



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

채집시기에 따른 제주연안  
괭생이모자반의 화학성분 및 항산화 활성

濟州大學校 大學院

食品工學科

夫 廈 晶

2020年 2月



채집시기에 따른 제주연안 갯생이모자반의  
화학성분 및 항산화 활성

指導教授 千智連

夫廈晶

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2019年 12月

夫廈晶의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 任尙彬



委員 金賢貞



委員 千智連



濟州大學校 大學院

2019年 12月

Chemical Composition and Antioxidant Activity  
of Jeju coast *Sargassum horneri* according to  
Collecting Time

Ha Jeong Boo

(Supervised by Professor Ji-Yeon Chun)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the  
degree of Master of Engineering

2019. 12.

This thesis has been examined and approved.

Sang-Bin Lim, Thesis director, Prof. of Food Science and Engineering

Hyun Jung Kim, Prof. of Food Science and Engineering

Ji-Yeon Chun, Prof. of Food Science and Engineering

Dec. 2019

Department of Food Science and Engineering

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY



# 목차

ABSTRACT .....	1
LIST OF FIGURES .....	2
LIST OF TABLES .....	3
1. 서론 .....	4
2. 재료 및 방법	
2.1. 재료.....	6
2.2. 일반성분.....	6
2.3. 열수 추출물의 제조.....	6
2.4. 에탄올 추출물의 제조.....	7
2.5. 총당 및 환원당 함량.....	7
2.6. 총폴리페놀 함량.....	7
2.7. DPPH radical 소거활성.....	8
2.8. ABTS radical 소거활성.....	8
2.9. Ferric Ion Reducing Antioxidant Power (FRAP).....	8
2.10. 통계처리.....	9
3. 결과 및 고찰	
3.1. 기간별(생식기 유무) 외형 관찰.....	10
3.2. 일반성분.....	16
3.3. 추출물의 수율, 총당 및 환원당 함량.....	19
3.4. 총 폴리페놀 함량.....	22
3.5. DPPH radical scavenging activity.....	25
3.6. ABTS radical scavenging activity.....	28
3.7. Ferric Ion Reducing Antioxidant Power (FRAP).....	30

4. 결론 .....	32
국문요약 .....	33
참고문헌 .....	35

## ABSTRACT

This study was to investigate the external morphological changes and chemical composition according to the seasons of *Sargassum horneri* (*S. horneri*) and to determine the total polyphenol content and antioxidant activity by different extraction solvents. The carbohydrate content of *S. horneri* was highest in June (59.36%) and crude protein content was highest in March (26.15%). Crude fat content was 1.08-2.85%, similar to that observed in other seaweeds. The yield of the extract was significantly higher in the hot water extract. The polysaccharide content of hot water extract was higher than that of ethanol extract, and the extract showed a different trend according to the collection time. Total polyphenol content, DPPH and ABTS radical scavenging activity were highest in May of 70% ethanol extract. FRAP value was not significantly different between hot water extract and 70% ethanol extract except June. As a result, it is recommended to collect in May during the collection period, which has a high number of individuals, high carbohydrate content and crude protein content, high total polyphenol content and antioxidant activity. Ethanol extraction yield was low, but the 70% ethanol extract, which had high total polyphenol content and high antioxidant activity, was considered as the most suitable solvent. Therefore, *S. horneri* has a great value as a functional food materials.

## LIST OF FIGURES

Figure 1. Appearances of <i>Sargassum horneri</i> in 2019. ....	12
Figure 2. Air vesicle of <i>S. horneri</i> according to life cycle in 2019. ....	13
Figure 3. Optical micrograph of air vesicle and receptacle of <i>S. horneri</i> in May 2019. ....	14
Figure 4. Sea water temperature in Jeju. ....	15
Figure 5. Total phenolic content of <i>S. horneri</i> extracts. ....	24
Figure 6. DPPH radical scavenging activity of <i>S. horneri</i> extracts. ....	27
Figure 7. ABTS radical scavenging activity of <i>S. horneri</i> extracts. ....	29
Figure 8. FRAP of <i>S. horneri</i> extracts. ....	31

## LIST OF TABLES

Table 1.	Proximate composition of <i>S. horneri</i> with collecting time. ....	18
Table 2.	Yields, polysaccharide content, and reducing sugar content of <i>S. horneri</i> extracts with different collecting times and extraction solvents. ....	21

## 1. 서론

해조류는 생태학적으로 크게 거대조류(macro algae)와 미세조류(micro algae)로 분류되며, 거대조류는 흔히 seaweed라고 불리며 엽록소에 따라 녹조류(green algae), 갈조류(brown algae), 홍조류(red algae)로 나뉜다(Jeong 등 2017). 우리나라에 알려진 500여 종의 해조류 중 음식 재료로 미역, 김, 다시마, 툯, 우뚝가사리, 파래 등 이용하고 있으며 식품뿐만 아니라 제약, 화장품, 바이오 연료 등으로 다양하게 이용되고 있다. 해조류는 탄수화물, 단백질, 지질 등 영양성분과 칼슘 마그네슘, 철 등과 같은 미네랄이 풍부하게 함유되어 있다고 알려져 있다(Na 등 2014). 특히 다당류의 함량이 높아 다양한 생리활성을 가지며 다량의 무기질을 함유하고 있어 천연자원으로 주목받고 있다(Kim 등 2018). 우리나라에 모자반류는 팽생이모자반, 파배기모자반, 알송이모자반, 짝잎모자반, 큰잎모자반 등 약 30여 종이 우리나라에 자생하며 분포하고 있다. 그러나 일반적으로 참모자반이라 부르는 모자반(*Sargassum fulvellum*)만 식품위생법에 식품원료로 등록되어 있어 식품으로서의 활용에 한계가 있었으나, 2016년 식품의약품안전처에서는 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)을 파배기모자반(*Sargassum siliquastrum*), 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*), 알송이모자반(*Sargassum confusum*), 지충이(*Sargassum thunbergii*), 톱니모자반(*Sargassum serratifolium*) 총 6종이 식품원료로 개정 고시하였다.

식품위생법에 식품원료로 등록된 6종의 모자반류 중 팽생이모자반(*S. horneri*)은 갈조강(Phaeophyceae), 모자반목(Fucale), 모자반과(Sargassaceae)에 속하는 1년생 식물로, 한국, 일본 및 중국 연안에 널리 분포하며 우리나라에는 동·남해안과 제주도 근해를 형성하고 있다. 식물체는 황갈색으로 줄기에 세로로 꼬인 홈이 발달하며 잎이 얇고 톱니 모양이다(Jeong 등 2017). 기낭은 원주상이며 끝부분에 잎과 같은 모양의 관엽을 가지고 생식기는 송곳 모양이다(Moon 등 2018). 팽생이모자반은 대개 초봄부터 성장하여 3월부터 성숙을 시작하고 7월까지 수정을 완료한 후 해조류 잎의 상부로부터 유실되는 해조이다. 파도가 약한 곳에서 큰

균락을 만들며 암수 배우자에 의한 유성생식을한다(Kim 2015).

최근 해조류 추출물 및 이차 대사물들이 가지는 생리활성 효과로 인해 점차 모자반에 관한 연구가 활발해지고 있다. 기능성 물질의 추출방법으로는 열수 및 용매추출, 초임계 및 아임계 추출방법 등이 있으며, 단당류 및 올리고당의 제조를 위해 효소를 이용한 분해나 합성, 산 분해로 이루어진다. 현재까지의 팽생이모자반 생리활성 대한 연구를 살펴보면 바이오에탄올 발효 생산(Jeong 등 2017)과 팽생이모자반 추출물의 항산화(Kim 등 2006) 및 항균(Chang 등 1997), 면역활성 증진(Kim 등 2018), 미백 및 주름 기능성 원료로서의 효능(Shin 2018)과 중금속 이온(Park 등 1999)의 제거에 효과가 있음이 보고되었다. 추출방법으로서 주로 열수 추출이 많이 이용되고 있으나 추출효율을 증가시키고 추출시간을 단축하기 위해 용매추출이 많이 활용되고 있다. 유용물질을 가용성화 시켜 높은 추출효율을 가지며 에탄올추출은 다른 유기용매와 비교하여 식품으로 직접적인 이용이 쉬운 장점이 있다(Kim & Hong, 2012).

팽생이모자반의 생활사에 관한 연구가 Uchida (1993), Yoshida (1998; 2001), Pang 등(2009), Yoshikawa (2014) 등에 의해 이루어졌으나 국내 지역에서 채집된 팽생이모자반에 관한 연구는 많지 않은 실정이다(Kim 등 2013; Kim 2015). 해조류는 종, 서식 지역, 기후 등 자연환경과 생장 및 성장 시기에 따라 해조류 성분의 차이가 다르며(Kwak 등 2010) 우리나라 서식하는 팽생이모자반에 대한 기간별 기초 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 국내(제주)에 자생하는 팽생이모자반의 채집 시기별 형태학적 특징과 건조물의 일반성분을 분석하였다. 그리고 열수 추출물과 에탄올 추출물의 총폴리페놀 함량 및 항산화능을 비교 및 탐색하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 재료

본 실험에 사용된 팽생이모자반은 2019년 2월과 6월 사이에 제주특별자치도 제주시 인근 연안에서 채집하였다. 팽생이모자반은 흐르는 물로 세척 하여 이물질을 제거한 후 침지하여 탈염하였다. 탈염 후 40℃에서 건조하여 최종 수분함량이 15% 이하가 되도록 하였다. 건조물은 분쇄기를 사용하여 분쇄 후 40 mesh의 표준망체로 체질하고, 최종 분말은 습도 20%의 데시케이터에서 보관하였다. 팽생이모자반의 외관은 2월부터 관찰하였으나, 분말 및 추출물은 개체크기 및 개체수가 늘어나는 3월부터 제조하여 특성분석에 사용하였다.

### 2.1. 외관

팽생이모자반의 외관은 2월부터 6월까지 채집 시기 및 계절에 따른 외부형태 변화를 관찰하였다. 형태적인 특징으로는 부착기, 줄기, 기낭, 잎의 모양과 생식기의 유무를 육안 및 광학현미경을 통해 관찰하였다.

### 2.2. 일반성분 분석

팽생이모자반 분말의 수분, 회분, 조단백질, 조지방, 탄수화물의 함량은 AOAC (2005) 또는 식품공전(MFDS 2018)에 따라 분석하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법을 이용하였으며, 회분은 회화로 600℃에서 12시간 동안 가열하여 얻은 회화의 양을 측정하였다. 조단백질은 킬달법을 적용하였으며 조지방 분석은 속슬랫추출법을 이용하여 분석하였다. 탄수화물 함량은 수분, 회분, 단백질을 합한 값을 100에서 뺀 값으로 하였다.

### 2.3. 열수 추출물의 제조

팽생이모자반 추출물의 총폴리페놀 함량 및 항산화 활성을 측정하기 위해 팽생이모자반 분말을 증류수에 1:10 (w:v)의 비율로 혼합하여 상온에서 24시간 추출 후 4,000 rpm에서 원심분리하였다. 분리한 추출액은 감압 여과하고 회전증발



농축기로 농축 후에 감압 건조하여 추출물을 제조하였다.

#### 2.4. 에탄올 추출물의 제조

팽생이모자반 추출물의 총폴리페놀 함량 및 항산화 활성을 측정하기 위해 팽생이모자반 분말을 에탄올(99%)과 70% 에탄올에 1:10 (w:v)의 비율로 혼합하여 상온에서 24시간 추출 후 4,000 rpm에서 원심분리하였다, 이를 3회 반복한 후 분리한 추출액은 감압 여과하고 회전증발 농축기로 농축 후에 감압 건조하여 추출물을 제조하였다.

#### 2.5. 총당 및 환원당 함량

총당 함량 분석은 phenol - sulfuric acid method (Saha & Brewer, 1994)로 실시하였다. 추출물 1 mL에 5%의 페놀 1 mL과 황산 5 mL을 상온에서 30분 반응시킨 후 glucose를 표준 당으로 하여 microplate reader (Epoch™, BioTek Instruments, Inc., Winooski, USA)를 사용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다.

환원당 함량은 dinitrosalicylic acid method (Kim 등 2016)를 통해 측정하였다. 추출물 1 mL에 1% DNS 시약 3 mL를 혼합하여 90℃에서 5분간 반응시킨 후 냉각한다. microplate reader (Epoch™, BioTek Instruments, Inc.)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시료로 glucose를 사용하였다.

#### 2.6. 총폴리페놀 함량

팽생이모자반 추출물에 대한 총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Folin & Denis, 1912)에 따라 측정하였다. 각 추출물 0.5 mL와 증류수 6.5 mL을 혼합한 후, 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.5 mL 가하여 상온의 암소에서 5분간 반응시킨다. 그 후 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 혼합하여 증류수 1.5 mL를 첨가하여 교반한 다음 실온에서 1시간 반응시켜 microplate reader (Epoch™, BioTek Instruments, Inc.)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 곡선은 gallic acid 용액으로 작성하였으며, 시료의 총폴리페놀 함량은 mg GAE (gallic acid equivalents)/g로 나타내었다.

## 2.7. DPPH radical scavenging activity

DPPH radical scavenging activity를 측정하기 위하여 Kim과 Lee의 방법(Kim & Lee, 2007)을 변형하여 측정하였다. 각 시료 10  $\mu\text{l}$ 와 에탄올에 녹인 0.2 mM DPPH (1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 190  $\mu\text{l}$  가한 후 혼합하여 암소에서 30분간 반응시켜 microplate reader (EpochTM, BioTek Instruments, Inc.)를 사용하여 517 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 다음의 식으로 환산하여 DPPH radical 소거능을 나타내었다. 처리구와의 비교를 위해 negative 대조군은 추출 용매, positive 대조군은 ascorbic acid (Sigma Co., USA)을 이용하여 분석하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{1 - (\text{sample OD} - \text{blank OD})}{\text{control OD}} \times 100$$

## 2.8. ABTS radical scavenging activity

ABTS radical scavenging activity 측정법(Re 등 1999)에 사용되는 ABTS 용액은 7.4 mM ABTS [2, 2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt]와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온의 암소에서 24시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시켰으며, 732 nm에서 흡광도가  $0.700 \pm 0.020$ 이 되도록 phosphate-buffered saline (pH 7.4)로 희석하여 사용하였다. 추출물 50  $\mu\text{l}$ 에 희석된 ABTS 용액 950  $\mu\text{l}$  첨가한 후 혼합하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader (EpochTM, BioTek Instruments, Inc.)를 사용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 식으로 환산하여 활성을 산출하였다. 대조군은 시료 대신 추출 용매를 첨가하였으며, 비교를 위해 시중에 사용되는 항산화제인 ascorbic acid를 사용하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = \frac{1 - \text{sample OD}}{\text{control OD}} \times 100$$

## 2.9. FRAP assay (Ferric reducing antioxidant power)

FRAP 측정 방법은 Benzied와 Strain의 방법(1996)을 참고하여 측정하였다.

FRAP reagent는 25 mL acetate buffer (300 mM, pH 3.6)를 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2, 4, 6-tris (2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ, Sigma) 2.5 mL과 20 mM FeCl<sub>3</sub> 2.5 mL을 가하여 제조하였다. 제조된 0.9 mL FRAP reagent에 추출물 0.03 mL와 증류수 0.09 mL를 넣은 후 37°C에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader (Epoch™, BioTek Instruments, Inc.)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 계산은 0.2-1.0 mM의 농도로 반복하여 작성한 iron (II) sulfate의 검량식에 대입하여 환산하였다.

## 2.10. 통계처리

본 실험은 3회 이상 반복 실험하여 평균값을 구하였고 각 실험 별로 유의성 검증을 확인하였다. 통계분석은 Minitab Ver. 17 (Minitab 17 Inc., State College, Pennsylvania, USA) 을 이용하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 유의성 검정 ( $p<0.05$ )는 Tukey's multiple range test를 통하여 실시하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 외관

본 연구에 사용된 팽생이모자반은 제주도 제주시 김녕과 용담에 착생하여 생육하는 개체를 2019년 2월부터 6월까지 채집하였다. 팽생이모자반의 계절에 따른 생장 변화는 Figure 1에 나타내었으며 (A)부터 (C)는 2월, 3월과 5월의 전체 외관이다. 초봄의 어린 개체가 늦봄과 초여름이 되면서 빠른 생장을 보였으며 생체는 짙은 갈색이며 건조 후 분말은 짙은 녹색을 가진다. 부착기(D)로부터 줄기가 나와 자라며 줄기의 모양은 세로로 꼬인 홈(E)이 있으며 줄기 하부에는 가시 모양의 돌기가 나타난다(Kang, 1968).

Figure 1의 (F)를 보면 잎은 톱니 모양이며 줄기의 하부에 있는 상부에 있는 잎에 비하여 두꺼웠으며 생장 정도에 따라 잎의 모양이 달라지는 것을 확인하였다. 6월에는 줄기의 위쪽으로 갈수록 선형의 얇은 잎이 대부분을 차지하였다. 생식기는 활발하게 생장이 일어난 4월말부터 나타났으며 생식기에는 점액 물질이 묻어나왔다(F). 팽생이모자반은 암컷과 수컷 생식기가 따로 존재하며(Kang, 1968) 수컷 생식기는 짧고 길며, 암컷 생식기는 짧고 원형의 모양을 가진다. Figure 2를 보면 2월부터 6월까지 기낭을 대부분 관찰할 수 있었으며 기낭의 지름이 6월보다 2월이 더 두꺼운 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 기낭의 모양은 타원형이며 기낭의 끝에 잎과 같은 모양의 관엽을 가진다. Figure 3은 기낭과 생식기의 광학현미경으로 찍은 이미지이다. 기낭의 표면은 매끄럽고 내부는 비어있었고 생식기의 표면에서 배아 초기형태를 관찰할 수 있었다. 또한 팽생이모자반의 최적 성장 수온은 15-20℃로 4월부터 빠르게 자랐으며 6월 말 이후부터는 수온의 증가로 인해 팽생이모자반의 관찰되지 않았다(Figure 4).

Hiroshima만에서 조사된 팽생이모자반은 환경이 비슷한 지역에서 서식하는 개체임에도 불구하고 발아 시기, 생장 시기, 생식 시기가 달라지는 생물계절 특성을 보였다(Yoshida 등 2001). Uchida (1933)는 팽생이모자반의 배양실험을 통해 광주기에 영향을 받는다는 것을 보고하였으나 광주기만으로는 생식기의 출현 시

기 차이를 명확히 설명하지는 못한다. 하지만 생식기가 나타나는 시기가 꿩생이 모자반의 길이가 길어지는 시기에 의존한다는 연구 결과와는 대부분 일치한다고 보고하였다(Kim, 2008).

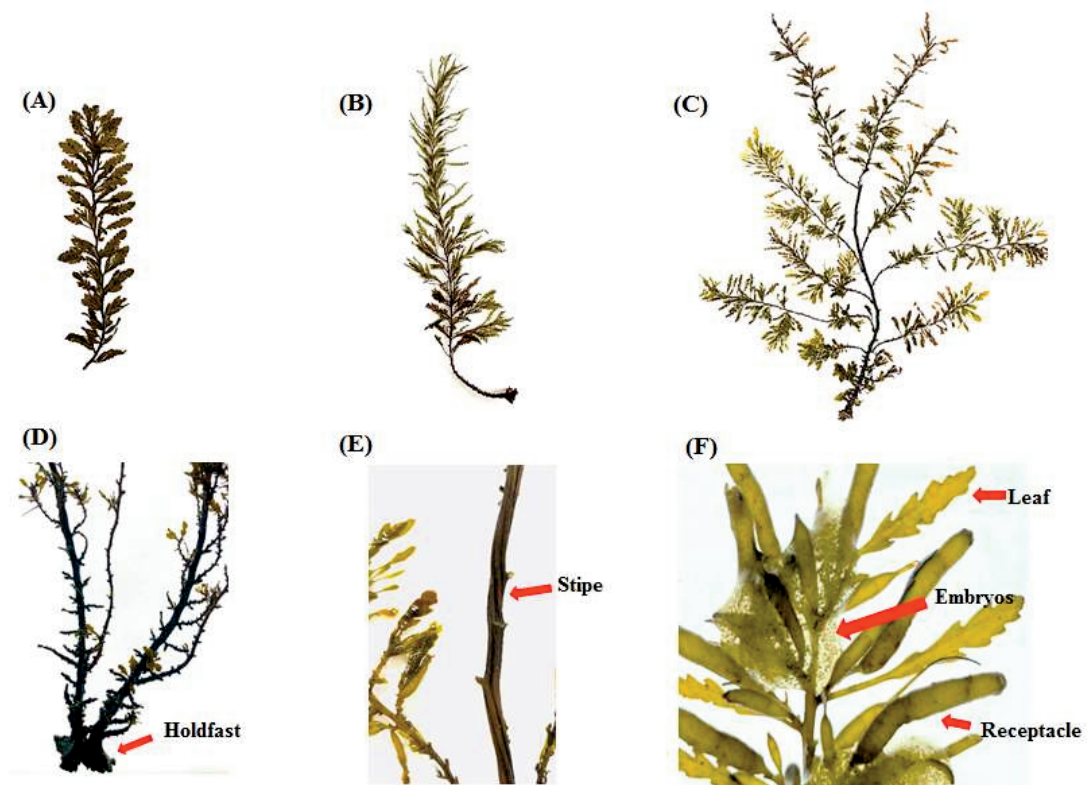


Figure 1. Appearances of *Sargassum horneri* in 2019.

(A) February (B) March (C) May (D) Holdfast (E) Stipe (F) Leaf, embryos, receptacle (G) Male receptacle in May (H) Air vesicle in May (I) Receptacle in May.

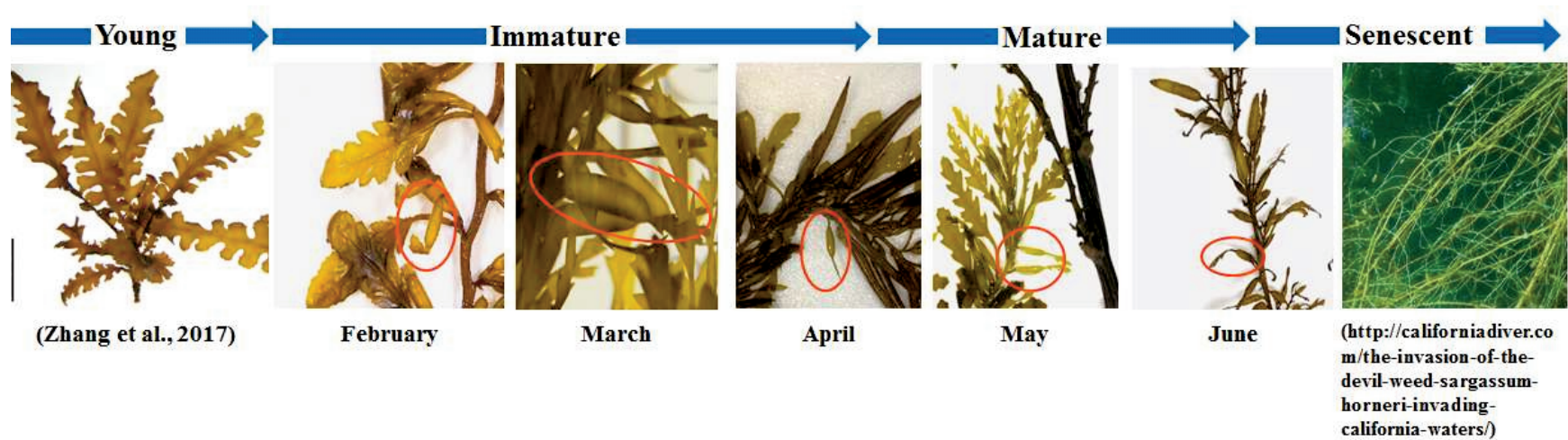


Figure 2. Air vesicle of *S. horneri* according to life cycle in 2019.

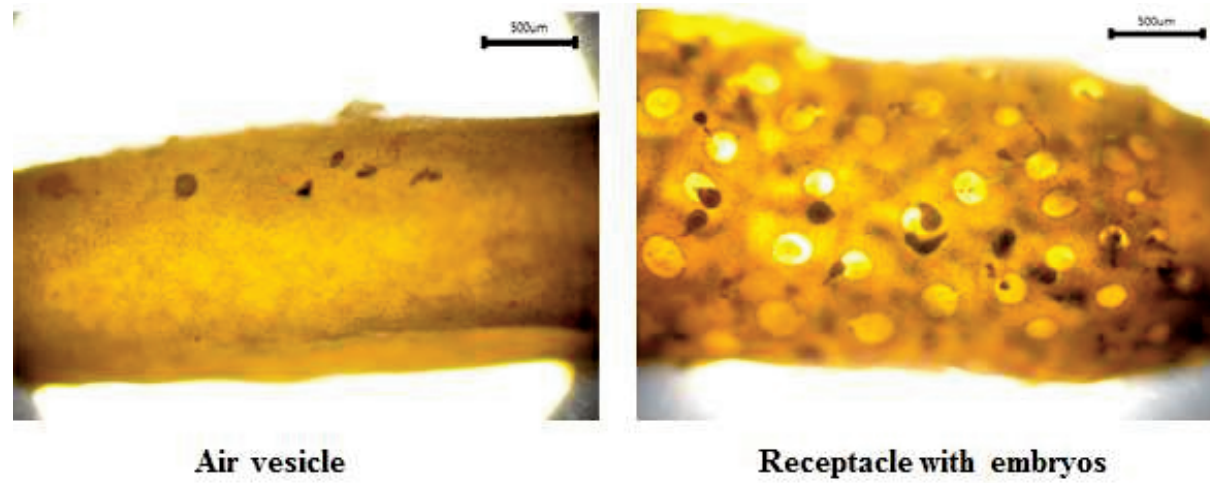


Figure 3. Optical micrograph of air vesicle and receptacle of *S. horneri* in May 2019.



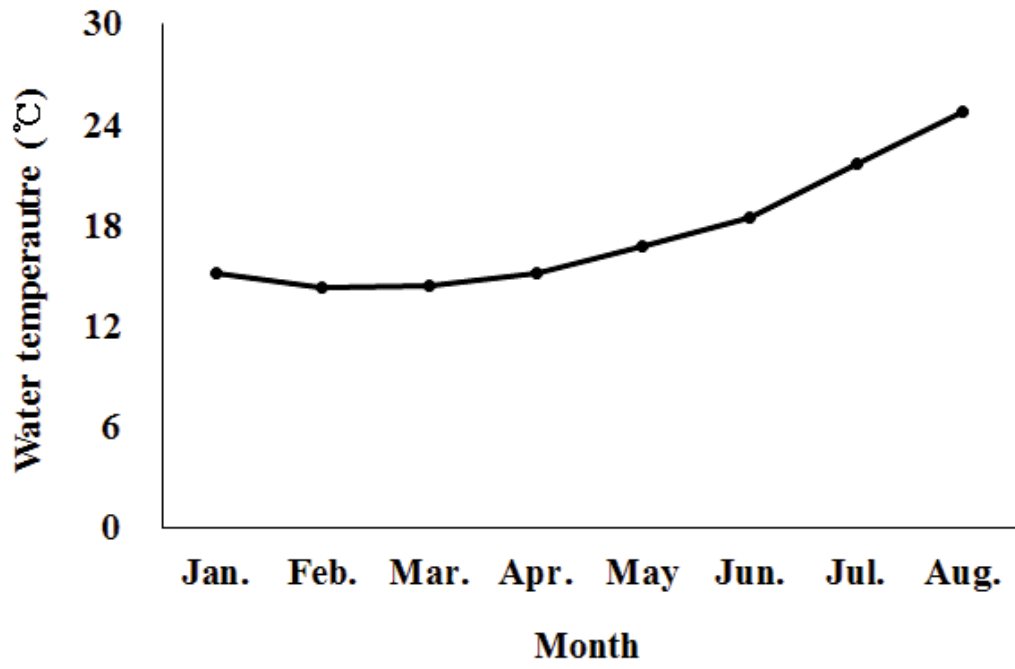


Figure 4. Sea water temperature in Jeju.

### 3.2. 일반성분 분석

채집 시기별 팽생이모자반 분말의 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서 분석된 채집 시기별 팽생이모자반 분말의 탄수화물 함량은 3월 45.12%, 4월 48.54%, 5월 52.09% 그리고 6월 59.36%로 팽생이모자반의 주요 성분이며 채집 시기가 늦을수록 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이는 점액 물질의 양이 성숙도와 fucoidan 함량이 양의 상관관계를 가지고 있는 것으로 보고한 연구(Murakami 등 2011; Kimura 등 2007)와 관련성이 있는 것으로 판단한다. 반면에 조단백질 함량은 3월 26.15%, 4월 19.76%, 5월 20.41%, 6월 18.97%로 가장 높은 함량을 나타낸 3월 이후로 감소하였다. 이러한 결과는 Hwang 등(2014)의 연구에서 기장과 완도에서 채집한 다시마의 조단백질 함량은 2월부터 7월까지 유의적으로 감소한 것과 유사한 경향을 나타내었다. 조지방 함량은 1.08-2.85%로 다른 성분에 비해 낮게 나타났으나 다른 해조류 건조물에서 관찰된 함량과 유사하였으며 채집 시기에 따른 큰 변화는 없었다(Shin 등 2013; Hwang 등 2014). 회분 함량은 3월부터 5월까지 18.00-18.62%로 유사하였으며 6월에 13.64%로 가장 낮게 나타났다.

MFDS (2017)의 식품영양성분 DB에서 모자반(*Sargassum fulvellum*)의 일반성분 함량을 비교했을 때, 탄수화물 40.80 g/100 g, 단백질 14.00 g/100 g, 지방 3.90 g/100 g, 수분 11.1 g/100 g, 회분 30.20 g/100 g로 팽생이모자반과 비교하였을 때 팽생이모자반의 탄수화물, 조단백질 함량은 높고 조지방과 회분의 함량은 낮음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 채집 시기에 따른 일반성분의 차이를 확인하였으며, 해조류의 종류, 채집 장소와 시기 그리고 성숙 정도에 따라서 일반성분의 차이를 보고한 연구들(Cho 등 1995; Park 등 1997; Hwang 등 2014)과 일치하였다. Noda 등(1971)은 김의 일반성분은 채집 장소와 시기에 따라 달라지며 생산 초기인 12월에 단백질 함량이 높고 시기가 늦을수록 단백질 함량이 줄어드는 대신에 탄수화물의 함량이 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 탄수화물과 단백질의 역상관성을 나타내어 채집 시기가 늦을수록 탄수화물 함량은 증가하고 단백질 함량은 감소하는 경향을 보여 다른 논문과 유사한 결과를 보였다. 이는 탄수화물 합성 및 단백질 농도가 수온, 빛의 강도를 포함한 여러 계절적 요

인에 의해 영향을 받는다는 것을 나타냈다(Shin 등 2013).

Table 1. Proximate composition of *S. horneri* with collecting time.

Collecting time	(% , dry weight basis)				
	Moisture	Carbohydrate <sup>1)</sup>	Crude protein	Crude lipid	Ash
March	8.54±0.32 <sup>b</sup>	45.12±0.95 <sup>c</sup>	26.15±2.23 <sup>a</sup>	1.84±0.34 <sup>b</sup>	18.35±0.93 <sup>a</sup>
April	10.85±0.76 <sup>a</sup>	48.54±1.23 <sup>b</sup>	19.76±1.73 <sup>b</sup>	2.85±0.99 <sup>a</sup>	18.00±1.45 <sup>a</sup>
May	7.80±0.92 <sup>b</sup>	52.09±1.08 <sup>b</sup>	20.41±1.75 <sup>b</sup>	1.08±0.24 <sup>b</sup>	18.62±1.39 <sup>a</sup>
June	6.31±0.38 <sup>c</sup>	59.36±0.20 <sup>a</sup>	18.97±0.14 <sup>b</sup>	1.72±0.20 <sup>b</sup>	13.64±0.08 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Carbohydrate contents are calculated as the differences between total weight and the sum of crude protein, crude lipid, moisture and ash.

Data are expressed as the mean±standard deviation (n=3).

The means in each column followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p<0.05$ .

### 3.3. 추출 수율, 총당 및 환원당 함량

채집 시기별(3월~6월) 및 추출 용매별(물, 에탄올, 70% 에탄올) 추출물의 수율, 총당 및 환원당 함량은 Table 2에 나타내었다. 열수 추출물의 수율은 11.88-16.43%로 에탄올 추출물의 수율인 1.15-6.80%보다 높았으며 월별 추출 수율을 살펴본 결과 5월에 추출 수율이 감소하였다가 6월에는 추출 수율이 다시 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

채집 시기와 추출 용매에 따른 추출물의 총당 함량은 열수 추출물이 26.18-38.98%로 에탄올 추출물인 1.82-22.26%보다 높게 나타났으며 이는 수용성 당이 에탄올보다는 물에 더 잘 용출되는 특성이 기인하는 것으로 판단된다. Na 등(2014)의 연구에서 메탄올과 에탄올 추출물보다 열수 추출물의 총당 함량이 높게 나타났다. 총당 함량의 채집 시기별 분석 결과 열수 추출물은 3월과 6월에 각각 37.76%와 38.98%로 높은 함량을 보였으며 4월에 26.18%로 가장 낮은 총당 함량을 나타내었다. 70% 에탄올 추출물은 5월에 22.26%로 3월, 4월, 6월의 총당 함량인 11.91%, 7.04%, 6.75%보다 2-3배 높은 함량을 보였다. 에탄올 추출물은 3월에 8.62%이며 3월과 4월부터 감소하여 6월에는 1.82%로 가장 낮은 총당 함량을 나타내었다. 이를 보아 열수 추출물의 총당 함량이 유의적으로 가장 높았고, 에탄올 농도에 따른 유의적 차이도 확인되었으나, 채집 시기에 따른 경향은 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다. Jin 등(2017)의 연구에서 갈조류인 지충이의 채집 시기별 총당 함량을 분석한 결과 4월 초에서 6월 중순까지 성장 기간 동안 증가하였으며 생식기가 나타난 시기인 6월 중순부터 7월 초에 가장 높은 함량을 보였다고 하였다.

추출 용매에 따른 추출물의 환원당은 열수 추출물(7.54-8.14%)보다 70% 에탄올 추출물(9.24-17.02%)과 에탄올 추출물(9.18-13.89%)이 높은 함량을 나타내었다. 반면에, 채집 시기에 따른 경향은 나타나지 않았으나 70% 에탄올 추출물과 에탄올 추출물 중에서 각각 17.02%와 13.89%로 5월에 환원당 함량이 가장 높게 나타났다. Na 등(2014)의 연구에서 추출방법에 따른 해조류 추출물의 환원당을 분석한 결과 열수 추출물이 메탄올과 에탄올 추출물보다 높은 함량을 보였으며 본 연구와는 다른 경향을 보였다. Kwon과 Youn (2015)의 연구에서 가압가열, 열수,

초고압 추출의 순으로 나타났으며 적절한 온도를 통해 해조류의 유용성분의 추출을 조절 할 수 있다고 사료하였다. 즉, 환원당함량은 해조류의 종류, 채집시기 뿐만 아니라 추출용매, 추출온도, 추출압력 등에 의해 환원당 함량을 달라질 수 있다.

Table 2. Yields, polysaccharide content, and reducing sugar content of *S. horneri* extracts with different collecting times and extraction solvents.

Extraction solvent	Collecting time			
	March	April	May	June
	(%)			
Yield				
Water	16.43±1.17 <sup>Aa</sup>	15.53±0.95 <sup>Aa</sup>	11.88±2.44 <sup>Aa</sup>	15.80±1.20 <sup>Aa</sup>
70% Ethanol	6.45±0.64 <sup>Ab</sup>	4.78±0.32 <sup>ABb</sup>	1.15±0.28 <sup>Cb</sup>	3.65±0.78 <sup>Bb</sup>
Ethanol	2.47±0.18 <sup>Bc</sup>	2.58±0.39 <sup>Bb</sup>	1.83±0.32 <sup>Bb</sup>	6.80±0.42 <sup>Ab</sup>
Polysaccharide				
Water	37.76±2.33 <sup>ABa</sup>	26.18±2.65 <sup>Ca</sup>	34.58±2.03 <sup>Ba</sup>	38.98±4.33 <sup>Aa</sup>
70% Ethanol	11.91±1.39 <sup>Bb</sup>	7.04±1.13 <sup>Cb</sup>	22.26±5.60 <sup>Ab</sup>	6.75±0.80 <sup>Cb</sup>
Ethanol	8.62±1.23 <sup>Ac</sup>	6.30±1.31 <sup>Bb</sup>	6.45±1.37 <sup>Bc</sup>	1.82±0.29 <sup>Cc</sup>
Reducing sugar				
Water	8.14±0.41 <sup>Ac</sup>	7.87±0.10 <sup>Bc</sup>	7.54±0.08 <sup>Cc</sup>	7.86±0.12 <sup>Bc</sup>
70% Ethanol	9.78±0.34 <sup>Bb</sup>	9.24±0.61 <sup>Bb</sup>	17.02±1.09 <sup>Aa</sup>	9.82±0.92 <sup>Ba</sup>
Ethanol	10.57±0.98 <sup>Ca</sup>	11.72±1.40 <sup>Ba</sup>	13.89±0.58 <sup>Ab</sup>	9.18±0.24 <sup>Db</sup>

Data are expressed as the mean±standard deviation of (n=3).

<sup>a-c</sup>The means in each column followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

<sup>A-D</sup>The means in each row followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

### 3.4. 총 폴리페놀 함량

본 실험에 분석한 갯쟁이모자반의 채집 시기별 및 추출 용매별 총 폴리페놀 화합물 함량은 Fig 2에 나타내었다. 70% 에탄올 추출물은 3월부터 6월까지 총 폴리페놀 화합물 함량이 가장 높게 나타났다. 70% 에탄올 추출물 다음으로 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 화합물 함량이 높았으며 열수 추출물이 가장 낮은 함량을 나타내었다. 이는 총 폴리페놀이 유기용매와 반응하기에 적합한 hydroxyl group이 포함된 입체구조 화합물이기 때문이라 사료하였다(Son 등 2016). 또한, 채집 시기별로 모든 용매 추출물에서 5월에 총 폴리페놀 화합물이 가장 높게 나타났다.

5월에 총 폴리페놀 함량이 70% 에탄올 추출물 244.43 mg GAE/g of extract, 에탄올 추출물 56.43 mg GAE/g of extract, 열수 추출물 24.61 mg GAE/g of extract 순으로 가장 높은 함량을 보였고 열수 추출물은 4월에 6.81 mg GAE/g of extract로 낮았으며 에탄올 추출물의 경우 6월의 총 폴리페놀 함량이 70% 에탄올 추출물 51.19 mg GAE/g of extract와 에탄올 추출물 11.72 mg GAE/g of extract로 5월보다 4배 정도 낮은 함량을 보였다.

Kang 등(2018)의 연구에서 물김 원초의 생산 시기별, 지역별 총폴리페놀 함량을 비교한 결과 낙동김 원초(부산, 2018년 12월)가 237.25 mg GAE/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈으며 고흥김 원초(전남, 2019년 3월)가 41.84 mg GAE/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 생산 시기별로 모든 지역의 물김 원초에서 12월에 총폴리페놀 함량이 가장 높게 나타났으며 이후 점점 감소하는 경향을 보였다.

Mannino 등(2014)의 연구에서 *Cystoseira amentacea*는 수온이 증가하는 봄(0.17%)부터 총폴리페놀 함량이 증가하는 경향을 보이며 여름(0.57%)에 가장 높은 함량을 나타냈으며 수온이 감소하는 가을부터 폴리페놀 함량이 감소하기 시작하여 겨울에 가장 낮은 총폴리페놀 함량을 보였다. *Dictyopteris polypodioides*는 수온이 증가하는 봄부터 여름에 총폴리페놀 함량이 감소하다가 수온이 감소하는 가을과 겨울에 총폴리페놀 함량이 증가하였으며 수온이 가장 낮은 겨울에 0.95%로 가장 높은 함량을 나타냈다. 이를 통해 *C. amentacea*는 해수 온도 및 중간 태양 복사와의 상관관계는 양의 값을 가졌으며 *D. polypodioides*는 음의 상



관관계를 나타내는 것을 알 수 있다. 두 종 모두에서 총 폴리페놀 함량의 계절적 차이가 관찰되었지만, 패턴은 다르게 나타났다. 이는 두 종간의 성장 시기에 따른 차이가 영향을 미쳤을 것으로 판단되며 일반적으로 *C. amentacea*는 여름에, *D. polypodioides*는 가을부터 봄에 성체로 존재한다. 따라서 총폴리페놀 함량은 일반적으로 수온, 광량 및 채집 지역과 같은 자연환경과 관련이 있으며 해조류의 종 및 생식 상태와도 관련이 있다(Stiger 등 2004; Swanson & Druehl 2002).

Kim 등(2013)의 연구에서 식용해조류의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과 톳을 75% 에탄올로 추출하였을 때 총 폴리페놀 함량( $52.82 \mu\text{g}/\text{mg}$ )을 보였으며 물로 추출하였을 때는  $43.82 \mu\text{g}/\text{mg}$ 의 총 폴리페놀이 추출되었으며 시험 된 6종(미역, 톳, 다시마, 김, 꼬시래기, 과래) 해조류의 총 폴리페놀의 함량은 에탄올 추출물이 열수 추출물보다 더 높다는 것을 보고하였다( $p < 0.05$ ). Kim 등(2016)의 연구에서 제주도 연안 서식 해조류 70% 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과, 대개 갈조류의 총 폴리페놀 함량이 홍조류와 녹조류에 비해 높은 것으로 나타났다. 식품원료로 등록된 갈조류 중 파베기모자반(2.70%), 알송이모자반(4.94%), 지층이(4.44%), 톱니모자반(8.35%)의 총 폴리페놀 함량을 보고하였다 Kim 등(2016).

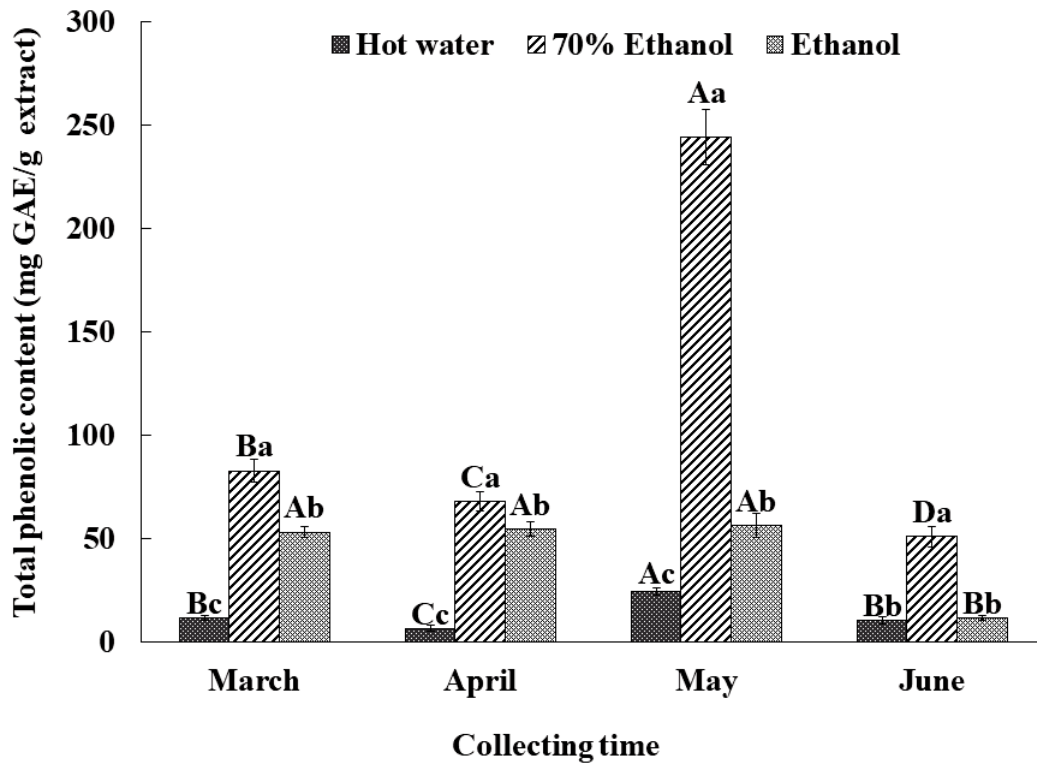


Figure 5. Total phenolic content of *S. horneri* extracts.

<sup>a-c</sup>The means with different extraction solvents followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

<sup>A-D</sup>The means with different collecting times followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

### 3.5. DPPH radical scavenging activity

본 실험에 분석한 팽생이모자반의 채집 시기별 및 추출 용매별 DPPH radical 소거 활성은 Fig 3에 나타내었다. 각 시료를 1 mg/mL의 농도로 희석한 후 비교한 결과 열수 추출물보다 에탄올 추출물의 소거 활성이 유의적으로 높게 나타났다. 이는 대개 에탄올 추출물이 물 추출물보다 DPPH 라디칼 소거 활성이 더 높은 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Kim 등 2013; Cho 등 2013).

에탄올 추출물 3월과 4월 소거 활성은 91.03%와 93.30%로 가장 높았으며 이는 양성 대조구로 사용된 ascorbic acid (1 mg/mL)의 DPPH radical 소거 활성은 93.91%와 유사한 값을 나타냈다. 5월부터 감소하여 6월에는 가장 낮은 32.25%를 보였다. 70% 에탄올 추출물의 경우 3월과 5월에 88.07%와 89.93%로 높았으며 6월에 69.95%로 가장 낮았다. 열수 추출물의 경우 세 추출물 중 비교적 낮은 소거 활성을 보였으나 5월에 58.50%로 소거 활성에 효과가 있음을 나타내었으며 3월에 38.86%로 가장 낮은 소거 활성을 나타내었다. 따라서 팽생이모자반의 추출물은 효과적으로 DPPH radical 소거 활성을 가지는 것으로 판단된다.

Fellah 등(2017)의 연구에서 갈조류인 *Halopteris scoparia*와 *Zonaria tournefortii*를 2013년 12월, 2014년 6월과 9월에 채집하였고 각각의 계절은 가을, 봄 그리고 여름이다. *H. scoparia*의 DPPH radical 소거 활성은 가을(11.12 mg GAE/100g), 봄(7.77 mg GAE/100g) 여름(5.32 mg GAE/100g)으로 감소하는 경향을 나타냈으며, *Z. tournefortii*은 가을(3.73 mg GAE/100g), 봄(6.61 mg GAE/100g) 여름(12.08 mg GAE/100g)의 활성을 보였고 증가하는 경향을 나타내었다. 계절에 따른 라디칼 소거 활성의 차이를 보였으나 패턴은 다르게 나타났다.

Kim 등(2016)의 연구에서 제주도 연안 서식 해조류 70% 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거 활성을 통해 항산화 효과를 확인한 결과, 식품원료로 등록된 갈조류 중 파배기모자반과 톱니모자반이 0.625 mg/mL에서 각각 75.68%, 70.73%의 활성을 나타냈으며 1.25 mg/mL의 농도에서 톱니모자반 84.05%의 높은 소거 활성을 보였다. 결과에 따르면 갈조류의 DPPH radical 소거 활성이 녹조류와 홍조류에 비하여 우수하게 나타났으며 이는 갈조류에 우수한 항산화 활성을 가

지는 플로로탄닌(phlorotannin)이 많이 함유되어 있어 높게 나온 것으로 보고하였다(Kim 등 2006; Nagayama 등 2002; Kamiya 등 2010; Steinberg 등 1995).

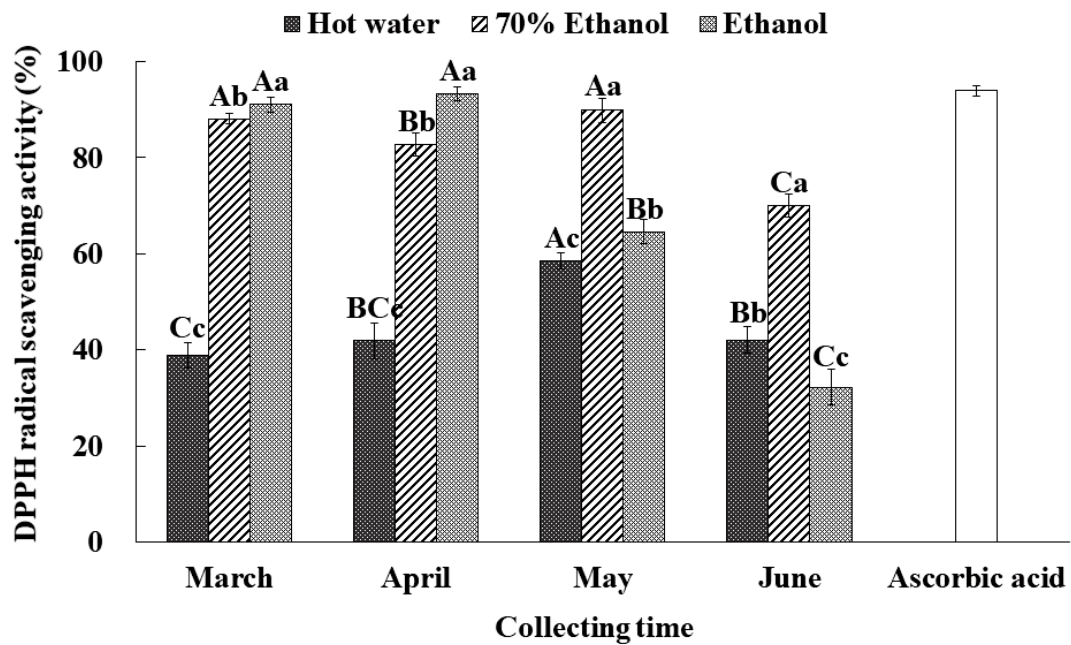


Figure 6. DPPH radical scavenging activity of *S. horneri* extracts.

<sup>a-c</sup>The means with different extraction solvents followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

<sup>A-D</sup>The means with different collecting times followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

### 3.6. ABTS radical scavenging activity

팽생이모자반의 채집 시기별 및 추출 용매별 ABTS radical 소거 활성은 Fig 4에 나타내었다. 각 시료를 1 mg/mL의 농도로 희석한 후 비교한 결과 70% 에탄올 추출물의 소거 활성이 유의적으로 높게 나타났다. Fu 등(2016)은 *Sargassum polycystum* 추출 시 에탄올 농도가 높아지면서 ABTS radical 소거 활성이 높아지는 것을 보고하였으며 에탄올 농도가 50% 이상 부터는 유사한 활성을 나타냈다. 그러나 물 추출물이 열수 추출물과 에탄올 추출물보다 ABTS radical 소거 활성이 뛰어나다는 연구들도 있으며, 이는 추출 시료, 용매, 온도, 시간 등에 영향을 받는 것으로 보고되었다(Hwang 등 2014; Tariq 등 2015; Steffy 등 2013).

에탄올 추출물 3월의 소거 활성은 51.36%로 가장 높았으며 4월부터 점차 감소하여 6월에는 가장 낮은 14.59%를 보였다. 70% 에탄올 추출물의 경우 5월에 91.96%로 가장 높았으며 이는 양성 대조구로 사용된 ascorbic acid (1 mg/mL)의 ABTS radical 소거 활성은 94.42%와 유사한 값을 나타냈으며, 6월에 57.25%로 가장 낮았다. 열수 추출물의 경우 세 용매 중 비교적 낮은 소거 활성을 보였으나 5월에 31.99%로 소거 활성에 효과가 있음을 나타내었다. 70% 에탄올 추출물과 열수 추출물은 계절에 따른 유사한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 DPPH radical 소거 활성과 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 팽생이모자반의 추출물은 효과적으로 ABTS radical 소거 활성을 가지는 것으로 판단된다.

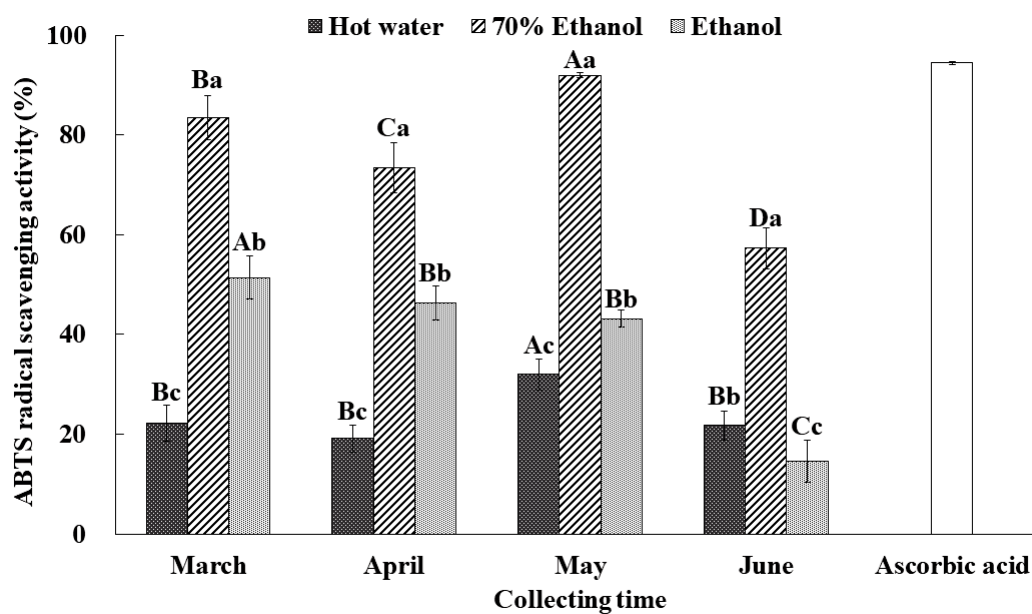


Figure 7. ABTS radical scavenging activity of *S. horneri* extracts.

<sup>a-c</sup>The means with different extraction solvents followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

<sup>A-D</sup>The means with different collecting times followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

### 3.6. FRAP (Ferric reducing antioxidant power)

팽생이모자반의 채집 시기별 및 추출 용매별 FRAP은 Fig 5에 나타내었다. FRAP의 경우 1mg/ml 농도에서 열수 추출물은 7.02-7.15 mM의 수준으로 채집 시기에 따른 유의적인 차이는 없었다. 70% 에탄올 추출물은 3월과 4월에 6.58-6.90 mM에서 5월에 8.06 mM로 증가하였다가 6월에는 5.15 mM로 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 에탄올 추출물은 열수 추출물과 70% 에탄올 추출물보다 낮은 값을 나타냈다. 3월과 4월에 3.36-3.60 mM에서 5월에 4.57 mM로 증가하였다가 6월에는 2.95 mM로 감소하는 경향을 나타내었으며 이는 70% 에탄올 추출물의 경향과 유사하였다. Yarnpakdee 등(2019)의 연구에서 녹조류인 *Cladophora glomerata* 추출 시 에탄올 농도에 따른 FRAP 값을 본 결과, 에탄올 농도가 0%부터 60%까지 증가하면서 FRAP 값도 점차 증가하여 가장 높은 값을 보였으며 80%부터는 감소하였다. Maqsood 등(2015)의 연구에서도 에탄올 농도가 60%일 때 최댓값을 나타냈다.



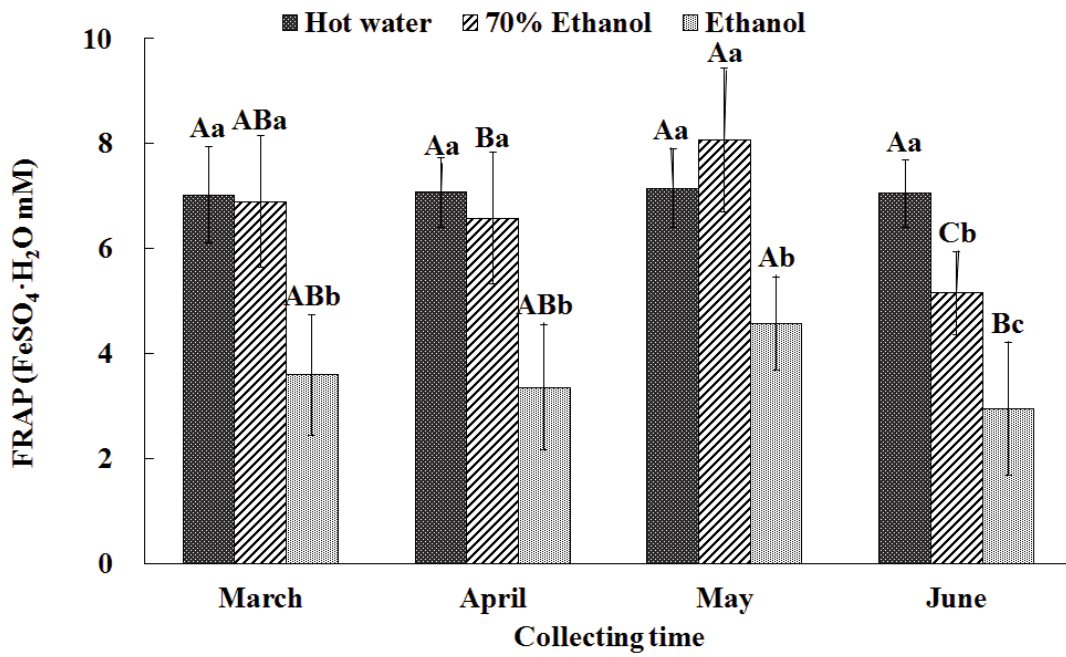


Figure 8. FRAP of *S. horneri* extracts.

<sup>a-c</sup>The means with different extraction solvents followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

<sup>A-D</sup>The means with different collecting times followed by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at  $p < 0.05$

## 4. 결론

본 연구에서는 팽생이모자반을 2019년 2월부터 2019년 6월까지 제주특별자치도 제주시 인근 연안에서 매월 채집하여 계절에 따른 외부 형태학적 변화와 일반성분을 조사하고 추출 용매를 달리하여 총폴리페놀 함량 및 항산화 활성을 확인하고자 하였다. 팽생이모자반의 생장 변화는 초봄, 늦봄-초여름, 늦여름 형태에 뚜렷한 차이를 보였다. 팽생이모자반 건조물의 탄수화물 함량은 채집 시기가 늦을수록 유의적으로 증가하였으나, 조단백질 함량은 채집 시기가 늦을수록 감소하였다. 조지방 함량은 다른 해조류에서 관찰된 함량과 유사하였다. 추출물의 수율은 열수 추출물이 유의적으로 높았다. 총당 함량은 열수 추출물이 에탄올 추출물보다 높게 나타났으며, 추출물마다 총당 함량의 채집 시기에 따른 경향은 다르게 나타났다. 총폴리페놀 함량, DPPH와 ABTS radical 소거 활성은 70% 에탄올 추출물 중 5월에 가장 높게 나타났다. FRAP 값은 6월을 제외한 열수 추출물과 70% 에탄올 추출물은 유의적인 차이를 보이지 않았으며 에탄올 추출물이 가장 낮은 값을 나타냈다.

이상의 결과에서 채집 시기 중 개체 수가 많고 탄수화물 함량 및 조단백질 함량이 높고 조지방 함량이 낮으며 총폴리페놀 함량과 항산화 활성이 좋은 5월이 적기라고 판단된다. 열수 추출물과 에탄올 추출물 중 추출 수율은 낮으나, 총폴리페놀 함량이 많으며 및 항산화 활성이 높게 나타난 70% 에탄올 추출물이 가장 적합한 용매로 판단되며 팽생이모자반은 식품으로서의 이용가치가 매우 크며, 팽생이모자반 추출물은 항산화 활성이 있음을 확인할 수 있었다.

## 국문 요약

굉생이모자반(*Sargassum horneri*)은 우리나라, 일본 및 중국 연안에 널리 분포하는 거대 갈조류로 우리나라 동·남해안과 제주도에 군락을 형성하고 있다. 1년생 식물로 대개 초봄부터 성장을 시작하여 4월부터 성숙하기 시작하여 7월까지 수정을 완료한 후 해조류의 잎의 상부로부터 유실되는 특징을 가진다.

본 연구에서는 제주 연안의 굉생이모자반을 대상으로 계절에 따른 외부 형태학적 변화와 영양성분을 조사하고 추출 용매를 달리하여 총폴리페놀 함량 및 항산화 활성을 확인하고자 하였다.

굉생이모자반의 채집은 2019년 2월부터 2019년 6월까지 제주특별자치도 제주시 인근 연안에서 매월 실시하였다. 채집 시기마다 줄기, 잎, 기낭의 모양, 생식기의 유무 외부형태와 특징을 관찰하였다. 생체는 짙은 갈색이며 부착기로부터 세로로 꼬인 홈이 있는 줄기가 나와 자라며 줄기 하부에는 가지 모양의 돌기가 나타난다. 잎은 톱니 모양이며 줄기의 하부에 있는 잎이 상부에 비하여 두꺼웠으며 6월에는 줄기 상부로 갈수록 대부분 선형의 얇은 잎이 차지하였다. 기낭은 타원형으로 2월부터 6월까지 대부분 관찰할 수 있었으며 6월의 기낭은 2월보다 지름의 두께가 얇다. 생식기는 4월부터 나타났으며 5월에 가장 많은 생식기를 관찰할 수 있었다. 수컷 생식기는 얇고 긴 모양을 가졌으며 암컷 생식기는 짧고 원형의 모양을 나타냈다. 굉생이모자반의 채집 시기에 따른 성장 변화는 초봄, 늦봄-초여름, 늦여름에 형태에 뚜렷한 차이를 보였다.

굉생이모자반의 탄수화물 함량은 채집 시기가 늦어질수록 유의적으로 증가하였다. 반면에 조단백질 함량은 감소하는 경향을 나타냈으며 조지방 함량은 1.08-2.85%로 4월에 가장 높은 함량을 보였으나 다른 성분에 비해 낮으며 다른 해조류 건조물에서 관찰된 함량과 유사하였다.

굉생이모자반 채집 시기별 열수 추출물과 70%, 99% 에탄올 추출물을 제조하여 수율, 총당, 환원당, 총폴리페놀 함량 및 항산화 활성을 분석·비교하였다. 이때 모든 추출물의 농도는 1 mg/mL이다. 열수 추출물의 수율은 11.88-16.43%로 에탄올 추출물의 수율인 1.15-6.80%보다 높았으며 채집 시기에 따른 추출 수율을

비교한 결과 열수 추출물과 에탄올 추출물 모두 5월에 감소하였다가 6월에는 추출 수율이 다시 증가하였다. 총당 함량은 열수 추출물이 26.18-38.98%로 70%와 에탄올 추출물보다 높게 나타났으며 추출물마다 채집 시기에 따른 총당 함량의 경향은 다르게 나타났다. 환원당 함량은 에탄올 추출물이 열수 추출물보다 높게 나타났으며 70% 에탄올 추출물의 5월 환원당 함량이 가장 높게 나타났다. 총폴리페놀 함량은 70% 에탄올 추출물, 에탄올 추출물, 열수 추출물 순으로 나타났으며 각각 51.19-244.43, 11.72-56.43, 6.81-24.61 mg GAE/g of extract이다. 모든 추출물에서 5월에 총폴리페놀 함량이 가장 높으나 6월에는 감소하였다. 추출 용매에 따른 DPPH radical 소거 활성은 70% 에탄올 추출물, 에탄올 추출물, 열수 추출물 순으로 나타났으며 채집 시기에 따른 차이는 열수 추출물과 70% 에탄올 추출물은 5월에 가장 높은 소거 활성을 보이다가 6월에 감소하고 에탄올 추출물은 3월과 4월에 높은 활성을 보이다가 5월부터 감소하였다. 추출 용매에 따른 ABTS radical 소거 활성은 70% 에탄올 추출물, 에탄올 추출물, 열수 추출물 순으로 나타났으며 채집 시기에 따른 ABTS radical 소거 활성을 보았을 때, DPPH radical 소거 활성과 유사한 경향을 보였다. FRAP 값은 6월을 제외한 열수 추출물과 70% 에탄올 추출물은 유의적인 차이를 보이지 않았다. DPPH radical 소거 활성과 ABTS radical 소거 활성과 달리 에탄올 추출물이 열수 추출물보다 낮게 나타났다.

## 참고문헌

- AOAC. (2005). Official methods of analysis. 18th ed. Association of official analytical chemists, Washington D.C., U.S.A.
- Balboa E, Gallego Fabrega C, Moure A, Domínguez H. (2015). Study of the seasonal variation on proximate composition of oven dried *Sargassum muticum* biomass collected in Vigo Ria, Spain. Journal of Applied Phycology, 28(3), 1943-1953.
- Benzie IFF & Strain JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239(1), 70 - 76.
- Chang KW, Kim HG, Cho CH. (1997). Antibacterial effects of *Sargassum horneri* extract to the Streptococcus mutans and Streptococcus. The Journal of the Korean Academy of Dental Health, 21(2), 379-388.
- Fellah F, Louaileche H, Dehbi-Zebboudj A, Touati N. (2017). Seasonal variations in the phenolic compound content and antioxidant activities of three selected species of seaweeds from Tiskerth islet, Bejaia, Algeria. Journal of Materials and Environmental Sciences, 8(12), 4451-4456.
- Folin O & Denis W (1912). On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. Journal of Biological Chemistry, 12(2), 239-243.
- Fu CWF, Ho CW, Yong WTL, Abas F, Tan TB, Tan CP. (2016). Extraction of phenolic antioxidants from four selected seaweeds obtained from Sabah. International Food Research Journal, 23(6), 2363-2369.
- Horiguchi Y, Noda H, Naka M. (1971). Biochemical studies on marine algae-VI. Concentration of selenium in marine algae and its importance as a trace metal for the growth of lavers. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 37, 996 - 1001.
- Hwang JH, Kim NG, Woo HC, Rha SJ, Kim SJ, Shin TS. (2014). Variation in the chemical composition of *Saccharina Japonica* with harvest area and

- culture period. *Journal of Aquaculture Research and Development*, 5(7), 286-292.
- Jeong DY, Jeong DI, Jeong SM, Kim YJ. (2017). Production of bioethanol via *Sargassum horneri* fermentation. *Journal of the Korean Society of Urban Environment*, 17(1), 19-24.
- Jin W, Liu G, Zhong W, Sun C, Zhang Q. (2017). Polysaccharides from *Sargassum thunbergii*: Monthly variations and anti-complement and anti-tumour activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1526-1531.
- Kamiya M, Nishio T, Yokoyama A, Yatsuya K, Nishigaki T, Shinya Y, Ohki K. (2010). Seasonal variation of phlorotannin in sargassacean species from the coast of the Sea of Japan. *Phycological Research*, 58(1), 53-61.
- Kang JW. (1968). Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea vol. 8. Marine algae. Ministry of Education, Seoul, 162-165 pp.
- Kang MG, Jeong MC, Park SK, Lee JW, Cho JH, Eom SH, Huh MK, Kim YM. (2018). Analysis of seasonal and regional changes in major food components of raw laver *Pyropia* sp. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51(5), 510-517.
- Kim BM, Joon YJ, Park YB, Jeong IH. (2006). Antioxidative activity of methanolic extracts from seaweeds. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 35(8), 1097-1101.
- Kim DI & Hong JH. (2012). Optimization of ethanol extraction conditions for functional components from *Lespedeza cuneata* using response surface methodology. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 28(3), 275 - 283.
- Kim DS, Sung NY, Park SY, Kim G, Eom J, Yoo JG, Seo IR, Han IJ, Cho YB, Kim KA. (2018). Immunomodulating activity of *Sargassum horneri* extracts in RAW264.7 macrophages. *Journal of Nutrition and Health*, 55(6), 507-514.
- Kim H & Lee SW. (2007). The effects of quercetin on paraquat-induced

- cell damage. Journal of the Korean Society of Emergency Medicine, 18(1), 41-47.
- Kim JH, Park LY, Lee SH. (2016). Seaweed fermentation and probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from Korean traditional foods. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 45(10), 1481-1487.
- Kim KN, Heo SJ, Cha SH, Jeon YJ. (2006). Evaluation of DPPH radical scavenging activity of Jeju seaweeds using high throughput screening (HTS) technique. Journal of Marine Bioscience and Biotechnology, 1(3), 170-177.
- Kim NG. (2015). Effects of temperature, photon irradiance, and photoperiod on the growth of embryos of *Sargassum horneri* in laboratory culture. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48(1), 76-81.
- Kim SJ, Lee GS, Moh SH, Park JB, Auh CK, Chung YJ, Ryu TK, Lee TK. (2013). Phenolic contents and antioxidant activities of six edible seaweeds. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 14(6), 3081-3088.
- Kim TH, Ko SC, Oh GW, Park HH, Lee DS, Yim MJ, Lee J, Yoo J, Kim CS, Choi IW, Jung WK. (2016). Studies on bioactive substances and antioxidant activities of marine algae from Jeju Island. Journal of Marine Bioscience and Biotechnology, 8(1), 30-38.
- Kwak YH, Bai SC, Kim DJ. (2010). Estimated availability and major minerals (Ca, P and Mg) contents bound neutral detergent Fiber (NDF) of Seaweeds. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 39(7), 1073 - 1077.
- Kwon YR & Youn KS. (2015). Quality characteristics of *Hijikia fusiforme* extracts with different extraction method. Korean Journal of Food Preservation, 22(1), 70-77.
- Lee DS, Pyeun JH, Cho DM, Kim HR, Kim DS. (1995). Originals; trace



- components and functional saccharides in seaweed-1 Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 28(1), 49-59.
- Lee SG, Oh SC, Jang JS. (2015). Antioxidant activities of citrus *unshiu* extracts obtained from different solvents. The Korean journal of food and nutrition, 28(3), 458 - 464.
- Mannino A. (2014). Seasonal variation in total phenolic content of *Dictyopteris polypodioides* (Dictyotaceae) and *Cystoseira amentacea* (Sargassaceae) from the Sicilian coast. Flora Mediterranea, 24(24), 39-50.
- Maqsood S, Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Sumpavapol P, Abushelaibi A. (2015). Antioxidant activity of date (*Phoenix dactylifera* var. Khalas) seed and its preventive effect on lipid oxidation in model systems. International Food Research Journal, 22(3), 1180-1188.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2017. Food and Nutrient Databas e. Retrieved from [https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodnutrient/advancedSearch.do?menu\\_grp=MENU\\_NEW03&menu\\_no=2833](https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodnutrient/advancedSearch.do?menu_grp=MENU_NEW03&menu_no=2833) on Oct 22, 2018.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Korea food code. Retrieved from [https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_01.jsp](https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp) on Jun 30, 2018.
- Moon KM, Hyun SH, Heo MS. (2018). Phylogenetic diversity and community structure of microbiome isolated from *Sargassum horneri* off the Jeju Island Coast. Journal of Life Science, 28(10), 1179-1185.
- Murakami K, Yamaguchi Y, Noda K, Fujii T, Shinohara N, Ushirokawa T, Sugawa-Katayama Y, Katayama M. (2011). Seasonal variation in the chemical composition of a marine brown alga, *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh. Journal of Food Composition and Analysis, 24(2), 231-236.
- Murakami K, Yamaguchi Y, Sugawa-Katayama Y, Katayama M. (2016). Effect of water depth on seasonal variation in the chemical composition of Akamoku, *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh. Natural Resources, 7(4),



147-156.

- Na HS, Kim JY, Park JS, Choi GC, Yang SI, Lee JH, Cho JY, Ma SJ. (2014). Characteristics of marine algae extracts using subcritical water extract method. *Korean Journal of Food Preservation*. 21(1), 62-68.
- Nagayama K, Iwamura Y, Shibata T, Hirayama I, Nakamura T. (2002). Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 50(6), 889-893.
- Pang S, Liu F, Shan T, Gao S, Zhang Z. (2009). Cultivation of the brown alga *Sargassum horneri*: Sexual reproduction and seedling production in tank culture under reduced solar irradiance in ambient temperature. *Journal of Applied Phycology*, 21(4), 413-422.
- Park HM, Hong JH. (2014). Effect of extraction methods on antioxidant activities of *Mori ramulus*. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43(11), 1709-1715.
- Park KH, Park MA, Jang H, Kim EK and Kim YH. (1999). Removal of heavy metals, Cd(II) and Pb(II) ions in water by *Sargassum horneri*. *Analytical Science and Technology*, 12(3), 196-202.
- Park YH, Jang DS, Kim SB. (1997). Processing of the sea food. Hyungsul Press, Seoul, Korea, 166-168.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231 - 1237.
- Saha SK & Brewer CF. (1994). Determination of the concentrations of oligosaccharides, complex type carbohydrates, and glycoproteins using the phenol-sulfuric acid method. *Carbohydrate Research*, 254(C), 157-167.
- Sappati PK, Nayak B, VanWalsum GP, Mulrey OT. (2018). Combined effects of seasonal variation and drying methods on the physicochemical properties

- and antioxidant activity of sugar kelp (*Saccharina latissima*). *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1311–1332.
- Shin DM, An SR, In SK, Koo JG. (2013). Seasonal variation in the dietary fiber, amino acid and fatty acid contents of *Porphyra yezoensis*. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(4), 337–342.
- Shin YS. (2018). The research for cosmetic component about algae complex including of *Sargassum horneri* and *Enteromorpha prolifera* extracts. *Korean Society of Cosmetics and Cosmetology*, 8(2), 135–147.
- Steffy JA, Parveen MH, Durga V, Manibalan S. (2013). Extraction purification of phlorotannins from different species of marine algae and evaluation of their anti-oxidant potential. *Research Journal of Engineering and Technology*, 4(4), 163–168.
- Steinberg PD. (1995). Seasonal variation in the relationship between growth rate and phlorotannin production in the kelp, *Ecklonia radiata*. *Oecologia*, 102(2), 169–173.
- Stiger V, Deslandes E, Payri CE. (2004). Phenolic contents of two brown algae *Turbinaria ornata* and *Sargassum mangarevense* on Tahiti (French Polynesia): interspecific, ontogenic and spatio-temporal variations. *Botanica Marina*, 47(5), 402–409.
- Swanson AK, Druehl L. (2002). Induction, exudation and the UV protective role of kelp phlorotannins. *Aquatic Botany*, 73(3), 241–253.
- Tariq A, Athar M, Ara J, Sultana V, Ehteshamul-Haque S, Ahmed M. (2015). Biochemical evaluation of antioxidant activity in extracts and polysaccharide fractions of seaweeds. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 1(11), 47–62.
- Uchida T. (1993). The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *Journal of Phycology*, 29(2), 231–235.
- Yarnpakdee S, Benjakul S, Senphan T. (2019). Antioxidant activity of the extracts from freshwater macroalgae (*Cladophora glomerata*) grown in

Northern Thailand and its preventive effect against lipid oxidation of refrigerated eastern little tuna slice. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(3), 209-219.

Yoshida G, Arima S, Terawaki T. (1998). Growth and maturation of the “autumn-fruiting type” of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) and comparisons with the “spring-fruiting type.” *Phycological Research*, 46(3), 183 - 189.

Yoshida G, Yoshikawa K, Terawaki T. (2001). Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea. *Fisheries Science*, 67(6), 1023-1029.

Yoshikawa S, Kamiya M, Ohki K. (2014). Photoperiodic regulation of receptacle induction in *Sargassum horneri* (Phaeophyceae) using clonal thalli. *Phycological Research*, 62(3), 206-213.

## 감사의 글

어느덧 2년의 석사과정을 마치고 학위 논문을 제출하게 되었습니다. 지난 2년 동안 많은 관심과 애정, 아낌없는 조언으로 도움을 주신 많은 분들께 감사의 마음을 표현하고자 합니다.

우선 바쁘신 와중에도 적극적으로 이끌어주신 천지연 교수님께 감사합니다. 대학교 4학년부터 실험실에 들어와 많이 서툰고 부족했던 저를 항상 웃음으로 맞아주시며 자상한 가르침을 주시고 긍정적인 마인드를 가질 수 있게 해주신 우리 천지연 교수님께 다시 한 번 깊은 감사드립니다. 그리고 철없는 2학년이었던 저에게 수업시간에 질문을 던져 식품공학에 관한 호기심을 심어주시고 언제나 아낌없는 가르침을 주신 임상빈 교수님, 대학원 수업과 논문까지 세심한 배려와 조언을 해주신 김현정 교수님께 진심어린 감사드립니다. 또한 대학교 4년, 대학원 2년이라는 긴 시간 동안 좋은 가르침을 주신 고영환, 박은진 교수님께도 깊은 감사드립니다.

같이 식품가공방에 들어와 대학원 생활동안 서로 힘이 되어 주었던 효석 오빠, 지은이 너무 고맙고 1년 먼저 졸업한 동완 오빠와 부족한 우리 뒤를 따라온 하영이, 두리, 은성이, 혜윤이, 지희, 한별님, 우리 실험실 가족에게 감사의 마음을 전하며 대학원을 무사히 마칠 수 있도록 도움을 주신 만재쌤, 재희쌤, 유리쌤, 동신 오빠, 효진 언니께 감사드립니다. 그리고 대학원 입학 동기인 윤형 오빠, 란이 언니 좋은 동기들을 만나서 즐거운 대학원 생활을 보낼 수 있었음에 감사드립니다.

마지막으로 힘들 때마다 응원해주고 막내딸을 항상 자랑스러워해 준 엄마, 아빠, 희정 언니, 현정 언니, 유정 언니, 성원이 우리가족에게 감사드리며 사랑의 마음을 전합니다. 일일이 나열할 수는 없지만 저를 아껴주시고 힘이 되어주신 모든 분들께 머리 숙여 감사드립니다.