

## 서실의 항산화, 항균효과 연구

배 송 자\*

신라대학교 식품영양학과, 마린바이오 산업화 지원센터

Received January 26, 2004 / Accepted April 18, 2004

**Studies on the Antioxidative and Antimicrobial Effects of *Chondria crassicaulis*.** Song-Ja Bae\*. Dept. of Food and Nutrition, Silla University, Marine Biotechnology Center for Bio-Functional Material Industries, San 1-1, Kwaebop-dong, Sasang-gu, Busan 617-736, Korea – In this study, we investigated the biological activity of antioxidant and antimicrobiological effect of *Chondria crassicaulis* (CC), which, using methanol, dichlorolometane and ethanol, were extracted and fractionated into four different types : hexane (CCMH), methanol (CCMM), butanol (CCMB), and aqueous (CCMA) partition layers. The reducing activity on the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical and  $O_2^{\cdot-}$  and  $H_2O_2$  radical scavenging potential, in search for antioxidation effects of CC partition layer, were sequentially screened. Among the four fractions, CCMM had the highest antioxidative activity. The antimicrobial activity was increased in proportion to its concentration by the paper disc method. Among the various solvent layers, the CCMB, CCMH and CCMM showed relatively strong antimicrobial activities in the order.

**Key words** – actioxidant, antimicrobiological activity, *Chondria crassicaulis* (CC), DPPH radical

산소는 생물에게 없어서는 안되는 요소인 반면 식품 또는 동물의 세포 등과 같은 여러 유기물질에 대해 산화 반응을 유발시켜 많은 부작용을 나타내게 되는 양면성을 가지고 있다[10]. 유해산소로 알려져 있는 활성산소는 가장 안정한 형태인 삼중항산소( $^3O_2$ )가 환원되면서 superoxide anion radical ( $O_2^{\cdot-}$ ), 과산화수소( $H_2O_2$ ), hydroxy radical (-OH) 및 지질 peroxide (ROOH)나 여기서 생기는 free radical (ROO $\cdot$ , ROS) 등의 활성산소가 정상적으로 소거되지 않았을 때 free radical로 인한 oxidative stress가 생체 내에 가해져 노화나 암 등의 여러 가지 성인병의 원인이 되고 있다[1,20,22]. 또한 생체 내에서는 다량의 산소가 여러 활성산소의 생성기회를 제공하여 단백질, 효소, DNA 손상을 일으키고 세포의 생체막 구성 성분인 다가 불포화지방산을 공격하므로써 생성된 과산화지질이나 산화분해물이 DNA나 RNA 단백질막 조직에 작용하여 질환을 유발한다고 알려져 있다[15].

최근 천연 항산화제에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며 [9] 항산화 효과에 대한 천연물에서의 검색은 육상 생물에서 뿐 아니라 해양 생물 등에서도 활발히 연구되고 있으며 특히, 해조류의 경우 일반적으로 영양가는 풍부하지 않지만 다양한 생리활성 물질들을 가지고 있음이 최근 보고 되고 있다 [18]. 일반적으로 해조류에는 carotenoids가 풍부하고 높은 항산화 효과를 나타내는 mycosporine-glycine이 많이 들어있으며[3,8], Takaki 등[16]에 의하면 일본 근해에 서식하는 12 종류의 해조류로부터 천연물을 추출, 조사하여 tocopherol

성분을 확인한 바 있고, Kaneniwa 등[19]은 일본 근해에서 서식하는 해조류에서부터 5-olefinic acid 등의 항산화 물질을 추출하였으며, 이 등[10]은 툯과의 홀파래에서 높은 수용성 항산화제를 추출하였다. 뿐만 아니라 항균효과를 나타내는 물질들에 대한 연구들도 활발히 이루어지고 있다[12].

시료로 사용된 서실(*Chondria crassicaulis* Harvey : CC)은 해조류에 속하는 비단풀목 빨간검둥이(Rhodomelaceae)과의 해양 식물로 개서실이라고 부르기도 하며 주로 조간대 바위 또는 지층이, 툯 등 다른 해조류에 착생하며 일본, 우리나라 제주 등 연안에서 바위나 조류가 있는 곳에 분포하고 있다. 한 개의 뿌리에서 나온 형상을 하고 있으며 여러 개체가 모여서 자란다. 줄기는 약간 납작한 원통형이고, 가지를 많이 내며, 7~10 cm의 높이로 자란다. 가지는 곧봉모양이고 끝에 4~6개의 부정아를 내는 것이 특징이다. 색은 녹색, 자홍색, 또는 황색이며 질은 다육 연골질이고 건조하면 대지에 고착한다. 식물체 전체가 부드러우며 간장 양념장으로 무쳐먹는 애용식품이다[13]. 서실에 대한 연구로는 Edmonds 등[4]이 서실에서 비소 화합물의 정량을 위해 쓰이는 1-deoxy-1-dimethylarsinoylribitol-5-sulfate을 추출한 연구 결과가 있고, 이 등[11]은 해조류 추출물의 구취억제 효과를 본 실험에서 서실이 50%의 구취 억제 효과를 보인다는 결과를 내었고, 박 등[14]은 등우리 서실(*Chondria nidifica*)에서 항산화 효과를 관찰 하였으며, Fujimoto 등[5]은 빨간 검둥이과에서 5-bromo-3,4-hydroxybenzaldehyde라는 활성이 뛰어난 천연 항산화 물질을 분리 보고한 적이 있다. 본 연구는 식용으로 애용되는 해조류 중 홍조류에 속하는 서실의 항산화 효과와 천연 식품 보존제로서의 개발 가능성을 타진해 보는 항균 효과 등을 중심으로 서실이 가진 생리활성 효과를 연구하였다.

\*Corresponding author

Tel : +82-51-999-5462, Fax : +82-51-999-5687

E-mail : sjbae@silla.ac.kr

**재료 및 방법**

**실험 재료 및 방법**

**시료의 추출**

시료로 사용된 서실(*Chondria crassicaulis*, CC)은 2003년 1월 기장 재래시장에서 구입하여 해조류 분류 전문가에게 의뢰하여 학명을 확정하였다. 서실은 건조 후 분쇄하여 시료와 메탄올을 1:5(W/V)로 첨가한 후 상온에서 2회 추출하고, 극성과 비극성 물질등을 선별 추출하기 위하여 에탄올과 다이클로로메탄(CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)을 1:1로 섞은 용액으로 2회 추출한 후 회전식 진공농축기로 감압 농축시켜 동결건조하고 서실의 추출물(CCM)로 하여 본 실험에 사용하였다.

**시료 추출물의 분획**

서실 추출물(CCM)은 scheme 1과 같이 비극성층에는 hexane층(CCMH), 약한 극성층은methanol층(CCMM), 극성층은 butanol층(CCMB), 강한 극성층인 aqueous층(CCMA)으로 나누어 비극성에서 극성쪽으로 계통 분획하고 각 분획층을 감압 농축 후 동결 건조하여 분말로 만들어 시료로 사용하였다.

**항산화효과 측정**

**DPPH radical 소거활성 측정**

DPPH (1,1-diphenyl-picryl hydrazyl) radical 소거활성 효과는 Blois의 방법을 변형하여 사용하였다[7]. 100 ppm 농도의 서실의 추출물과 용매별 분획물을 각각 사용하였고 대조군으로는 일반적으로 잘 알려진 항산화제인 Vitamin C (Vit. C)와 Butyl Hydroxy toluene (BHT)를 사용하여 96 well plate에 160 µl를 각각 넣고 0.2 mM DPPH 40 µl를 첨가하여 vortex로 균일하게 혼합한 다음 실온의 암실에서 30분간 방

치한 후, Multi-detection microplate로 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거율 측정은 다음과 같이 electron donating activity (EDA) %로 구하여 계산 하였다.

$$*EDA (\%) = \frac{(\text{Blank} - \text{Sample})}{\text{Blank}} \times 100$$

**ROS(reactive oxygen scavenger) 측정**

ROS 제거능을 측정하기 위하여 2',7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate (DCFDA) 측정방법[21]을 사용하여 측정하였다. 지용성 DCFDA가 esterase 또는 산화적 가수분해를 받아 비형광성인 2',7'-dichlorodihydrofluorescein (DCFH)로 탈아세틸화되며, DCFH는 활성산소에 의해 산화되어 강한 형광을 나타내는 2',7'-dichlorofluorescein (DCF)이 된다 (Fig. 1).

시료를 10, 20 및 30 µg/mL의 농도로 각각 첨가하고 menadione 10 µl를 넣은 후 potassium phosphate buffer (pH 7.4) 130 µl를 넣어 ·O<sup>2</sup>를 생성시킨 후, 125 µl DCFDA에 esterase를 넣어 DCFH를 형성시키고 이를 50 µl씩 첨가하여 60분간 생성된 형광의 변화를 측정하였다.

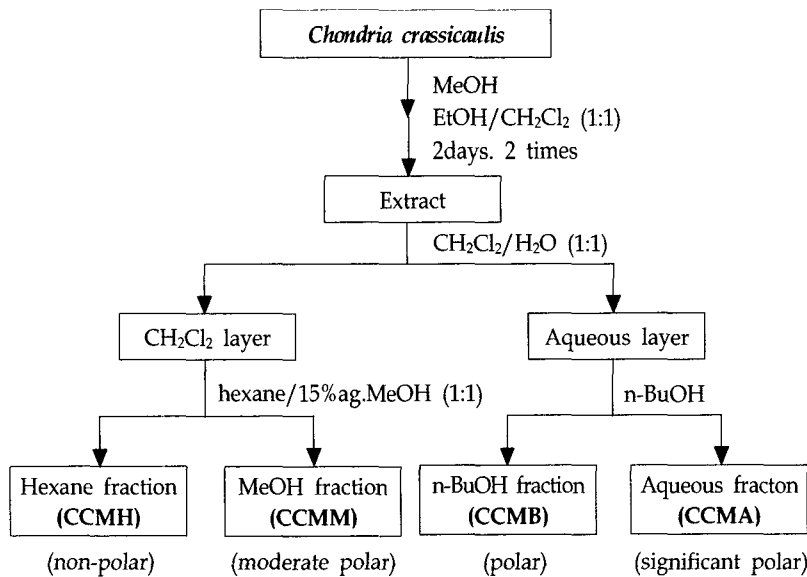
**항균활성 측정**

**사용균주 및 배지**

항균활성 측정에 사용한 균주는 단백질식품 부패균인 *Proteus mirabilis*와 *Serratia marcescens*, 식중독 원인균인 *Staphylococcus aureus*, 부패균인 *Bacillus subtilis*이며 각 균의 생육 및 보존을 위해 사용한 배지는 Nutrient agar (Difco), Yeast extract, Malt extract를 사용하였다.

**추출물의 용매 분획별 항균성 검색**

추출, 분획물의 항균성 검색은 paper disc method[2]를 사



Scheme 1. Procedure of extract and various partition layers of *Chondria crassicaulis*.

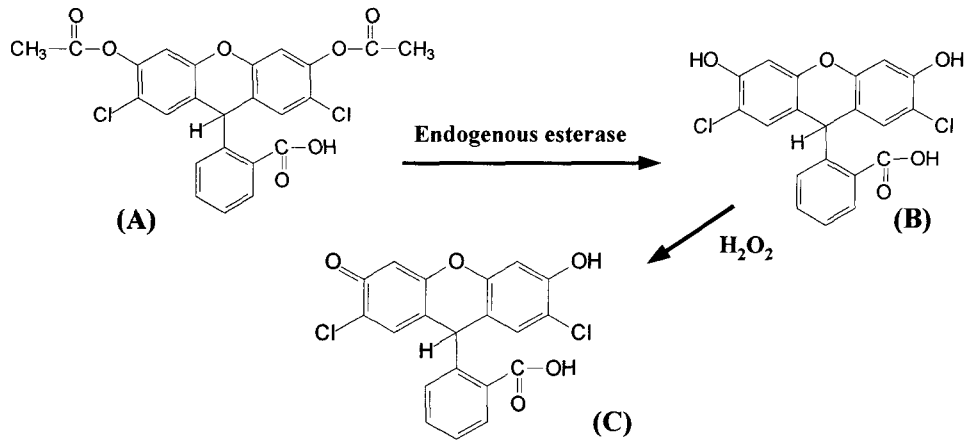


Fig. 1. Measurement of reactive oxygen species by DCFDA assay.  
 (A) 2',7'-dichlorodihydrofluorescein diacetate (DCFDA).  
 (B) 2',7'-dichlorodihydrofluorescein (DCFH).  
 (C) 2',7'-dichlorofluorescein (DCF).

용하여 이용하였으며, 항균성 시험용 평판배지는 멸균 후 petri dish에 20 ml씩 분주하여 응고시키고 전배양한 각종 시험균을 무균적으로 첨가하여 기층용 배지 위에 다시 10 ml씩 분주하여 이중의 평판배지를 만들었다. 각 용매 분획별 추출물의 농도를 500~2000 µg/ml로 하여 멸균된 disc (직경 8 mm, Toyo Roshi Kaisha, Ltd.)에 흡수, 건조시켜 균주가 도달된 plate 표면에 올려놓은 후 37°C incubator에서 24시간 배양하여 disc 주위에 생성된 clear zone의 직경 (mm)으로부터 각 분획물의 균 생육 저지대를 측정하여 항균활성을 측정하였으며 이 실험을 5회 반복하여 평균치를 나타내었다.

**통계분석**

대조군과 각 시료들로부터 얻은 실험 결과들은 mean ± SEM치로 표시하였고, 각 실험 결과로부터 ANOVA를 구한 후 student's t-test를 이용하여 유의성을 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**서실의 methanol 추출물 및 분획물의 수율**

시료로 사용한 서실(CC)을 메탄올로 2회, 다이클로로메탄과 에탄올을 1:1로 섞은 용매에 2회 추출하여 추출물(CCM)을 23.32% 얻고, 이 추출물을 분획하여 hexane층(CCMH) 2%, methanol층(CCMM) 2.63%, butanol층(CCMB) 8.93% 및 수층(CCMA) 64.7%를 수득하였으며, 특히 수층의 수득율이 약 64.7%로 아주 많은 양을 얻을 수 있었다. 각 시료의 용매별 추출물 및 분획물의 수율은 Table 1과 같다.

**항산화 효과**

**DPPH 소거능 측정**

서실의 각 추출분획물의 항산화효과특성을 알아보기 위하여 DPPH radical 제거능 즉, 수소 공여능을 측정하여 그 항

Table 1. Yields (%) of various solvent fractions of *Chondria crassicaulis*.

Fraction	Yields (g)	Yields (%)
Extracte	23.97	23.97
Hexane fr.	0.48	2.00
Methanol fr.	0.63	2.63
n-Butanol fr.	2.14	8.93
Aqueous fr.	15.51	64.71

산화효과를 비교하여 보았다(Fig. 2). 이 그림에서 보듯이 일반 항산화제인 BHT와 Vit. C를 대조군으로 하여 서실의 각

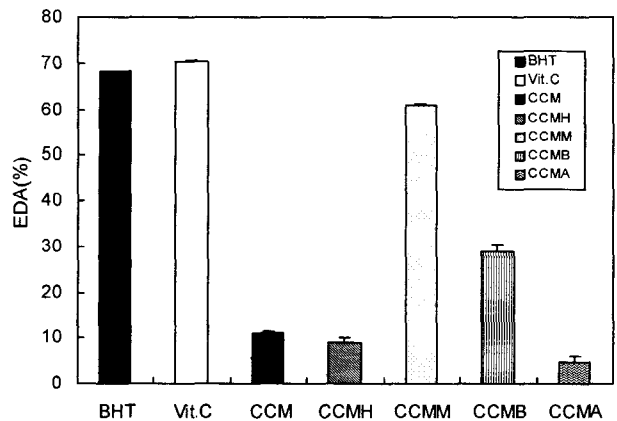


Fig. 2. Effects of the antioxidative activity by electron donation activity (EDA) in *Chondria crassicaulis* at 100 ppm. Free radical scavenging activity of the partition layer of CCM measured using the DPPH assay. The scavenging activity 100 ppm of CCM fraction on DPPH radicals is expressed as the % EDA. Values are means ± SD of five-independent experiments. BHT: Butylated hydroxy-toluene.

분획층을 가했을 때의 DPPH radical 소거능을 비교하여 본 결과 첨가 시료들의 농도가 100 ppm일 때 electron donating activity (EDA%)는 CCMM층이 60.69%를 나타내므로서 대조군으로 사용한 BHT, Vit. C에서 보인 68.21% 및 70.36%와 유사한 전자공여활성도(EDA%)를 보였다. 그러나 CCMM을 제외한 다른 분획층들에서는 DPPH 소거능이 거의 없어 항산화력이 아주 미약하였다. 이와 같은 결과는 박 등[14]이 연구한, 식용해조류를 이용한 항산화력 측정연구에서와 같이 methanol 분획층에서 강한 항산화 활성을 나타낸 결과와 일치한다. 즉 본 연구결과에서 알 수 있듯이 methanol과 같은 극성 용매(CCMM)에서 분리된 시료의 분획에서 항산화 활성이 높게 나타나므로써 CCMM층이 암세포 성장저지효과와 암예방효과가 가장 컸던 본 연구실에서의 실험 결과[23]와 같은 경향으로서 Ramos 등[17]의 연구에서 DNA 손상을 억제하는 항산화물질이 항발암 효과가 좋았다는 결론에서도 그 효과를 입증할 수 있었다.

· O<sup>2</sup> scavenging activity 측정

서실 분획물의 ROS 제거능을 측정한 결과는 Table 2과 같다. 이 표에서와 같이 ROS 제거효과는 CCMM층과 CCMA층에서 관찰할 수 있었다. 즉 CCMM층의 경우 control을 100으로 잡았을 때, ROS의 양을 50% 제거하는 양이 22.98 µg이었고, CCMA층에서도 CCMM층보다는 약하나 102.93 µg 가했을 때 O<sup>2</sup>를 50% 제거하였으며 다른 층에서는 아주 미약하였다. DPPH 소거능과 ROS 측정결과를 비교해 보면 본 연구의 항산화 효과 연구 결과는 서실의 4가지 용매 분획층 CCMH, CCMM, CCMB 및 CCMA층 중에서 일부 극성물질이 녹아 있는 CCMM층이 가장 항산화 효과가 있음을 알 수 있었으며, 홍조 해조류인 서실의 항산화 활성물질은 그 구조규명과 함께 항발암효과와의 연관관계를 함께 고려해보면서 이 분야의 연구가 계속되어 그 기전을 규명해 보는 작업이 계속중이다.

항균활성 측정

서실의 각 분획층을 단백질 식품 부패 원인균인 *Proteus mirabilis*, *Sserratia marcescens*, 식중독 원인균인 *Staphylococcus aureus*, 부패균인 *Bacillus subtilis* 4가지 균종에 처리하여 항균력을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 이 결과

Table 2. ·O<sup>2</sup> scavenging activities of the partition layers of *Chondria crassicaulis*

Sample	IC <sub>50</sub> (µg/mL) <sup>1)</sup> ± SE <sup>2)</sup>
CCMH	>250
CCMM	22.98 ± 0.180
CCMB	>250
CCMA	102.93 ± 17.250

<sup>1)</sup>IC<sub>50</sub>: half-maximal scavenging concentration.

<sup>2)</sup>SE: standard error.

Table 3. Antimicrobial activity of the partition layers of *Chondria crassicaulis*

stains	sample <sup>1)</sup> µg/ml	Clear zone on plate (mm) <sup>2)</sup>			
		CCMH	CCMM	CCMB	CCMA
<i>Proteus mirabilis</i>	500	+	-	++	+
	1000	++	-	++	+
	1500	+++	-	+++	++
	2000	++	-	+++	++
<i>Staphylococcus aureus</i>	500	+	-	+	-
	1000	+	-	++	-
	1500	+	-	++	+
	2000	++	-	++	++
<i>Sserratia marcescens</i>	500	+	+	++	-
	1000	+	++	++	-
	1500	++	++	++	-
	2000	++	++	++	-
<i>Bacillus subtilis</i>	500	+	-	-	-
	1000	+	-	-	-
	1500	++	+	-	-
	2000	++	++	-	-

<sup>1)</sup>CCMH: Hexane partition layer of methanol extracts *Chondria crassicaulis* (CCM).

CCMM: Methanol partition layer of CCM.

CCMB: Butanol partition layer of CCM.

CCMA: Aqueous layer of CCM.

<sup>2)</sup>Treated sample was adsorbed into paper disk (8 mm, diameter) and the diameter (mm) of clear zone was confirmed around the colony. Growth inhibition size of clear zone: +++, larger than 14 mm; ++, 10~14 mm; +, smaller than 10 mm; -, not detected.

에서 보듯이 각 균주는 *Bacillus subtilis*를 제외하고 CCMB층에서 가장 항균력이 뛰어났고 특히 단백질 식품 부패원인균인 *Proteus mirabilis*층이 월등하였다. 다음으로는 전반적으로 CCMH층에서 4가지 균주에 비교적 높은 항균활성을 보였다.

각 균주별로 살펴보면 *Proteus mirabilis*은 CCMM층을 제외한 세 가지 층에서 전반적으로 활성이 나타났으며, 특히 CCMB의 경우에는 가장 낮은 첨가 농도인 500 µg/ml 농도로 처리했을 때 11.50 mm의 균생육저지대를 나타내어 높은 항균력을 보였으며, 농도 의존적으로 그 효과가 증가하여 최종 농도 2000 µg/ml 첨가시에 16.22 mm로 사용한 여러 균주 중 가장 높은 항균활성효과를 관찰할 수 있었다. 또 CCMH층의 경우는 1500 µg/ml에서 14.28 mm로 높은 항균활성효과를 관찰하였다. 또 CCMA층에서는 저 첨가 농도에서는 항균력을 보이지 않았으나 2000 µg/ml에서 10.95 mm의 균생육저지대를 나타내었다.

*Staphylococcus aureus*의 경우 CCMH층과 CCMB층에서 시료 최고 첨가 농도인 2000 µg/ml에서 각각 11.23 및 11.9 mm로 항균활성을 보였으며, CCMA층의 경우는 1500 µg/ml

첨가 농도에서부터 항균력을 보여 2000 µg/ml에서 10.6 mm의 균생육저지대가 형성 되었다.

*Serratia marcescens*는 위의 두 균주와는 달리 CCMM층에서도 항균효과가 나타났으며 CCMA층은 항균력이 거의 없었다. 특히, CCMM층은 500 µg/ml의 농도에서 농도 의존적으로 9.6, 10.2, 11.5 mm로 균생육저지대가 형성되었으며 2000 µg/ml에서 13.7 mm의 비교적 높은 항균효과를 나타내었다. 또한 CCMB층의 경우는 500 µg/ml에서 11.33 mm의 높은 항균력을 나타내어 최종 첨가 농도 2000 µg/ml에서는 12.88 mm의 항균활성효과를 보였다.

*Bacillus subtilis*의 경우는 CCMH층에서만 최종 농도에서 11.45 mm의 높은 항균력을 관찰할 수 있었다.

본 실험의 결과로 서실은 각각의 균주에 따라 각 분획층별 항균력이 다르게 나타났으며 전반적으로 본 연구결과를 관찰해 볼 때 *Bacillus subtilis*를 제외하고는 CCMB층에서 아주 높은 항균력을 나타냄으로서 앞으로 이와 같은 관점에서의 항균활성물질 규명을 위해 용매별 각 층의 활성 등에 대한 자세한 연구동정이 지속적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

## 요 약

홍조류의 하나인 서실을 추출, 분획하여 각 용매별 항산화와 항균효과를 관찰하였다. 서실의 항산화 효과를 측정하기 위해 DPPH radical 소거능과,  $\cdot O^2$  scavenging activity를 측정함으로써  $\cdot O^2$  제거능을 실험하였다. 항산화 효과를 실험한 결과는 메탄올 분획층인 CCMM층이 대조군으로 사용한 일반적 항산화제인 BHT와 vitC와 유사한 DPPH radical 소거능을 보였고,  $O^2$  제거능은 CCMM층과 CCMA층에서 활성을 보였다. 본 실험의 결과로 CCMM층에서 항산화 효과가 제일 좋았고 CCMA층에서도 항산화 효과를 가지는 물질이 있을 것으로 사료된다. paper disc method를 이용한 항균활성 효과 실험 결과, 홍조 해조류인 서실의 *Bacillus subtilis*를 제외하고는 CCMB층에서의 항균력이 가장 높게 나타났으며 실험 균주 4종 모두 CCMH층에서는 미약하나마 효과가 있었다. 본 실험 결과 홍조 해조류인 서실의 항산화 효과 검색에서 Methanol층인 CCMM층이 항산화 효과가 가장 좋았으며 항균효과 검색에서는 CCMB층이 활성을 나타내었다. 이 연구결과를 토대로 서실의 항산화 및 항균활성물질에 대한 단계적인 분리 동정이 이루어져 CCMM층과 CCMB층의 생리활성물질 개발이 기대되는 바이다.

## 참 고 문 헌

- Bae, S. J. 2002. The effects of anticarcinogenic activity fo *Solanum thberosum* peel fractions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**(5), 905-909.
- Davidson, P. M., and M. E. Parish. 1989. Methods for testing the efficacy of food antimicrobials. *Food Technol. January.* 148-155.
- Dunlap, W. C. and Y. Yamamoto. 1995. Small-molecule antioxidants in marine organism: antioxidant activity of mycosporine-glycine. *Comp. Biochem. Physiol.* **112B**, 105-114.
- Edmonds, J. S., Y. Shibata, F. Yang, and M. Morita. 1997. Isolation and synthesis of 1-deoxy-1-dimethylarsinoylribitol-5-sulfate, a natural constituent of *Chondria crassicaulis* and other red algae. *Tetrahedron Letters* **38**(33), 5819-5820.
- Fuginoto, K. and T. Kaneda. 1984. Separation of antioxidant compounds from marine algae. *Hydrobiologia*, 116.
- Gerhäuser, C., K. Klimo, E. Heiss, I. Neumann, A. Gamal-Eldeen, J. Knauft, G. Y. Liu, S. Sitthimonchai, N. Frank. 2003. Mechanism-based in vitro screening of potential cancer chemopreventive agents. *Mutation Research* **523**, 163-172.
- Jung, M. J., H. Y. Chung, S. S. Kang, J. H. Choi, K. S. Bae, and J. S. Choi. 2003. Antioxidant activity from the stem bark of *Albizia julibrissin*. *Arch Pharm Res* **26**(6), 458-462.
- Krinsky, N. I. 1991. Effects of carotenoids in cellular and animal systems, *Am. j. Clin. Nutr.* **53**, 238S-246S.
- Moure, A., J. M. Cruz, D. Franco, J. M. Domínguez, J. Sineiro, H. Domínguez, M. J. Núñez and J. C. Parajó. 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry* **72**, 145-171.
- Lee, B. H., B. W. Choi, J. H. Chun and B. S. Yu. 1996. Extraction of water soluble antioxidants from seaweeds. *J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry* **7**(6), 1069-1077.
- Lee, D. S., S. B. Kim, T. J. Kim, C. I. Ji, J. H. Kim, and J. H. Park. 1999. 해조류 추출물의 구취 억제 효과, 춘계 수산 관련학회 공동학술 대회 발표 요지집 **0**(0), 129, 2
- Lee, H. S., J. H. Shu and K. H. Shu, 2000. Preparation of antibacterial agent from seaweed extract and its antibacterial effect. *J. Korean Fish. Soc.* **33**(1), 32-37.
- Lee, Y. P., and S. Y. Yoon. 1996. Taxonomy of *Chondria* (Rhodophyta) in Korea. *Algae (The Korean Journal of Phycology)* **11**(1), 107-139.
- Park, J. H., K. C. Kang, S. B. Baek, Y. H. Lee, and K. S. Rhee. 1991. Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL* **23**(3), 256-261.
- Pryored, W. A. 1984. Free radicals in biology. pp.381, Vol. VI., Academic Press Inc., New York.
- Ramarathnam, N., T. Osawa, M. Namiki, and S. Kawasaki. 1998. *J. Agric. Food Chem.* **37**, 316.
- Ramos, A., A. Visozo, J. Piloto, A. Garcia, C. A. Rodriguez and R. Rivero 2003. Screening of antimutagenicity via antioxidant activity in Cuban medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology* **87**, 241-246.
- Schwartzmann, G., A. B. Rocha, R. GS. Berlinck and J. Jimeno. 2001. Marine organisms as a source of new anticancer agents. *Oncology* **2**, 221-225.
- Soliman, M. A., A. A. El-Sawy, H. M. Fadel, and Osman, 1985. *J. Agric. Food Chem.* **33**, 523.
- Talalay, P., and A. M. Benson. 1982. Elvation of quinone

- reductase activity by anticarcinogenic antioxidants. *Advances in Enzyme Regulation* **20**, 287-300.
21. Thomas, P., D. G. Herbert and P. K. James. 1992. Production of reactive oxygen by mitochondria from normoxic and hypoxic rat heart tissue. *Free Radic Biol Med* **13**, 289-297.
22. Wefers, H., T. Komai, P. Talalay and H. Sies. 1984. Protection against reactive oxygen species by NAD(P)H : quinone reductase induced by the dietary antioxidant butylated hydroxyanisole (BHA). *Federation of European Biochemical Societies* **169**(1), 63-66.
23. 전광혜. 2003. 서실의 생리활성 연구. 신라대학교 대학원 석사학위 논문.