

## 함초의 항산화 및 산화 촉진 효과

\*김 일 낭

울산과학대학교 식품영양과

### Antioxidant and Pro-oxidant Activities of Hamcho (*Salicornia herbacea* L.)

†Ilrang Kim

Dept. of Food and Nutrition, Ulsan College, Ulsan 682-715, Korea

#### Abstract

Hamcho (*Salicornia herbacea*) extracts were evaluated for total polyphenol content, antioxidant and pro-oxidant activities. The total polyphenol content was 1.81 g and 0.72 g per 100 g of dried sample in water and ethanol extracts respectively. Both water and ethanol extracts of Hamcho significantly exhibited antioxidant activity. The scavenging activity of hydroxyl radical was 13.8~26.2% and 14.2~16.0% in water and ethanol extracts respectively. The inhibitory effect of conjugated diene formation was 24.6~39.1% and 28.4~39.6% in water and ethanol extracts respectively. However, pro-oxidative effect was also observed in the Hamcho extracts. The Hamcho water extract showed the pro-oxidant effect by enhancing the formation of hydroxyl radical and conjugated diene. The ethanol extract of Hamcho induced conjugated diene formation at 0.5 mg/mL but not at 1 mg/mL. The hydroxyl radical formation was not induced by the Hamcho ethanol extract. Taken together, these results show that Hamcho extracts can act as pro-oxidants by generating hydroxyl radical or conjugated diene in addition to their antioxidant properties. Therefore, this study suggests that the physiological properties of Hamcho and its use as food materials should be considered with caution because antioxidant dietary plants such as Hamcho possess possible adverse effects induced by pro-oxidant activity.

Key words: *Salicornia herbacea* L., antioxidant, pro-oxidant, hydroxyl radical, conjugated diene

#### 서 론

함초는 통통하고 마디마디 튀어나온 풀이라고 해서 통통 마디라고도 불리는 명아주과의 식물로, 우리나라 서해안이나 남해안, 제주도, 울릉도, 백령도 등 섬 지방의 바닷물이 닿는 해안, 갯벌, 염전 부근에 무리지어 자란다. 함초는 중국 의학 고서인 신농본초경에 맛이 매우 짜서 함초 또는 염초라고 하였고, 희귀하고 신령스러운 풀이라고 하여 신초라고도 기록되어 있다. 함초는 축농증, 관절염, 고혈압, 요통, 비만증, 치질, 당뇨병, 갑상선염, 천식, 기관지염, 간질환 등에 효과가 있는 것으로 알려져, 민간요법으로 이용되어 왔던 식물이다 (Choi JK 2001). 함초에는 나트륨, 칼륨, 마그네슘, 칼슘, 철

등의 무기질이 다량 함유되어 있고, 필수아미노산과 필수지방산이 풍부한 것으로 알려져 있다(Ihm & Lee 1986; Jo 등 2002; Cha 등 2006). 식이섬유소 또한 풍부하게 함유되어 있으며(Han 등 2003; Han & Kim 2003), 혈청 호모시스테인 수준을 낮춰줄 수 있는 betaine 성분도 검출되었다(Lee 등 2004; Cha 등 2006). 이러한 함초를 대상으로 항산화, 항균, 장기능 개선, 피부미용효과 등의 다양한 생리 활성 기능이 보고되었으며(Lee & An 2002; Han & Kim 2003; Cha 등 2006; Song 등 2007; Cho 등 2008; Ahn 등 2011), 떡, 빵, 소스, 요구르트 등의 식품에 함초를 적용하는 연구들이 행해지고 있다(Jeong 등 2004; Jang & Park 2006; Bae 등 2008; Kim & Park 2010; Kim & Harm 2013).

† Corresponding author: Ilrang Kim, Dept. of Food and Nutrition, Ulsan College, Ulsan 682-715, Korea. Tel: +82-52-230-0745, Fax: +82-52-230-0749, E-mail: irkim@uc.ac.kr

특히 함초의 다양한 생리 활성 기능 중 항산화에 대한 연구들이 많이 수행되었다(Han & Kim 2003; Cha 등 2006; Song 등 2007; Ahn 등 2011). 이들 연구에 의하면 함초는 지방 산패 억제, 유리 라디칼 소거, tyrosinase 활성 저해 및 환원 효과 등의 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려졌다. 그러나 항산화 활성을 가지는 폴리페놀 및 식물들이 산화 촉진 효과를 가질 수 있다고 알려져 있다(Laughton 등 1989; Furukawa 등 2003; Elbling 등 2005; Joubert 등 2005; Shin 등 2007). 산화 촉진 효과는 세포 내 주요 물질인 DNA, protein, carbohydrate에 대한 산화적 손상을 촉진하고(Aruoma 등 1993), 지질 과산화물 유도하르모(Yamanaka 등 1997) 식품으로 사용되는 식물들의 항산화 활성뿐 아니라, 산화 촉진 효과에 대한 탐색은 매우 중요하다고 할 수 있다.

함초는 많은 연구들을 통해 항산화 활성이 알려져 있지만, 세포내 물질들에 산화적 손상을 유도하여 인체에 유해한 영향을 끼칠 수 있는 산화 촉진 효과에 대해서는 아직까지 연구된 바가 없다. 따라서 함초의 항산화 활성에 대한 종합적인 평가를 할 수 있는 충분한 자료가 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 식용 식물을 이용한 제품으로 많이 제조되는 주정 추출물인 함초주 등 주류에 사용되는 에탄올과 소스, 요구르트 등의 식품에 함초 추출물을 적용할 때 널리 사용되고 있는 물로 함초 추출물을 제조한 후, 함초의 항산화 효과 및 산화 촉진 효과를 측정함으로써 함초의 생리활성 및 잠재적인 위해 영향에 대한 추가적인 정보를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에서 함초는 전라남도 해남에서 채취한 것을 동결 건조한 후 분쇄하여 분말 상태로 만들어 실험에 이용하였다. 실험에 사용한 모든 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

### 2. 함초 추출액 제조

동결건조한 함초 5 g에 50 mL의 물 및 에탄올을 각각 넣은 후 마이크로웨이브 추출장치(Microwave extraction system, MES-1000, CEM, USA)를 이용하여 80°C에서 30분간 추출하고 여과하였다. 각 시료별로 추출 과정을 3번 반복하여 물 추출액과 에탄올 추출액을 얻었다. 물 추출액은 동결건조하였으며, 에탄올 추출액은 감압농축하여 건조추출물을 얻어 실험에 사용하였다. 이 과정을 3번 반복하여 얻어진 추출물의 건조 중량으로부터 추출물의 수율을 계산하였다.

### 3. 총 폴리페놀 함량 측정

함초 물 추출액 또는 에탄올 추출액을 1 mg/mL의 농도로 준비하고, 이 중 0.1 mL를 증류수 7 mL로 희석시키고, Folin-Denis reagent를 0.5 mL 가한 후 진탕하였다. 3분 후 여기에 1 mL의 sodium carbonate 포화용액을 가하고, 10 mL로 정용하여 혼합하고, 실온에서 1시간 동안 정치한 후 분광광도계(DU 650, Beckman, USA)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료 추출에 사용된 용매로 처리하여 사용하였으며, 추출물의 색이 흡광도에 미치는 영향을 배제하기 위해 분석에 사용된 농도와 동일하게 하여 추출물 자체의 흡광도를 측정하여 값을 보정하였다. 표준물질로 tannic acid를 이용한 표준곡선을 작성하여 총 폴리페놀을 정량하였다.

## 4. Deoxyribose assay

### 1) 항산화 효과(Hydroxyl radical 소거 효과)

Deoxyribose assay를 이용하여 추출물의 hydroxyl radical의 소거 효과를 측정하였다. 시료와 반응용액(20  $\mu$ M ferric chloride와 100  $\mu$ M EDTA, 2.8 mM deoxyribose, 1.4 mM hydrogen peroxide, 10 mM phosphate buffer, 100  $\mu$ M ascorbic acid, pH 7.4)을 혼합하여 1 mL로 만들어 37°C에서 60분간 반응시켰다. 이 때 ferric chloride와 EDTA는 반응용액에 넣기 직전에 미리 착화합물화 하고, 마지막에 ascorbic acid를 넣어 반응을 개시하였다. 그 후 11.2%(w/v) trichloroacetic acid(TCA) 250  $\mu$ L와 2%(w/v) thiobarbituric acid(TBA) 500  $\mu$ L를 가하고, 100°C 항온수조에서 15분간 발색시킨 후 얼음물에 신속히 냉각시켜 532 nm에서 흡광도(DU 650, Beckman, USA)를 측정하였다.

### 2) 산화 촉진 효과(Hydroxyl radical 생성 촉진 효과)

Hydroxyl radical 소거 효과와 동일한 방법을 이용하여 ascorbic acid만 제외하고, 동일하게 반응용액을 제조하여 측정하였다.

## 5. Conjugated diene assay

### 1) 항산화 효과(Conjugated diene 생성 억제 효과)

Radical initiator에 의해 생성되는 linoleic acid peroxidation의 최종산물인 conjugated diene를 측정하였다. 100 mM의 sodium dodecyl sulfate(SDS) 용액(10 mM sodium phosphate, pH 7.4)을 이용하여 2.6 mM linoleic acid 용액을 제조한다. 이 linoleic acid 용액 2 mL에 70 mM의 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride(AAPH) 용액 10  $\mu$ L와 시료 50  $\mu$ L를 혼합하여 50°C에서 stirring 하면서 반응시킨다. Linoleic acid로부터 생성된 conjugated diene을 234 nm(DU 650, Beckman, USA에서 측정하였다.

## 2) 산화 촉진 효과(Conjugates diene 생성 촉진 효과)

Conjugated diene 생성 억제 효과와 같은 방법을 사용하여 radical initiator인 AAPH만 제외하고 실험하였다.

## 6. 통계처리

실험 결과는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) 15.0 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 모든 실험은 3회 실시하여 실험결과를 평균±표준편차로 나타내었다. 각 실험군 별 유의차는 Student's *t*-test를 시행하여 95% 수준에서 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 추출 수율 및 총 폴리페놀 함량

건조 함초 1 g 당 물 추출물은 0.33 g, 에탄올 추출물은 0.14 g이 얻어져 물 추출물의 수율이 에탄올 추출물보다 더 높았다(Table 1). 함초의 물 추출물과 25% 에탄올 추출물을 이용한 연구에서 건조시료 1 g 당 물 추출물은 0.25 g, 25% 에탄올 추출물은 0.27 g을 얻었다고 보고하여 25% 에탄올 추출물의 수율이 더 높았다(Song 등 2007), 본 연구에서는 25% 에탄올이 아닌 100% 에탄올을 이용하여 추출하였기 때문에 추출 수율에 차이가 있었던 것으로 사료된다.

총 폴리페놀은 건조 함초 100g 당 물 추출물에는 1.81 g (1.81%), 에탄올 추출물에는 0.72 g(0.72%)이 함유되어 있는 것으로 측정되어 에탄올 추출물보다 물 추출물에 폴리페놀이 더 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다(Table 1). Song 등 (2007)의 연구에서는 함초 물 추출물에는 2.4%의 폴리페놀이, 25% 에탄올 추출물에는 2.6%의 폴리페놀이 함유된 것으로 분석되어 물 추출물보다 25% 에탄올 추출물 중의 폴리페놀 함량이 더 높게 나타났다. 함초의 물 추출물과 50% 에탄올 추출물의 폴리페놀 함량을 측정한 연구에서 물 추출물에는 0.68~1.01%, 50% 에탄올 추출물에는 0.95~1.16%의 폴리페놀이 측정되어 50% 에탄올 추출물에 더 많은 폴리페놀이 함유되어 있다고 보고하였다(Cha 등 2006). 이처럼 연구에 따른 폴리페놀 함량의 차이는 시료의 채취 시기 및 장소, 추출방법

**Table 1. The extraction yield and total polyphenol content of Hamcho (*Salicornia herbacea*)**

	Extraction yield <sup>1)</sup> (g/g, dry weight)	Polyphenol content <sup>2)</sup> (g/100g, dry weight)
Water extract	0.33±0.02 <sup>3)</sup>	1.81±0.2
Ethanol extract	0.14±0.01	0.72±0.1

<sup>1)</sup> Extraction yield was expressed g extract/g dried Hamcho.

<sup>2)</sup> Polyphenol content was expressed g extract/100 g dried Hamcho.

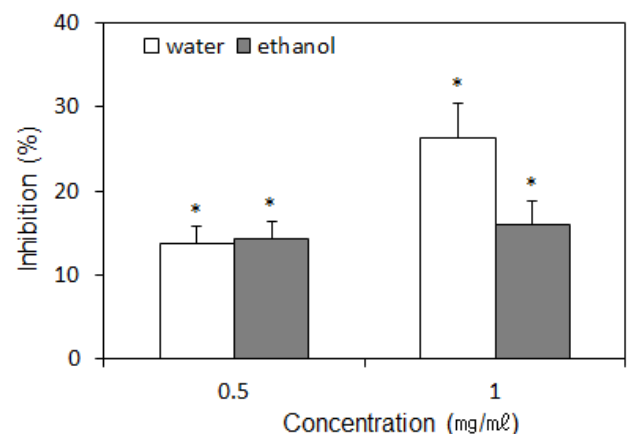
<sup>3)</sup> Each value represents the mean ± S.D. (n=3).

등의 차이에 의한 것으로 보여진다. 특히 본 연구에서의 에탄올 추출물은 물 추출물보다 폴리페놀 함량이 낮았는데, 이는 본 연구는 100% 에탄올을 이용하여 추출하였으므로 추출에 사용된 알코올의 비율 차이가 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 본 연구에서와 같이 100% 에탄올로 추출한 함초 추출물의 폴리페놀 함량을 측정한 연구에서 물 추출물이 에탄올 추출물보다 많은 폴리페놀을 함유하고 있는 것으로 나타나, 본 연구와 같은 결과를 보였다(Ahn 등 2011).

### 2. 항산화 효과

Deoxyribose assay를 이용한 함초 추출물의 항산화 활성을 Fig. 1에 나타내었다. 모든 항산화 및 산화 촉진 실험에 사용된 함초의 농도는 추출 건조물 기준으로 0.5 mg/mL와 1 mg/mL이었으며, 이를 신선한 함초의 중량으로 환산하면 물 추출물은 각각 12.1 mg/mL와 24.1 mg/mL, 에탄올 추출물은 28.3 mg/mL와 56.7 mg/mL에 해당한다. 0.5 mg/mL와 1 mg/mL의 농도에서 물 추출물은 각각 13.8%와 26.4%의 hydroxyl radical 저해 효과를 보였고, 에탄올 추출물은 각각 14.2%, 16.0%의 저해 효과를 나타내어 두 추출물 모두 유의적인 항산화 활성을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 0.5 mg/mL에서 물 추출물과 에탄올 추출물의 항산화 활성이 비슷하였으나, 1 mg/mL에서의 항산화 활성은 물 추출물에서 12.2% 더 높아 폴리페놀 함량에 비례하는 효과를 보였다. 유지의 산화에 대한 함초의 항산화 활성을 측정한 연구에서 함초 물 추출물은 에탄올 추출물보다 높은 항산화 활성을 나타내었고, 에탄올 추출물에 비해 물 추출물의 폴리페놀 함량이 18% 높게 나타난 분석결과와 상응하는 양상을 보였다(Ahn 등 2011).

함초 추출물의 항산화 효과를 보기 위한 또 다른 실험으로



**Fig. 1. Antioxidant activity of Hamcho (*Salicornia herbacea*) by deoxyribose assay.** Scavenging activity of hydroxyl radical was determined. Values are represented as mean ± S.D. (n=3); \* $p < 0.05$  compared with control group.

conjugated diene assay를 이용하여 radical initiator에 의한 linoleic acid peroxidation의 최종산물인 conjugates diene 형성 억제 효과를 측정하였다(Fig. 2). 0.5 mg/mL, 1 mg/mL에서 물 추출물은 각각 24.6%, 39.1%, 에탄올 추출물은 각각 28.4%, 39.6%의 conjugated diene의 형성 억제 효과를 나타내어 유의적인 항산화 효과를 보였다( $p < 0.05$ ). 0.5 mg/mL에서는 에탄올 추출물의 항산화 활성이 다소 높았으나, 1 mg/mL에서는 두 추출물의 항산화 활성이 유사하였다. 함초 에탄올 추출물은 물 추출물에 비하여 폴리페놀 함량은 낮았으나, conjugates diene 형성 억제 효과에 의한 항산화 활성은 농도별로 물 추출물보다 높거나 유사한 결과를 나타내었다.

Lee & An(2002)은 함초의 항산화능을 비롯한 생리활성기능을 연구하였는데, 전자공여능에 있어서 물 추출물은 본 연구와 같은 농도인 0.5 mg/mL와 1 mg/mL의 저농도에서 에탄올 추출물보다 우수한 전자공여능을 보였고, 5 mg/mL, 10 mg/mL의 고농도에서는 에탄올 추출물의 전자공여능이 높았다. Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 실험에서도 물 추출물과 에탄올 추출물 모두 SOD 유사활성을 나타내었으며, 농도에 따라 물 추출물과 에탄올 추출물의 활성 차이가 다르게 나타났다. 함초의 항산화 활성을 측정한 또 다른 연구에서 DPPH 라디칼 소거능은 물 추출물과 25% 에탄올 추출물 간의 차이가 없었으며, NO 라디칼 소거능과 NO<sub>2</sub> 라디칼 소거능에서는 25% 에탄올 추출물의 항산화 활성이 더 높게 측정되었다. 페놀 함량은 25% 에탄올 추출물에서 0.2% 정도 더 높았으나, DPPH 라디칼 소거능에서는 차이가 없었다(Song 등 2007).

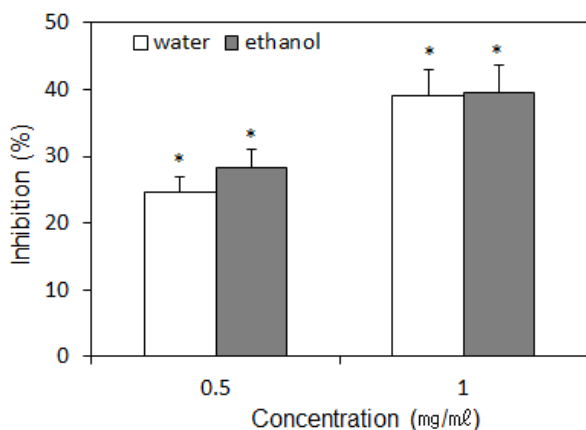
본 연구 결과 및 다른 연구 결과들을 종합해 볼 때, 함초 물 추출물과 에탄올 추출물은 여러 가지 항산화 활성 측정 실험법들에서 유의적인 항산화능을 나타내었으며, 항산화 활

성 실험법과 실험 농도에 따라 물 추출물과 에탄올 추출물의 항산화 활성이 다양한 패턴으로 나타남을 알 수 있다. 또한 폴리페놀 화합물에 의해 항산화 활성이 영향을 받는다고 보고되어 있지만(Sakihama 등 2002; Kim 등 2006; Ahn 등 2011; Procházková 등 2011), 모든 항산화 지표가 폴리페놀 함량에 영향을 받는 것은 아니며, 폴리페놀 외에 다른 물질이 영향을 줄 수 있음을 시사한다. Song 등(2007)도 실험결과를 통해 지질 과산화 억제, DPPH 라디칼 소거 활성, 환원력 효과에서 총 페놀 함량과 항산화능이 상관관계가 없으며, 페놀 함량이 항산화능에 미치는 효과의 정도가 다르다고 보고하였다. 따라서 함초를 다양한 용매로 추출하여 폴리페놀 화합물 외에 여러 가지 성분을 분석하고, 그 성분들을 대상으로 생리활성에 대한 기전을 연구하는 것이 요구된다.

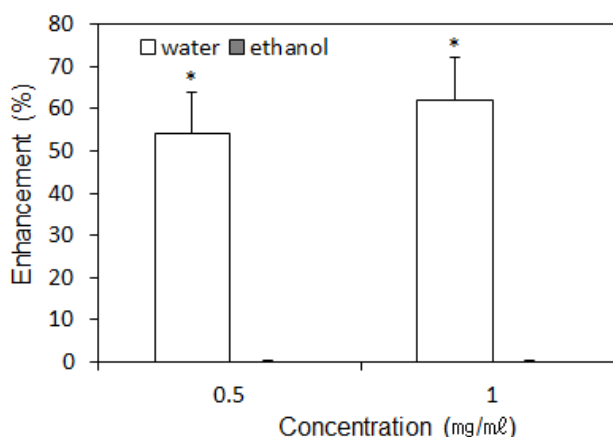
### 3. 산화 촉진 효과

Deoxyribose assay를 이용하여 함초가 3가 철이온을 좀 더 반응성이 큰 2가 철이온으로 환원시켜 hydroxyl radical의 생성을 증가시키는 산화 촉진 효과를 보이는지를 조사하였다(Fig. 3). 그 결과, 함초 물추출물은 0.5 mg/mL와 1 mg/mL의 농도에서 각각 54.3%와 61.9%의 산화 촉진 효과를 보였으나, 에탄올 추출물은 모든 농도에서 유의적인 산화 촉진 효과를 나타내지 않았다( $p < 0.05$ ).

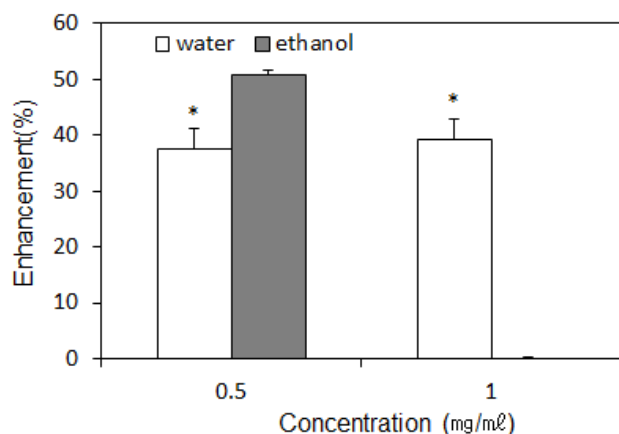
또한 함초가 radical initiator로 작용하여 linoleic acid의 peroxidation을 통해 conjugated diene 생성을 증가시키는 산화 촉진 효과를 보이는지 알아보기 위해 conjugated diene assay를 수행하였다(Fig. 4). 함초 물 추출물은 0.5 mg/mL와 1 mg/mL의 농도에서 각각 37.6%와 39.1%의 산화 촉진 효과를 나타내었다. 에탄올 추출물은 0.5 mg/mL에서는 50.8%의 산화



**Fig. 2. Antioxidant activity of Hamcho (*Salicornia herbacea*) by conjugated diene assay.** Inhibitory effect of conjugated diene formation was determined. Values are represented as mean  $\pm$  S.D. (n=3); \* $p < 0.05$  compared with control group.



**Fig. 3. Pro-oxidant activity of Hamcho (*Salicornia herbacea*) by deoxyribose assay.** Induction of hydroxyl radical formation was determined. Values are represented as mean  $\pm$  S.D. (n=3); \* $p < 0.05$  compared with control group.



**Fig. 4. Pro-oxidant activity of Hamcho (*Salicornia herbacea*) by conjugated diene assay.** Enhancement of conjugated diene formation was determined. Values are represented as mean  $\pm$  S.D. (n=3); \* $p$ <0.05 compared with control group.

촉진 효과를 보인 반면, 1 mg/mL에서는 유의적인 산화 촉진 효과를 나타내지 않았다( $p$ <0.05). 본 연구 결과와 유사하게 Shin 등(2007)은 녹차 추출물이 높은 농도에서는 항산화 효과를 보였지만, 낮은 농도에서는 reactive oxygen species(ROS)의 생성 및 hydroxyl radical 형성 등의 산화 촉진 효과를 나타낸다고 하였다. 또한 녹차 추출물의 주요 카테킨인 (-)-epigallocatechin-3-gallate(EGCG) 또한 저농도에서 산화 촉진 효과를 보이는 것으로 보고되었다(Furukawa 등 2003; Elbling 등 2005).

많은 연구들을 통해 플라보노이드 및 폴리페놀 물질들(Sakihama 등 2002; Procházková 등 2011)과 대표적인 항산화 식물인 녹차 및 녹차 폴리페놀의 항산화 및 산화 촉진 효과를 확인할 수 있다(Aruoma 등 1993; Yen 등 1997; Furukawa 등 2003; Malik 등 2003; Azam 등 2004; Elbling 등 2005; Shin 등 2007; Lambert & Elias 2010; Forester & Lambert 2011). 루이보스 추출물을 대상으로 한 연구에서도 루이보스 추출물 및 폴리페놀 분획물은 항산화 효과와 동시에 산화 촉진 효과를 보였다(Jourbert 등 2005). 따라서 식물 추출물들은 항산화 효과와 더불어 산화 촉진 효과도 발견할 수 있으며, 농도에 따라 다른 양상을 보인다는 것을 알 수 있다. 따라서 항산화 활성을 가지는 식물성 식품들의 경우, 동시에 산화 촉진 효과를 가질 수 있으므로 향후 함초의 기능에 대한 *in vitro* 및 *in vivo* 실험들이 추가로 진행되어 함초의 생리활성에 대한 종합적인 판단이 필요할 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

함초 물 추출물과 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량과 항산화 효과 및 산화 촉진 효과를 측정하였다. 총 폴리페놀은

건조 함초 100 g 당 물 추출물에는 1.81 g, 에탄올 추출물에는 0.72 g이 분석되어 에탄올 추출물보다 물 추출물에 폴리페놀 함량이 더 많은 것으로 나타났다. 0.5 mg/mL와 1 mg/mL에서 물 추출물은 각각 13.8%와 26.2%, 에탄올 추출물은 14.2%와 16.0%의 hydroxyl radical 소거 효과를 나타내어 두 추출물 모두 유의적으로 항산화능이 증가하였다. 0.5 mg/mL에서는 두 추출물의 항산화 활성이 비슷하였으나, 1 mg/mL에서는 물 추출물이 에탄올 추출물보다 12.2% 더 높았다. 또 다른 항산화 효과 실험에서 0.5 mg/mL와 1 mg/mL의 물 추출물은 각각 24.6%와 39.1%, 에탄올 추출물은 28.4%와 39.6%의 conjugated diene 생성 억제 효과를 보여 유의적인 항산화 효과를 나타내었으며, 두 추출물 간의 효과는 유사하거나, 에탄올 추출물에서 조금 더 높았다. 함초 추출물의 산화 촉진 효과를 측정할 결과, 물 추출물은 0.5 mg/mL와 1 mg/mL에서 hydroxyl radical 생성을 각각 54.3%와 61.9% 증가시켜 유의적으로 산화 촉진 효과를 나타냈고, 에탄올 추출물은 hydroxyl radical 생성을 유도하지 않았다. Conjugated diene 생성을 통한 산화 촉진 효과를 조사한 결과, 물 추출물은 0.5 mg/mL와 1 mg/mL에서 conjugated diene 생성을 각각 37.6%와 39.1% 증가시켜 유의적인 산화 촉진 효과를 보였다. 에탄올 추출물은 1 mg/mL에서는 conjugated diene 생성을 증가시키지 않았지만, 낮은 농도인 0.5 mg/mL에서는 50.8%의 conjugated diene 생성 증가를 유도하여 산화 촉진 효과를 보였다. 본 연구 결과는 함초 추출물이 항산화 활성뿐 아니라, 산화 촉진 효과를 가지고 있으므로, 이러한 항산화 식물을 식품으로 이용할 때 산화 촉진 효과라는 잠재적인 유해한 영향에 대해 주의를 기울여야 함을 시사한다.

## 감사의 글

이 논문은 2012년 울산과학대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Ahn BK, Kim R, Choi DB, Kim YS. 2011. Effect of *Salicornia bigelovii* extract on the activities of whitening and anti-wrinkle. *Appl Chem Eng* 22:56-60
- Aruoma OI, Murcia A, Butler J, Halliwell B. 1993. Evaluation of the antioxidant and prooxidant action of gallic acid and its derivatives. *J Agric Food Chem* 41:1880-1885
- Azam S, Hadi N, Khan NU, Hadi SM. 2004. Prooxidant property of green tea polyphenols epicatechin and epigallocatechin-3-gallate: implications for anticancer properties. *Toxicol In*

- Vitro* 18:555-561
- Bae JY, Park LY, Lee SH. 2008. Effect of *Salicornia herbacea* L. powder on the quality characteristics of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:908-913
- Cha JY, Jeong JJ, Kim YT, Seo WS, Yang HJ, Kim JS, Lee YS. 2006. Detection of chemical characteristics in Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) according to harvest periods. *J Life Sci* 16:683-690
- Cho YS, Kim SI, Han YS. 2008. Effects of slander glasswort (*Salicornia herbacea* L.) extract on improvements in bowel function and constipation relief. *Korean J Food Sci Technol* 40:326-331
- Choi JK. 2001. Korean Herbs, Flowers, and Trees as Traditional Medicine 1. pp. 63-74. Hanmunhwa
- Elbling L, Weiss RM, Teufelhofer O, Uhl M, Knasmueller S, Schulte-Hermann R, Berger W, Micksche M. 2005. Green tea extract and (-)-epigallocatechin-3-gallate, the major tea catechin, exert oxidant but lack antioxidant activities. *FASEB J* 19:807-809
- Forester SC, Lambert JD. 2011. The role of antioxidant versus pro-oxidant effects of green tea polyphenols in cancer prevention. *Mol Nutr Food Res* 55:844-854
- Furukawa A, Oikawa S, Murata M, Hiraku Y, Kawanishi S. 2003. (-)-Epigallocatechin gallate causes oxidative damage to isolated and cellular DNA. *Biochem Pharmacol* 66:1769-1778
- Han SK, Kim SM, Pyo BS. 2003. Antioxidative effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the lipid oxidation of pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23:46-49
- Han SK, Kim SM. 2003. Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:207-210
- Ihm BS, Lee JS. 1986. The strategies of *Salicornia herbacea* and *Suaeda japonica* for coping with environmental fluctuation of salt marsh. *Korean J Environ Biol* 4:15-25
- Jang MS, Park JE. 2006. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of Sulgidduk with saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:641-664
- Jeong CY, Ryu JS, Choi CK, Jeon BS, Park JW, Shin GG, Kim BK, Bae DW, Cha JY. 2004. Supplemented effect of *Salicornia herbacea* extract powder on preparation and quality characteristics of fermented milk product. *J Life Sci* 5:788-793
- Jo YC, Ahn JH, Chon SM, Lee KS, Bea TJ, Kang DS. 2002. Studies on pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J Medicinal Corp Sci* 10:93-99
- Joubert E, Winterton P, Britz TJ, Gelderblom WC. 2005. Antioxidant and pro-oxidant activities of aqueous extracts and crude polyphenolic fractions of rooibos (*Aspalathus linearis*). *J Agric Food Chem* 53:10260-10267
- Kim BM, Jun JY, Park YB, Jeong IH. 2006. Antioxidant activity of methanolic extracts from seaweeds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:1097-1101
- Kim JK, Hahm MH. 2013. Quality characteristics of *Salicornia herbacea* L. extract added brown sauce. *Korean J Food & Nutr* 26:184-191
- Kim YS, Park GS. 2010. Quality characteristics of Gochujang sauce with concentrated *Salicornia herbacea* L. extracts. *J East Asian Soc Dietary Life* 20:939-946
- Lambert JD, Elias RJ. 2010. The antioxidant and pro-oxidant activities of green tea polyphenols: a role in cancer prevention. *Arch Biochem Biophys* 501:65-72
- Laughton MJ, Halliwell B, Evans PJ, Hoult JR. 1989. Antioxidant and pro-oxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin. Effects on lipid peroxidation, hydroxyl radical generation and bleomycin-dependent damage to DNA. *Biochem Pharmacol* 38:2859-2865
- Lee CH, Kim IH, Kim YE, Oh SW, Lee HJ. 2004. Deterioration of betaine from *Salicornia herbacea*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1584-1587
- Lee JT, An BJ. 2002. Detection of physical activity of *Salicornia herbacea*. *Kor J Herbology* 17:61-69
- Malik A, Azam S, Hadi, N, Hadi SM. 2003. DNA degradation by water extract of green tea in the presence of copper ions: implications for anticancer properties. *Phytother Res* 7:358-363
- Procházková D, Boušová I, Wilhelmová N. 2011. Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia* 82:513-523
- Sakihama Y, Cohen MF, Grace SC, Yamasaki H. 2002. Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: Phenolics-induced oxidative damage mediated by metals in plants. *Toxicology* 177:67-80
- Shin JK, Kim GN, Jang HD. 2007. Antioxidant and pro-oxidant effects of green tea extracts in oxygen radical absorbance capacity assay. *J Med Food* 10:32-40
- Song HS, Kim DP, Jung YH, Lee MK. 2007. Antioxidant activities of red Hamcho (*Salicornia herbacea* L.) against

- lipid peroxidation and the formation of radicals. *Korean J Food & Nutr* 20:150-157
- Yamanaka N, Oda O, Nagao S. 1997. Prooxidant activity of caffeic acid, dietary non-flavonoid phenolic acid, on  $\text{Cu}^{2+}$ -induced low density lipoprotein oxidation. *FEBS Lett* 405: 186-190.
- Yen GC, Chen HY, Peng HH. 1997. Antioxidant and pro-oxidant effects of various tea extracts. *J Agric Food Chem* 45:30-34
- 
- Received 1 September, 2014  
Revised 16 January, 2015  
Accepted 19 January, 2015