22.
 15. Kim, S. H., S. Y. Hwang, O. S. Park, M. K. Kim, and Y. J. Chung. 2005. Effect of *Pinus densiflora* extract on blood glucose level, OGTT and biochemical parameters in Streptozotocin induced diabetic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 973-979.
 16. Kraunsoe, J. A., T. D. Claridge, and G. Lowe. 1996. Inhibition of human leukocyte and porcine pancreatic elastase by homologues of bovine pancreatic trypsin inhibitor. *Biochemistry* **35**, 9090-9096.
 17. Kwak, C. S., S. A. Kim, and M. S. Lee. 2005. The correlation of antioxidative effects of 5 Korean common edible seaweeds and total polyphenol content. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 1143-1150.
 18. Kwon, M. J. and T. J. Nam. 2006. Effects of Mesangi (*Capsosiphon fulvecens*) power on lipid metabolism in high cholesterol fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 530-535.
 19. Lee, E. H., J. Y. Ham, H. R. Ahn, M. C. Kim, C. Y. Kim, C. H. Pan, B. H. Um, and S. H. Jung. 2009. Inhibitory effects of the compounds isolated from *Sargassum yezoense* on α -glucosidase and oxidative stress. *Korean J. Pharmacogn.* **40**, 150-154.
 20. Lee, J. H. 1993. Studies on the benthic marine algal flora and community in the mid-western coast of Korea. *Kunsan Univ. Fish. Sci. Research* **9**, 9-19.
 21. Lee, J. H., Y. M. Lee, J. J. Lee, and M. Y. Lee. 2006. Effects of *Capsosiphon fulvecens* extract on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**, 402-409.
 22. Lim, J. H., K. S. Jung, J. S. Lee, E. S. Jung, D. K. Kim, Y. S. Kim, Y. W. Kim, and D. H. Park. 2008. The study on antimicrobial and antifungal activity of the wild seaweeds of Jeju Island. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* **34**, 201-207.
 23. Marklund, S. and G. Marklund. 1974. Involvement of superoxide aminoradical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* **47**, 468-474.
 24. Maruyama, S., K. Nakagomi, N. Tomizuka, and H. Suzuki. 1985. Angiotensin converting enzyme inhibitor derived from an enzymatic hydrolysate of casein. *Agric. Biol. Chem.* **49**, 1405-1410.
 25. Na, Y. S., W. J. Kim, S. M. Kim, J. K. Park, S. M. Lee, S. O. Kim, A. Synytsya, and Y. I. Park. 2010. Purification, characterization and immunostimulating activity of water-soluble polysaccharide isolated from *Capsosiphon fulvecens*. *Int. Immunopharmacol.* **10**, 364-370.
 26. Nam, K. A. 2007. Characterization of squid skin collagens and functionality of their enzymatic hydrolysates. M. S. Thesis, University of Kangnung, Gangwondo, Korea.
 27. Nice, D. J., D. S. Robinson, and M. A. Jolden. 1995. Characterization of a heat-stable antioxidant co-purified with the superoxide dismutase activity from dried peas. *Food Chem.* **52**, 393-397.
 28. Park, Y. B. 2005. Determination of nitrite-scavenging activity of seaweed. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 1293-1296.
 29. Racker, E. 1973. Alcohol dehydrogenase in rat liver. *Biochem J.* **135**, 577-581.
 30. Tibbot, B. K. and R. W. Skadsen. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative α -glucosidase gene from barley. *Plant Mol. Biol.* **30**, 229-241.
 31. Tottmar, S. O., H. Petterson, and K. H. Kiessling. 1973. The subcellular distribution and properties of aldehyde dehydrogenase in rat liver. *Biochem J.* **135**, 577-581.
 32. Tsuji, N., S. Moriwaki, Y. Suzuki, Y. Takema, and G. Imokawa. 2001. The role of elastase secreted by fibroblasts in wrinkle formation: implication through selective inhibition of elastase activity. *Photochem Photobiol.* **74**, 283-290.
 33. Yang, H. C., K. I. M. Jung, K. S. Gang, B. J. Song, H. C. Lim, H. S. Na, H. Mun, and N. C. Heo. 2005. Physicochemical composition of seaweed fulvecens (*Capsosiphon fulvecens*). *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**, 912-917.
 34. Ying, Q. L., A. R. Rinehart, S. R. Simon, and J. C. Cheronis. 1991. Inhibition of human leucocyte elastase by ursolic acid; evidence for a binding site for pentacyclic. *Biochem J.* **277**, 521-526.

초록 : 매생이 추출물의 angiotensin converting enzyme 및 α -glucosidase 활성 저해 효과

조은경 · 유슬기 · 최영주*

(신라대학교 의생명과학대학 식품영양학과)

해조류 매생이의 기능성을 증명하기 위하여 열수 또는 에탄올 추출하여 여러 가지 생리활성에 대하여 조사하였다. 우선, 매생이 열수와 에탄올 추출물의 항산화능을 조사하기 위하여 DPPH radical 소거능, SOD 유사활성을 측정하였다. 그 결과, 매생이 열수와 에탄올 추출물의 농도가 증가함에도 불구하고 낮은 증가율을 보였는데, 10 mg/ml에서 DPPH radical 소거능은 각각 10.8, 62.4%, SOD 유사활성은 각각 13.8, 27.1%로 나타났다. 항고혈압 활성 측정에서는 1 mg/ml의 매생이 열수와 에탄올 추출물이 각각 5.9, 49.7%의 활성을 보여 비교적 높은 효능이 매생이 에탄올 추출물에서 나타났다. 매생이 열수와 에탄올 추출물의 혈당 강하 효과는 α -glucosidase 저해능 분석으로 측정하였는데, 1 mg/ml 농도의 매생이 열수와 에탄올 추출물은 각각 1.4, 67.3%로써 비교적 높은 효능을 매생이 에탄올 추출물에서 보였다. 매생이의 숙취해소 효능은 ADH와 ALDH 활성증진에 매생이 열수와 에탄올 추출물이 미치는 영향을 조사함으로써 증명하고자 하였다. 그 결과, 매생이 열수와 에탄올 추출물의 농도가 증가함에도 불구하고 알콜 분해능 증가율이 낮게 나타났으며, 심지어 acetaldehyde 분해능은 관찰되지 않았다. Elastase 억제 효능 분석에서는 매생이 열수와 에탄올 추출물 10 mg/ml에서 각각 75.9, 51.2%로 나타났다.