



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](#)

공학 석사 학위 논문

물김의 생산 지역과 수확시기에 따른
주요 식품 성분 분석

2020년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

식 품 공 학 과

강민균

공학 석사 학위 논문

물김의 생산 지역과 수확시기에 따른 주요 식품 성분 분석

지도교수 김 영 목

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2020년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

식 품 공 학 과

강민균

강민균의 공학석사 학위논문을

인준함.

2020 년 2 월



위원장 농학박사 김선봉 (인)

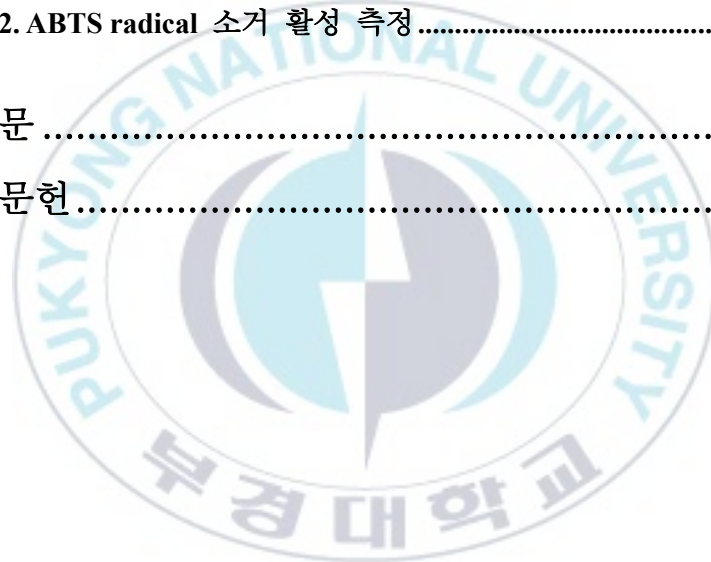
위 원 농학박사 조승목 (인)

위 원 약학박사 김영목 (인)

목 차

목 차.....	i
Abstract.....	iii
I. 서 론.....	1
II. 재료 및 방법	3
1. 실험 재료.....	3
1.1. 위·공판장 선정 및 샘플 채취.....	3
2. 실험 방법.....	4
2.1. 미생물학적 오염도 및 식품학적 성분 분석	4
2.1.1. 일반세균수, 대장균군 및 대장균 분석	4
2.1.2. 일반 성분 분석	5
2.1.3. 중금속 및 미네랄 분석.....	5
2.1.4. 유리 아미노산 분석	6
2.1.5. 색도 분석	6
2.2. 기능성 성분 및 항산화 활성 분석	7
2.2.1. 총페놀화합물 함량 분석.....	7
2.2.2. DPPH radical 소거 활성 측정	7
2.2.3. ABTS radical 소거 활성 측정	8
III. 결과 및 고찰	9

1. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 미생물 오염도 분석	9
2. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 일반성분	13
3. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 중금속 및 미네랄 함량	16
4. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 유리아미노산 함량	22
5. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 색도	25
6. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 총페놀화합물 함량	28
7. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 항산화 활성	31
7.1. DPPH radical 소거 활성 측정	31
7.2. ABTS radical 소거 활성 측정	33
IV. 요약문	35
V. 참고문헌	36



Analysis of Major Food Components in Raw Laver *Pyropia* spp. Depending on Harvest Area and Season

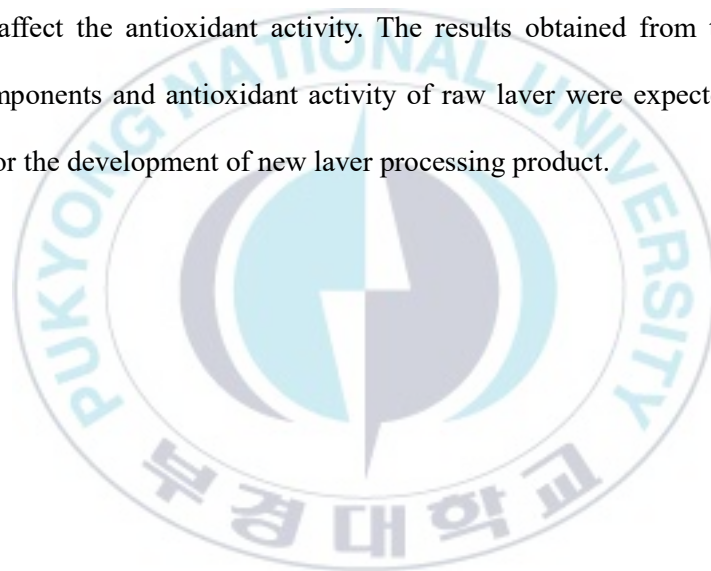
Mingyun Kang

Department of Food Science and Technology, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

With increasing demand for the consumption and export of laver *Pyropia* spp. its production in domestic industry is increasing rapidly. The export of laver processing products reaches approximately 500 million dollars in 2018. In July 2017, the "Regional Standard for Laver Products" (proposed by Korea) was adopted as the Asian standard of the International Food Standards Committee (CODEX), which is involved in the foundation for the globalization of domestic laver processing industry. Currently, the raw laver is dried as a dried laver product and then mainly processed as a seasoned laver product in Korea. Most of the research focus on the processed products of dried as well as seasoned laver. However, research on raw laver is limited and no analysis has been conducted on the raw laver by region or production period. The object of this study is to analyze the difference of major food component of raw laver depending on harvest area or season. In the present study, it had collected raw laver from four regions Gangseo-gu (Busan), Seocheon-gun (Chungnam), Wando-gun (Jeonnam) and Goheung-gun (Jeonnam) in the month of December to March. The collected samples

were analyzed for general components, trace elements, total phenolic compounds and antioxidant activity. Results showed that the raw laver contained large amount of amino acids, minerals, phenolic compounds and also has antioxidant activity. The average contents of general components and total phenolic compounds from the sample collected in December were found to be high. The crude protein content of raw laver is the highest in December and to decrease gradually from January to March. No significant correlation was found between antioxidant activity and total phenolic compound content in raw laver, indicating that instead of phenolic compounds, other substances affect the antioxidant activity. The results obtained from this study on nutrient components and antioxidant activity of raw laver were expected to provide basic data for the development of new laver processing product.



I. 서론

해조류는 크게 미세조류와 거대조류로 구분한다. 미세조류(phytoplankton)는 단세포성 식물로 현미경으로만 관찰이 가능하고 뿌리, 줄기, 잎 등의 구조가 없고, 거대조류(seaweed)는 육안으로 관찰할 수 있는 다세포성 식물로 광합성 색소에 따라 홍조류(red seaweed), 녹조류(green seaweed), 갈조류(brown seaweed)로 나뉘지며 서식환경 및 구성 성분에서도 육안으로 차이를 보인다(Lee, 2013). 해조류 중에서 대표적으로 홍조류인 김은 우리나라 외에도 일본, 중국, 대만, 등 일부 아시아 국가에서 양식되고 있다. 국내에서 김은 12월-익년 3월에 주로 서남해안에서 양식 형태로 생산되어 미국, 중국, 일본 등에 주로 수출되고 있으며, 주요 종은 방사무늬김(*Pyropia yezoensis* Ueda), 참김(*P. tenera* Kjellman), 모무늬돌김(*P. seriata* Kjellman), 잇바디돌김(*P. dentata* Kjellman) 등이 있다(Kwon et al., 2018).

국내 김 산업 중 김 양식업의 경우 점차 대규모화 되고 있으며, 양식 생산성은 높아지고 있다. 또한 국내 김 가공 산업의 현황은 과거 마른김 중심의 가공에서 소비시장이 조미김 중심으로 변화되면서 조미김 가공이 증가하고 있다. 특히, 해외 수출로 인하여 저칼로리 건강스낵으로 인기를 끌면서 2017년 김 수출액은 5억달러를 돌파했다(MOF, 2017).

한편, 마른김 및 조미김에 대한 연구로는 물김 원초의 일반 성분 및 기타 미량 성분에 대한 연구로는 국내 가공 해조류와 물김의 중금속 함량 및 식품 안전성평가(Yang et al., 2016), 국내산 김(*Pyropia tenera*), 다시마

(*Saccharina japonicas*), 미역(*Undaria pinnatifida*), 툇(*Sargassum fusiforme*) 의 생산 지역별 따른 미네랄 함량 분석 및 영양평가(Jung et al., 2017), 원산지별 김의 일반성분 및 무기질, 아미노산 함량비교(Jung et al., 2016), 김 추출물의 이화학적 특성(Hong et al., 1997), 한국 연안산 방사무늬김(*Pyropia yezoensis*)의 일반성분 및 미네랄 함량(Mok et al., 2011) 등의 많은 연구가 진행되어왔다. 그러나 물김 원초에 대한 일반 성분, 기타 미량 성분에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생산 시기별 및 지역별 물김 원초를 대상으로 일반 성분, 중금속 및 미량원소, 유리아미노산, 총페놀성 화합물 분석 및 항산화 활성을 측정하여 각 생산 시기별 및 지역별 물김 원초의 성분을 평가하고자 하였다. 또한 앞으로의 물김 원초의 성분 함량 연구 및 수산자원 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

1.1. 위·공판장 선정 및 샘플 채취

2019 년 조사된 김 생산량이 작년산보다 5.7% 증가한 것으로 추정되었다. 그 중에 주산지인 전라남도의 경우는 1 억 3,887 만속으로 점유율 78.3%를 나타냈으며, 충청남도의 경우 1,399 만속으로 점유율 7.9%, 부산은 677 만속으로 점유율 3.8%으로 나타났다(KMI, 2019). 이에 따라, 생산량이 가장 높은 전라남도의 고흥군(이하 고흥김), 완도군(이하 완도김) 2 개 지역을 선정하였고, 두 번째로 생산량이 높은 충청남도의 경우, 도내 생산량이 가장 많은 서천군(이하 서천김)을 선정하였다. 또한, 물김 생산지 중 남·동해 지역에서 생산하는 부산 강서구(이하 낙동김)을 선정하였다. 이후 고흥김, 완도김, 서천김, 낙동김 등 4 개의 샘플은 위·공판장에서 12 월부터 3 월까지 월별 1 회 채취하여 분석하였다. 분석에 사용된 물김 원초는 필요시 동결건조하여 -70°C에 보관하였다.

2. 실험 방법

2.1. 미생물학적 오염도 및 식품학적 성분 분석

2.1.1. 일반세균수, 대장균군 및 대장균 분석

일반세균수, 대장균군 및 대장균의 분석은 식품공전(MFDS, 2018)의 일반 시험법 중 미생물 시험법에 준하는 방법으로 진행하였다. 12월부터 익년 3월까지 채취한 물김 시료(25 g)에 0.85% 멸균된 생리식염수 225 mL로 10배 희석한 후 120초간 Stomacher (BagMixer 400VW; Interscience, Saint Nom, France)를 이용하여 균질화하였다. 일반 세균수는 균질액 1 mL를 취하여 0.85% 멸균 생리 식염수 9 mL에 단계별로 희석하였다. 각 단계 희석액을 plate count agar(PCA; Difco, Detroit, MI)에 분주하여 접종한 후, $35 \pm 1^\circ\text{C}$ 에 48 ± 2 시간 동안 배양한 후 생성된 집락수를 측정 하였다. 대장균군 및 대장균은 최확수법으로 진행하였으며, 추정시험의 경우 LST (lauryl sulfate tryptose; Difco), 확정시험의 경우 BGLB (brilliant green lactose bile broth; Difco)를 사용하여 $35 \pm 1^\circ\text{C}$, 24 - 48시간 배양하였다. 대장균은 EC broth (*Escherichia coli* broth; Difco)를 사용하여 $44.5 \pm 1^\circ\text{C}$, 24시간 배양하였으며, 대장균군과 대장균에 사용된 BGLB 및 EC 배지가 혼탁해지거나 발효관(durham tube)에 가스가 발생한 것을 양성으로 판정하고, 이를 최확수(most probable number, MPN/100g)로 나타내었다.

2.1.2. 일반 성분 분석

물김의 일반 성분은 AOAC (2005) 또는 식품공전(MFDS, 2018)에 따라 측정하였다. 수분 함량은 105°C 상압가열 건조법에 따라 측정하였고(AOAC, 2005), 회분 함량은 550°C 고온 회화법에 따라 측정하였고(AOAC, 2005), 조단백질 함량은 시료의 전처리 및 추출과정을 거쳐서 조단백질추출 자동 장치(KjelFlex K-360; Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 Semimicro Kjeldahl 법에 따라 측정하였고(MFDS, 2018), 조지방은 *n*-hexane (Duksan Chemical Co., Yongin, Korea)을 용매로 Soxhlet 추출 장치(Buchi extraction unit E-812; Buchi, Flawil, Switzerland)를 이용하여 Soxhlet 추출법에 따라 측정하였다(MFDS, 2018).

2.1.3. 중금속 및 미네랄 분석

중금속으로는 수은(Hg), 납(Pb) 및 카드뮴(Cd)을 미량 성분으로는 셀레늄(Se), 망간(Mn), 아연(Zn), 니켈(Ni) 및 철(Fe)을 분석하였다. 납(Pb), 카드뮴(Cd), 셀레늄(Se), 망간(Mn), 아연(Zn), 니켈(Ni) 및 철(Fe)은 유도결합 플라즈마 질량분석기를 이용하여 분석하였으며, 수은(Hg)의 경우 Gold-amalgam 법으로 Direct Mercury Analyzer (DMA-80 TRICELL; Milestone Inc., Sorisole, Italy)를 사용하여 분석하였다. 분석은 부경식품분석센터(부산시 남구)에 의뢰하여 분석을 진행하였다.

2.1.4. 유리 아미노산 분석

물김의 유리아미노산 분석을 위하여 동결건조시료 0.5 g 을 칭량하여 3% TCA (trichloroacetic acid) 10 mL 를 주입하고 vortexing 후 상온에서 1 시간 진탕하였다. 15,000 rpm, 15 분간 원심 분리한 후 상등액을 취하여 0.45 μ m Millipore 여과막으로 여과한 후에 아미노산 자동 분석기(L-8900; Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 분석은 강릉원주대학교 공동실험실습관(강원도 강릉)에 의뢰하여 분석을 진행하였다.

2.1.5. 색도 분석

12 월부터 익년 3 월까지 채취한 물김 색의 변화를 색차계 (Lovibond RT-400; Tintometer Co., Ltd, Amesbury, United Kingdom)를 사용하여 명도 L 값(lightness), 적색도 a 값(redness), 황색도 b 값(yellowness)을 각 시료당 3 회 반복하여 측정하였다. 사용된 표준 백색판 값은 $L = 92.7$, $a = 0.3137$, $b = 0.3196$ 이다.

2.2. 기능성 성분 및 항산화 활성 분석

2.2.1. 총페놀화합물 함량 분석

총 페놀화합물(total phenolic compound)은 Folin-Ciocalteu 법으로 측정하였다(Mahinda et al., 2010). 동결건조 된 물김 원초 0.5 g 을 취하여 80% 아세톤 용액 50 mL 으로 혼합한 다음 6 시간 진탕한 후 3,350 rpm, 20 분간 원심분리 후, 상등액을 사용하여 분석하였다(Han et al., 2015). 상등액 0.5 mL 를 10% Folin-ciocalten 용액 2.5 mL 와 7.5% 중탄산나트륨 2.5 mL 를 혼합 후 45℃, 45 분 동안 활성화 시켜 분광광도계(Biochrom Libra S22; Cambridge, UK)를 사용하여 765 nm 에서 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid (Sigma-Aldrich Co.; St. Louis, MO)를 사용하였다.

2.2.3. DPPH radical 소거 활성 측정

DPPH radical 소거 활성은 Brand et al. (1995)의 방법을 변형하여 분석하였다. 동결 건조된 물김 5 g 에 95% ethanol 50 mL 를 가한 뒤 상온에서 3 시간 동안 교반시킨 후 여과시킨 과정을 3 반복한 뒤 감압농축하여 에탄올을 날려버린 후 동결 건조를 통해 남은 여액을 제거하여 항산화 활성 측정을 위한 시료로 사용하였다. DPPH radical 소거 활성은 감압 농축 후 동결 건조 된 물김의 2 mg 을 에탄올 용액 1 mL 에 녹인 것을 0.2 mM 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH; Sigma-Aldrich Co.) 0.05 - 1.00 mg/mL 농도로 혼합하여 실온에서 30 분간 상온의 암실에서 반응시킨 후 200 L 를

취해 96 well plate 에 넣고 microplate reader (Tecan GENios, Tecan Austria GmbH, Salzburg, Austria)를 통해 517 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구로는 시료와 동량의 증류수로 측정하였고, 양성대조구로는 0.2 mM 의 측정된 결과는 아래의 식으로 DPPH radical 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{absorbance of test}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

2.2.3. ABTS radical 소거 활성 측정

ABTS radical 소거 활성은 Riberta et al. (1999)의 방법을 변형하여 분석하였다. ABTS radical 소거 활성은 2.4 mM potassium persulfate 를 포함하는 7 mM 의 2,2'-azino-bis [3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid] (ABTS; Sigma-Aldrich Co.) 용액을 제조한 후 암실에서 16 시간 보관하고, 이 용액을 734 nm 에서 0.700 ± 0.005 가 되도록 희석하여 사용하였다. ABTS 용액 150 μL 와 감압농축 후 동결 건조된 물김의 2 mg 을 에탄올 용액 1 mL 에 녹인 것 50 μL 와 혼합하여 6 분간 상온의 암실에서 방치한 후 734 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구로 시료와 동량의 증류수, 양성 대조구로 5mM 의 6-Hydroxy-2,5,6,7-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox; Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였고, 측정된 결과는 아래의 식으로 ABTS radical 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity(\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{absorbance of test}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

III. 결과 및 고찰

1. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 미생물 오염도

물김의 생산 시기별 및 지역별에 따른 일반세균수, 대장균군 및 대장균을 분석하였다(Table 1). 일반세균수의 경우 모든 지역의 물김에서 생산 시기 동안 4 log CFU/g 이하로 분석되었으며, 대장균군의 경우 부산 강서구의 12월 물김(20 MPN/100g)을 제외하고 <18 MPN/100g 이하로 분석되었다. 대장균의 경우 모든 지역의 물김에서 <18 MPN/100g 이하로 분석되었다.

현재 우리나라의 물김에 대한 미생물 관리 기준이 없으나 식품공전상 식품의 기준 및 규격(KFDA, 2018) 중 즉석섭취·편의식품류 및 냉동 수산물에 대한 세균수(일반세균수) 기준을 5 log CFU/g 이하로 규정하고 있다. 또한, 국외에서는 중국의 경우 해조류 및 해조류가공품에 대해서 일반세균수 4.48 log CFU/g 이하 및 대장균군 30 MPN/100g 이하로 규정하고 있다.

충남 서천 및 전남 4개소 해역에 설정한 총 16개 물김 조사 지점에서 채취된 총 48개 물김 시료에 대한 대장균군, *E. coli*의 범위는 각각 <18 - 490 MPN/100g 및 <18 - 20 MPN/100g, 일반세균수의 범위는 <1.48 - 3.76 log CFU/g로 확인되어 우리나라 안전성 기준에 부합하였으나 중국의 해조류 기준 (Table 2)에는 대부분의 시료에서 대장균군 기준치(30 MPN/100g 이하)를 초과한 것으로 평가되었다(Jeong et al., 2017). 그러나 본 연구에서 지역별 및

생산 시기별 채취한 모든 물김의 일반세균수($4 \log \text{CFU/g}$ 이하), 대장균군 (20 MPN/100g 이하) 및 대장균(<18 MPN/100g 이하) 분석 결과 중국의 안전성 기준에 부합하는 것으로 판단된다.



Table 1. Bacteriological levels on raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

Region	Month	Viable cell counts (logCFU/g)	Coliform group (MPN/100g)	<i>Escherichia coli</i> (MPN/100g)
Gangseo-gun, Busan	December	3.48±0.49 ^{ab}	20	<18
	January	2.80±0.02 ^c	<18	<18
	February	2.22±0.06 ^d	<18	<18
	March	2.56±0.09 ^a	<18	<18
Seocheon-gun, Chungnam	December	2.66±0.04 ^{ab}	<18	<18
	January	2.45±0.07 ^a	<18	<18
	February	2.82±0.04 ^a	<18	<18
	March	2.59±0.05 ^b	<18	<18
Wando-gun, Jeonnam	December	3.05±0.30 ^b	<18	<18
	January	2.44±0.26 ^a	<18	<18
	February	3.56±0.24 ^b	<18	<18
	March	3.31±0.20 ^b	<18	<18
Goheung-gun, Jeonnam	December	2.77±0.16 ^a	<18	<18
	January	2.64±0.29 ^b	<18	<18
	February	2.68±0.08 ^c	<18	<18
	March	2.69±0.11 ^a	<18	<18

^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P <0.05).

Table 2. Bacteriological standards on seaweed in China (GB29921)

Month	Viable cell counts (log CFU/g)			
	n	c	m	M
Viable cell counts (CFU/g)	5	2	3×10^4	10^5
Coliform group (CFU/g)	5	1	20	30
<i>Salmonella</i> ssp. (Positive / Negative)				
<i>Staphylococcus aureus</i> (Positive / Negative)			Not Detection	
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (Positive / Negative)				

2. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 일반성분

생산 시기별 및 지역별 물김 원초의 일반 식품학적 성분인 수분, 조단백질, 조지방 및 회분은 Table 3 에 나타내었다. 본 연구에서 분석된 생산 시기별 및 지역별 물김 원초의 수분 함량은 2 월 서천김 원초의 수분 함량이 $91.55 \pm 0.36\%$ 로 가장 높게 나타났고, 12 월 완도김 원초의 수분 함량이 $85.18 \pm 0.10\%$ 로 가장 낮게 나타났다. 조단백질 함량은 12 월 낙동김 원초의 조단백질 함량이 $7.20 \pm 0.28\%$ 로 가장 높게 나타났고, 낙동김 원초의 조단백질 함량은 다른 지역에 비해 유의적으로 높게 나왔다.

조지방의 경우, 1 월에 채취한 완도김 원초의 조지방 함량이 $0.25 \pm 0.00\%$ 로 가장 높게 나타났고, 2 월 서천김의 조지방 함량이 $0.04 \pm 0.01\%$ 로 가장 낮게 나타났다. 회분 함량은 12 월에 채취한 낙동김 원초의 회분 함량이 $4.10 \pm 0.04\%$ 로 가장 높게 나타났고, 3 월 낙동김의 회분 함량이 $2.92 \pm 0.04\%$ 로 가장 낮게 나타났다.

NIFS (2018)의 한국 수산물성분표에서 김의 일반성분 함량을 비교 했을 때, 수분 함량은 90.5 g/100g, 단백질 3.3 g/100g, 지방 0.4 g/100g, 회분 3.8 g/100g 으로 보고하고 있다. 본 연구에서 얻어진 결과도 생산 지역별 및 산지별 물김 원초의 수분, 조단백, 조지방 및 회분의 경우 NIFS (2018)의 보고와 유사하였다. 하지만, 낙동김 원초의 경우 조단백질 함량은 NIFS (2018)의 보고보다 높게 나타났다. Lee et al. (1987) 은 김의 품질 등급이 높을수록 조단백질 함량은 높은 것에 비하여 탄수화물이 적게 함유되어

있는 것으로 보고하고 있다. 물김의 첫 생산 시기인 12 월의 경우 조단백질 함량이 높게 분석되어 12 월 물김의 품질이 우수한 것으로 분석되었다.



Table 3. Physicochemical contents of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

Region	Month	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
Gangseo-gun, Busan	December	86.09±1.91 ^{ab}	7.20±0.28 ^a	0.15±0.02 ^a	4.10±0.04 ^a
	January	86.65±0.01 ^c	6.08±0.13 ^a	0.13±0.01 ^c	3.77±0.01 ^c
	February	86.48±0.17 ^d	4.26±0.12 ^a	0.06±0.01 ^{ab}	3.68±0.01 ^a
	March	88.43±0.02 ^a	5.45±0.18 ^a	0.05±0.02 ^b	2.92±0.04 ^b
Seocheon-gun, Chungnam	December	86.83±0.61 ^{ab}	5.11±0.09 ^b	0.16±0.02 ^a	3.36±0.15 ^b
	January	89.05±0.12 ^a	3.92±0.03 ^c	0.12±0.00 ^c	3.85±0.00 ^b
	February	91.55±0.13 ^a	3.51±0.06 ^{ab}	0.04±0.01 ^b	3.24±0.09 ^c
	March	87.47±0.08 ^b	3.82±0.07 ^c	0.06±0.00 ^{ab}	4.06±0.63 ^a
Wando-gun, Jeonnam	December	85.18±0.10 ^b	4.66±0.25 ^c	0.17±0.01 ^a	3.14±0.06 ^c
	January	89.32±0.41 ^a	4.66±0.13 ^b	0.25±0.00 ^a	3.93±0.03 ^a
	February	90.76±0.23 ^b	3.34±0.27 ^b	0.06±0.02 ^{ab}	3.46±0.01 ^b
	March	86.83±0.60 ^b	4.98±0.09 ^b	0.06±0.01 ^{ab}	3.59±0.00 ^{ab}
Goheung-gun, Jeonnam	December	88.11±0.14 ^a	4.27±0.01 ^c	0.10±0.01 ^b	3.35±0.02 ^b
	January	88.21±0.51 ^b	3.92±0.03 ^c	0.16±0.01 ^b	3.70±0.02 ^d
	February	89.16±0.32 ^c	4.25±0.64 ^a	0.08±0.01 ^a	3.50±0.01 ^b
	March	89.01±0.13 ^a	4.23±0.33 ^c	0.08±0.00 ^a	3.71±0.04 ^a

^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P < 0.05).

3. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 중금속 및 미네랄 함량

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 중금속 및 미네랄 함량은 Table 4 및 Table 5 에 나타내었다. 식품의약품안전처에서 제정한 수산물 중금속 기준에 따르면 김의 경우 카드뮴(Cd) 0.3 mg/Kg 이하(생물 기준)로 정해져 있으며, 모든 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 카드뮴(Cd) 정량에서 기준치 이하로 나타났다(MFDS, 2018). 해조류에 대한 외국의 중금속 기준은 중국[납(Pb) 1.0 mg/Kg] 및 프랑스[총수은(Hg) 0.1 mg/Kg]으로 각각 설정되어 관리 되고 있다.

이를 토대로 본 결과와 비교 분석해보았을 때, 모든 물김 시료에서 기준치에 충족하는 것으로 판단되었다. 그러나, 중금속 중 납(Pb)을 제외하고 수은(Hg) 및 카드뮴(Cd)는 지역별 물김에서 생산 시기에 따라 검출 되어 김 양식장 주변에 중금속 오염을 일으킬 수 있는 시설 및 공장 현황, 강우로 인한 해상으로의 오염원 등 다양한 환경적 요인들에 의해서 영향을 받았을 것으로 판단된다(Re et al., 2012; El-Said, 2013; Delbecque and Verdoodt, 2016).

그리고 Yang et al. (2016) 연구에 따르면 가공된 김이 가공 전 김보다 중금속 함량이 비교적 낮다는 결과를 보였으나 명확한 근거를 제시하지 못하였으며, 오히려 물김이 마른김으로 가공되는 과정 중에 사용되는 세척수, 장비, 기타 가공 처리 등으로 인한 추가적인 중금속 오염이 발생할 수 있는 가능성이 높기 때문에 물김 생산단계뿐만 아니라 가공처리

단계에서 발생할 수 있는 중금속 오염을 최소화하여 국내 또는 수출국에서
설정해 놓은 중금속 기준치에 항시 부합할 수 있는 세부적인 방안들을
마련해야 할 것으로 사료된다.



Table 4. Heavy metal content of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

(Unit: mg/100g)

Region	Month	Mercury (Hg)	Cadmium (Cd)	Plumbum (Pb)
Gangseo-gun, Busan	December	0.002 ^a	- ¹	-
	January	0.002 ^a	-	-
	February	-	0.074±0.04 ^b	-
	March	0.001 ^a	0.194±0.05 ^b	-
Seocheon-gun, Chungnam	December	0.002 ^a	-	-
	January	0.001 ^a	-	-
	February	0.001 ^a	0.114±0.03 ^a	-
	March	0.001 ^a	0.118±0.01 ^c	-
Wando-gun, Jeonnam	December	0.001 ^a	0.033±0.04 ^a	-
	January	0.001 ^a	0.066±0.01 ^a	-
	February	0.001 ^a	-	-
	March	0.001 ^a	0.129±0.09 ^c	-
Goheung-gun, Jeonnam	December	0.001 ^a	0.032±0.01 ^a	-
	January	0.001 ^a	-	-
	February	0.001 ^a	-	-
	March	0.001 ^a	0.294±0.07 ^a	-

¹Not detected. ^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05).

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 미네랄 함량 결과를 Table 5 에 나타내었고 100 g 당 mg 으로 표시하였다.

니켈(Ni)은 검출이 되지 않았다. 망간(Mn)의 경우 3 월에 채취한 서천김 원초가 5.495 ± 0.00 mg/Kg 으로 가장 높게 나타났고, 낙동김 원초의 경우에는 망간(Mn) 함량이 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 측정되었다. 아연(Zn)의 경우 1 월에 채취한 낙동김 원초가 6.275 ± 0.00 mg/Kg 으로 가장 높게 측정되었으며, 낙동김 원초의 아연(Zn) 함량이 다른 지역의 물김 원초보다 평균적으로 높게 측정되었다. 철(Fe)의 경우 3 월의 서천김 원초에서 46.08 ± 0.00 mg/Kg 으로 현저히 높게 측정되었다. 서천김 원초에서의 철(Fe) 함량이 다른 지역의 물김 원초보다 평균적으로 높게 나타났으며, 12 월에 채취한 고흥김 원초의 경우 7.192 ± 0.00 mg/Kg 으로 가장 낮게 나타났다. 이상의 생산 지역별 물김의 미네랄 함량 결과는 Jung et al. (2017) 결과와 비교 했을 때, 12 월에 채취한 낙동김 원초 및 2 월에 채취한 완도김 원초의 경우 철(Fe)과 망간(Mn) 성분이 Jung et al. (2017)의 보고 보다 높게 분석되었다. 하지만, 다른 시기에 채취한 물김 원초의 경우에는 큰 변화가 없었다.

Seo et al. (2007) 연구에서 신안산 김의 미네랄 함량은 아연(Zn) 4.14 ± 0.60 mg/100g 및 철(Fe) 11.70 ± 0.50 mg/100g 로 분석되었다. 이를 토대로 본 연구와 비교 하였을 때, 아연(Zn)의 경우 부산 강서구 1 월 물김(6.275 ± 0.19 mg/100g) 및 전남 고흥군 3 월 물김(6.090 ± 0.09 mg/100g)에서 높게 분석

되었으며 철(Fe)의 경우 충남 서천군 물김(13.51 ± 0.67 - 46.08 ± 0.19 mg/100g)에서 평균적으로 높게 분석되었다.

이를 토대로 본 결과와 비교 분석하였을 때, 미량 함유되어 있지만 인체를 구성하고 대사 조절 작용과 같은 수많은 생리 작용과 밀접한 관련이 있는 미네랄은 해조류 중 주 소비원인 물김을 섭취함으로써 풍부한 아연(Zn)과 철(Fe)을 섭취하여 영양소의 흡수를 돕고 위산을 증진시켜 설사를 완화시켜주며 건강유지에 도움을 줄 수 있을 것이라고 사료된다.



Table 5. Mineral content of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

(Unit: mg/100g)

Region	Month	Selenium (Se)	Manganese (Mn)	Zinc (Zn)	Nickel (Ni)	Iron (Fe)
Gangseo-gu, Busan	December	-	2.546±0.87 ^a	5.607±0.21 ^a	-	9.136±0.11 ^b
	January	-	2.959±0.94 ^a	6.275±0.19 ^a	-	10.75±0.24 ^b
	February	-	3.376±0.41 ^a	2.439±0.14 ^b	-	14.3±0.33 ^c
	March	-	3.753±0.62 ^c	3.961±0.31 ^c	-	9.03±0.51 ^c
Seocheon-gun, Chungnam	December	-	2.228±0.37 ^b	3.119±0.24 ^c	-	13.51±0.67 ^a
	January	-	2.424±0.52 ^b	3.255±0.12 ^c	-	22.9±0.22 ^a
	February	-	3.061±0.20 ^b	2.559±0.11 ^b	-	20.16±0.17 ^a
	March	-	5.495±0.17 ^a	4.595±0.37 ^b	-	46.08±0.19 ^a
Wando-gun, Jeonnam	December	-	1.476±0.14 ^d	3.330±0.20 ^b	-	7.956±0.16 ^c
	January	-	1.828±0.11 ^c	4.503±0.11 ^b	-	7.743±0.11 ^c
	February	-	2.171±0.21 ^c	3.087±0.31 ^a	-	17.17±0.12 ^b
	March	0.06±0.01 ^a	2.659±0.31 ^d	3.855±0.36 ^c	-	9.801±0.25 ^c
Goheung-gun, Jeonnam	December	0.113±0.09 ^a	1.693±0.67 ^b	2.774±0.24 ^d	-	7.192±0.29 ^d
	January	-	2.325±0.22 ^b	2.432±0.14 ^d	-	11.73±0.37 ^b
	February	-	1.772±0.17 ^a	2.215±0.11 ^c	-	13.50±0.22 ^c
	March	-	4.864±0.11 ^c	6.090±0.09 ^a	-	22.36±0.55 ^b

¹Not detected. ^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05)

4. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 유리 아미노산 함량

아미노산은 주로 단백질을 구성하는 성분과 유리된 형태로 존재한다. 또한 아미노산의 결합 형태에 따라 2 개 이상의 아미노산이 여러 형태로 연결된 펩타이드, 당 또는 아미노산 외에 다른 성분을 포함하는 복합 단백질 등의 형태로도 미량 존재한다. 아미노산은 영양적 및 기호적으로 중요한 성분이며, 특히 유리 아미노산이 핵산관련성분과 함께 맛에 중요한 역할을 한다. 유리아미노산은 생리활성 물질의 구성 성분일 뿐만 아니라 정미성분으로 중요하며, 수산물에 있어 아미노산의 증가는 맛을 상승시키는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Koo et al., 2016). 본 연구에서 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 유리 아미노산 함량은 Table 6 에 나타내었다. 타우린(Tau)의 경우 1 월에 채취한 서천김 원초에서 131.6 mg/100g 으로 가장 높게 나타났으나 낙동김 원초의 경우 생산 시기별로 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 나타났다. 트레오닌(Thr)의 경우 3 월에 채취한 낙동김 원초(2.976 mg/100g), 발린(Val)은 12 월 완도김 원초(3.302 mg/100g), 메티오닌(Met)은 12 월 완도김 원초(1.939 mg/100g), 이소류신(Iso)의 경우 3 월 서천김 원초(5.897 mg/100g), 류신(Leu)의 경우 12 월 완도김 원초(3.031 mg/100g), 페닐알라닌(Phe)의 경우 12 월 서천김 원초(2.475 mg/100g), 리신(Lys)의 경우 12 월 완도김 원초(2.591 mg/100g), 아르기닌(Arg)의 경우 12 월 전남 완도군 물김 원초(4.041 mg/100g)에서 가장 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면 낙동김 원초의 경우 다른 지역의 원초보다 타우린(Tau)이 평균적으로 높게 나타났으며, 다른 지역에 비해 9 가지 유리 아미노산이 고르게 성분을 포함하고 있었다. 서천김 원초의 경우 이소류신(Iso)이 평균적으로 높게 나타났고, 완도김 원초의 경우 류신(Leu)과 페닐알라닌(Phe)이 평균적으로 높게 나타났다. 고흥김 원초는 9 가지 유리 아미노산이 생산 시기별로 큰 차이 없이 고르게 함유하고 있는 것으로 분석되었으나 다른 지역에 비해 높게 분석된 유리 아미노산이 없었다. 즉 생산 시기 및 지역에 따라 물김 원초에서 유리 아미노산 함량이 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었다. 생산 시기 및 지역에 따른 물김의 유리 아미노산의 함량에 대한 분석은 본 연구에서 최초로 보고된 내용으로 향후 다른 연구에 기초자료로 사용될 것으로 기대된다.

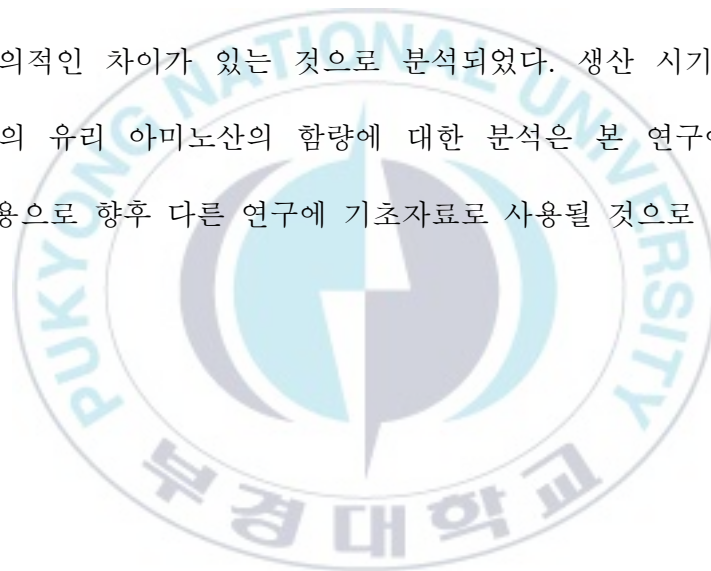


Table 6. Free amino acid content of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

(Unit: mg/100g)

Free-amino-acid	Gangseo-gu, Busan				Seocheon-gun, Chungnam				Wando-gun, Jeonnam				Goheung-gun, Jeonnam			
	Decem-ber	Januar-y	Februa-ry	March	Decem-ber	Januar-y	Februa-ry	March	Decem-ber	Januar-y	Februa-ry	March	Decem-ber	Januar-y	Februa-ry	March
Taurine	65.85±0.05 ^c	108.1±0.08 ^b	91.24±0.24 ^a	112.7±0.67 ^a	98.94±0.88 ^a	131.6±0.74 ^a	55.84±0.77 ^d	39.58±0.81 ^d	71.31±0.66 ^b	53.67±0.45 ^d	79.8±0.51 ^b	109.8±0.33 ^b	65.41±0.21 ^c	56.52±0.17 ^c	70.89±0.91 ^c	98.59±0.74 ^c
Threo-Nine	1.819±0.21 ^b	1.732±0.31 ^b	1.662±0.27 ^c	2.976±0.24 ^a	1.929±0.34 ^b	2.848±0.26 ^a	1.276±0.75 ^d	2.373±0.88 ^b	2.296±0.95 ^a	1.559±0.41 ^b	2.296±0.56 ^a	1.559±0.37 ^c	1.396±0.24 ^c	1.141±0.32 ^c	1.88±0.44 ^b	1.728±0.47 ^c
Valine	2.421±0.33 ^c	2.147±0.21 ^b	2.501±0.54 ^c	2.422±0.66 ^a	2.744±0.29 ^b	2.691±0.31 ^a	1.724±0.25 ^d	1.926±0.57 ^b	3.302±0.44 ^a	1.83±0.31 ^c	2.973±0.19 ^b	1.454±0.67 ^c	1.769±0.36 ^d	1.938±0.94 ^c	3.233±0.74 ^a	1.992±0.45 ^b
Methio-Nine	0.365±0.33 ^b	0.19±0.18 ^b	1.216±0.39 ^b	0.33±0.36 ^a	1.76±0.24 ^a	0.5±0.57 ^a	0.474±0.24 ^c	- ¹⁾	1.939±0.29 ^a	0.102±0.14 ^b	1.639±0.25 ^a	-	0.234±0.11 ^b	0.223±0.24 ^b	1.473±0.44 ^a	0.136±0.56 ^b
Iso-leucine	1.303±0.22 ^c	1.336±0.25 ^b	2.285±0.57 ^c	1.032±0.24 ^d	3.75±0.51 ^a	3.203±0.36 ^a	0.632±0.21 ^d	5.897±0.48 ^a	3.226±0.61 ^b	0.778±0.57 ^c	3.405±0.49 ^b	3.035±0.11 ^b	0.84±0.18 ^d	0.853±0.27 ^c	3.005±0.33 ^a	1.332±0.01 ^c
Leucine	2.499±0.27 ^b	1.576±0.64 ^b	2.094±0.74 ^c	2.088±0.67 ^a	2.107±0.47 ^c	2.018±0.61 ^a	0.879±0.78 ^d	0.737±0.35 ^c	3.031±0.16 ^a	1.374±0.77 ^c	2.748±0.64 ^a	0.772±0.21 ^{bc}	1.382±0.64 ^d	1.373±0.17 ^c	2.349±0.22 ^b	0.947±0.24 ^b
Phenyl-Alanine	1.071±0.11 ^c	0.844±0.34 ^a	0.641±0.44 ^b	- ¹⁾	2.475±0.27 ^a	0.997±0.37 ^a	-	-	1.471±0.45 ^b	0.342±0.33 ^b	1.115±0.97 ^a	1.782±0.77 ^a	0.607±0.74 ^d	0.473±0.46 ^b	1.05±0.27 ^a	-
Lysine	1.072±0.14 ^b	0.835±0.28 ^b	0.855±0.14 ^b	1.155±0.34 ^a	0.811±0.18 ^c	1.466±0.34 ^a	0.454±0.44 ^c	0.708±0.67 ^b	2.591±0.45 ^a	0.747±0.74 ^b	1.131±0.15 ^a	0.516±0.33 ^b	0.522±0.58 ^d	0.373±0.65 ^c	1.109±0.41 ^a	0.566±0.54 ^b
Arginin-e	2.997±0.31 ^b	2.794±0.25 ^a	2.117±0.21 ^c	-	1.915±0.34 ^d	2.017±0.51 ^b	0.959±0.41 ^d	2.086±0.63 ^a	4.041±0.17 ^a	1.773±0.11 ^c	3.734±0.34 ^a	-	2.675±0.27 ^c	2.631±0.31 ^a	2.648±0.19 ^b	-

¹Not detected. ^{a-d} Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P < 0.05)

5. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 색도

물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 색도는 색차계를 이용하여 L, a 및 b 값을 측정하였다. 명도(L) 값은 숫자가 높을수록 흰색(100) 이고, 낮을수록 검정색(0)을 의미한다. a 값의 증가는 적색이 증가함을 의미하며, a 의 음수 값의 증가는 녹색이 증가함을 의미한다. b 값의 증가는 황색이 증가함을 의미하며, b 의 음수 값의 증가는 청색이 증가함을 의미한다.

물김의 색을 결정하는 색소 성분으로는 광합성과 관련된 색소들로 녹색의 클로로필, 황색의 카로티노이트, 적색의 피코에리트린, 청색의 피코시아닌 등이 있으며, 이 색소 성분들은 항산화 작용을 하여 생리활성을 돕는다(Oh et al., 2013; Benedetti et al., 2004; Yabuta et al., 2010; Lanfer-Marquez et al., 2005; Stahl and Sies, 2003).

낙동김의 경우 생산 시기별 명도는 유의적 차이가($P>0.05$) 없었으며, a 값에서 12 월부터 3 월까지 감소하는 경향이 있다(Table 7). a 값의 감소는 녹색 색소 성분이 증가하는 것으로 지용성 녹색 색소인 클로로필의 증가로 사료된다. 서천김의 경우 생산 시기별 명도의 유의적 차이가($P>0.05$) 없었으며, b 값에서 생산 시기별 중 3 월이 제일 높게 분석되었다. B 값의 증가는 황색 색소 성분이 증가하는 것으로 황색 색소인 카로티노이드의 증가로 사료 된다. 완도김의 경우 생산 시기별 명도는 모든 값에서 유의적 차이가($P>0.05$) 없었으며 a 값과 b 값이 평균적으로 생산시기별로 감소하는 경향으로 분석되었다. 고흥김의 경우 경우 생산 시기별 명도의 유의적 차이가($P>0.05$) 없었으며, b 값에서 생산 시기별 중 3 월이 제일

높게 분석되었다(Table 7). B 값의 증가는 황색 색소 성분이 증가하는 것으로 황색 색소인 카로티노이드의 증가로 사료 된다.

이를 토대로 본 결과와 분석하였을 때, 전반적인으로 a 값과 b 값이 생산 종료 시기인 3 월에 감소하는 경향이 있었으며, 물김의 채취 종료 시기로서 물김의 상품 가치를 떨어뜨리는 양식 초기의 수온이 높아지면서 갯병이 산발적으로 3 해역지역에 발생하므로 생산 준비 단계에서 수온 관리 및 환경 요인에 대한 철저한 관리가 필요하다고 사료된다.



Table 7. Chromaticity Analysis according to L-a-b Value of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

Region	Month	L value	a value	b value
Gangseo-gun, Busan	December	26.79±1.36 ^{ab}	3.06±0.57 ^a	2.51±0.47 ^a
	January	28.22±0.66 ^c	0.44±0.07 ^a	0.73±0.18 ^c
	February	28.60±0.34 ^d	0.42±0.08 ^a	0.67±0.13 ^{ab}
	March	28.87±0.51 ^a	0.29±0.04 ^a	1.01±0.21 ^b
	<i>F</i> -value	2.587	42.664	18.884
Seocheon-gun, Chungnam	December	28.16±0.17 ^{ab}	0.51±0.10 ^b	0.78±0.16 ^a
	January	28.13±0.08 ^a	0.44±0.13 ^c	0.90±0.26 ^c
	February	27.79±0.13 ^a	0.36±0.07 ^{ab}	1.16±0.01 ^b
	March	29.90±0.23 ^b	0.48±0.05 ^c	2.10±0.21 ^{ab}
	<i>F</i> -value	68.555	1.021	22.766
Wando-gun, Jeonnam	December	28.14±0.35 ^b	0.22±0.03 ^c	0.44±0.11 ^a
	January	29.43±0.81 ^a	0.61±0.16 ^b	0.93±0.11 ^a
	February	27.85±0.14 ^b	0.25±0.02 ^b	0.44±0.02 ^{ab}
	March	27.96±0.20 ^b	0.18±0.09 ^b	0.37±0.07 ^{ab}
	<i>F</i> -value	5.121	9.370	16.526
Goheung-gun, Jeonnam	December	26.95±0.28 ^a	0.36±0.04 ^c	0.21±0.12 ^b
	January	27.68±0.57 ^b	0.26±0.04 ^c	0.25±0.10 ^b
	February	27.96±0.47 ^c	0.29±0.01 ^a	0.56±0.06 ^a
	March	28.50±0.34 ^a	0.22±0.07 ^c	0.74±0.23 ^a
	<i>F</i> -value	4.457	3.255	6.580

Different superscripts within a row (a ~ d) indicate significant differences at $p < 0.01$.

6. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 총페놀화합물 함량

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 총 페놀성 화합물 함량은 Table 8 에 나타내었다. 12 월에 채취한 낙동김 원초에서 237.25 mg gallic acid equivalents (GAE)/100g 으로 가장 높게 나타났으며, 3 월 고흥김 원초에서 41.84 mg GAE/100g 으로 가장 낮게 나타났다. 지역별 시료들 중에서 낙동김 원초의 총페놀성 화합물 함량이 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 나타났다. 또한, 생산 시기별로 모든 지역의 물김 원초에서 12 월에 총페놀성 화합물이 가장 높게 나타났으며 이후 점점 감소하는 경향이 나타났다. 생산 지역 및 시기에 따른 물김의 총페놀성 화합물 함량에 대한 분석은 본 연구에서 최초로 보고된 내용으로 향후 다른 연구에 기초자료로 사용될 것으로 기대된다.

페놀성 화합물은 항산화 함염증 등의 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고 되고 있고 이러한 활성은 페놀성 화합물의 함량과도 관계가 있다고 보고되고 있다(Eom et al., 2010; Han et al., 2015). 총페놀 화합물의 함량은 12 월 - 1 월의 시료가 2 월 - 3 월에 채취한 시료들보다 높게 나타났지만, DPPH radical 소거능 활성 및 ABTS radical 소거 활성은 2 월, 3 월에 채취한 물김 시료가 12 월, 1 월에 채취한 시료보다 높게 나타났다. 물김 원초의 총페놀성 화합물 함량과 항산화 활성 사이의 유의적인 상관관계는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 물김 원초의 경우에는

페놀화합물 이외에 다른 물질이 항산화 활성에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 향후 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.



Table 8. Total phenolic compound of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018)

(Unit: mg GAE/100g)

Region	Month	Total Phenolic compounds
Gangseo-gun, Busan	December	237.25±0.04 ^a
	January	119.36±0.02 ^a
	February	72.30±0.02 ^d
	March	61.40±0.04 ^a
Seocheon-gun, Chungnam	December	68.09±0.03 ^d
	January	59.42±0.03 ^d
	February	80.72±0.02 ^c
	March	59.92±0.01 ^b
Wando-gun, Jeonnam	December	236.26±0.03 ^b
	January	61.15±0.03 ^c
	February	89.39±0.01 ^a
	March	59.92±0.02 ^b
Goheung-gun, Jeonnam	December	173.35±0.02 ^c
	January	84.43±0.02 ^b
	February	84.68±0.03 ^b
	March	41.84±0.02 ^c

^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences

by Duncan's multiple range test (P <0.05).

7. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 항산화 활성

7.1. DPPH radical 소거 활성 측정

본 실험에 분석한 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 DPPH radical 소거 활성은 Table 9 에 나타내었다. DPPH radical 소거 활성의 경우 0.05 - 1 mg/mL 농도별로 낙동김 원초는 2.17 - 49.85%, 서천김 원초는 1.50 - 45.95%, 완도김 원초는 4.8 - 49.54% 및 고흥김 원초는 0.90 - 46.50%로 나타났다. 양성 대조구로 사용된 ascorbic acid (0.05 - 1.00 mg/mL)의 DPPH radical 소거능은 79.98 - 80.59%이었다.

Kwak et al. (2005)의 김 원초의 에탄올 추출물에 대한 DPPH 활성 연구와 비교하였을 때의 최대농도인 1 mg/mL 에서 평균적으로 김 원초의 에탄올 추출물 DPPH 활성의 경우 $15.48 \pm 1.44\%$ 로 분석되었다. Flavonoid 및 polyphenol 성 물질은 항산화 작용의 지표들 중의 하나로 free radical 을 환원시키거나 제거시키는 능력이 높다. 본 결과에서 얻어진 물김 원초가 이전의 연구결과에서 보고된 김 에탄올 추출물 보다 우수한 것으로 분석되었는데 이는 분석에 사용된 물김의 생산시기 및 지역의 차이에 따른 것이 주된 원인으로 사료된다.

Table 9. Antioxidant activities(DPPH) of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018).

Region	Month	DPPH ¹ (%)				
		0.05 mg/mL	0.10 mg/mL	0.25 mg/mL	0.50 mg/mL	1.00 mg/mL
Gangseo-gu, Busan	December	3.38±0.02 ^c	10.15±0.02 ^a	12.62±0.02 ^b	24.31±0.02 ^b	36.62±0.02 ^c
	January	6.01±0.01 ^c	6.11±0.04 ^c	12.91±0.03 ^b	23.42±0.03 ^a	48.35±0.02 ^a
	February	2.17±0.03 ^d	4.04±0.03 ^d	13.35±0.03 ^d	22.36±0.02 ^d	45.03±0.02 ^d
	March	5.78±0.02 ^d	7.90±0.02 ^c	16.72±0.02 ^c	29.79±0.02 ^a	49.85±0.03 ^a
Seocheon-gun, Chungnam	December	4.79±0.04 ^b	8.08±0.02 ^b	14.67±0.01 ^a	24.55±0.03 ^a	39.52±0.02 ^a
	January	1.50±0.02 ^d	6.61±0.02 ^b	11.41±0.01 ^d	18.32±0.02 ^c	33.33±0.02 ^b
	February	4.26±0.03 ^c	6.08±0.01 ^c	14.59±0.02 ^c	23.40±0.03 ^c	45.59±0.02 ^c
	March	6.60±0.02 ^c	7.81±0.03 ^d	15.62±0.02 ^d	24.02±0.02 ^c	45.95±0.03 ^b
Wando-gun, Jeonnam	December	5.11±0.03 ^a	5.71±0.03 ^c	11.41±0.03 ^c	22.52±0.02 ^c	39.34±0.02 ^b
	January	7.42±0.03 ^b	11.71±0.01 ^a	21.32±0.04 ^a	21.62±0.02 ^b	30.93±0.02 ^c
	February	4.86±0.02 ^b	7.29±0.02 ^b	15.50±0.01 ^b	28.88±0.03 ^b	49.54±0.03 ^a
	March	12.46±0.04 ^b	15.20±0.03 ^a	20.36±0.01 ^b	23.40±0.02 ^d	34.95±0.01 ^d
Goheung-gun, Jeonnam	December	0.90±0.02 ^d	1.80±0.04 ^d	4.20±0.04 ^d	7.52±0.00 ^d	23.03±0.02 ^d
	January	7.53±0.02 ^a	8.11±0.02 ^c	12.61±0.03 ^c	15.92±0.03 ^d	28.23±0.02 ^d
	February	8.60±0.04 ^a	11.15±0.01 ^a	19.11±0.02 ^a	29.94±0.03 ^a	46.50±0.02 ^b
	March	12.61±0.04 ^a	14.71±0.03 ^b	22.82±0.02 ^a	26.13±0.02 ^b	44.44±0.03 ^c

¹DPPH, 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl. ^{a-d}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05).

7.2. ABTS radical 소거 활성 측정

ABTS radical 소거 활성의 경우 0.05 - 1.00 mg/mL 농도별로 낙동김 원초는 5.40 - 58.11%, 서천김 원초는 5.71 - 56.78%, 완도김 원초는 2.79 - 54.06% 및 고흥김 원초는 1.28 - 55.41%로 나타났다(Table 10). 양성 대조구로 사용된 Trolox (0.05 mg/mL - 1.00 mg/mL)의 ABTS radical 소거능은 86.75 - 87.62% 이었다.

Choi et al. (2008)의 다시마 원초의 ABTS 활성 연구와 비교하였을 때, 다시마의 최대농도인 0.04 mg/mL 에서 평균적으로 완도 다시마 ABTS 활성의 경우 57.53 - 58.11%로 분석되었으며, 기장 다시마 ABTS 활성의 경우 28.11 - 38.20%로 분석되었다. Flavonoid 및 polyphenol 성 물질 등은 항산화 작용의 지표들 중의 하나로 free radical 을 환원시키거나 제거시키는 능력이 높다. 본 연구 결과와 비교해보면 다시마 원초 보다는 물김의 ABTS radical 소거 활성이 더 우수한 것으로 사료된다.

Table 10. Antioxidant activities(ABTS) of raw laver *Pyropia* sp. according to production region and season in Korea (December 2017-March 2018).

Region	Month	ABTS ¹ (%)				
		0.05 mg/mL	0.10 mg/mL	0.25 mg/mL	0.50 mg/mL	1.00 mg/mL
Gangseo- gu, Busan	December	5.40±0.03 ^b	6.67±0.03 ^c	13.97±0.02 ^b	21.27±0.02 ^c	43.49±0.01 ^b
	January	5.67±0.00 ^c	7.03±0.02 ^c	15.65±0.03 ^b	25.88±0.03 ^b	51.76±0.03 ^b
	February	7.01±0.03 ^a	9.55±0.03 ^a	20.70±0.04 ^a	21.34±0.01 ^d	56.05±0.04 ^a
	March	8.07±0.01 ^a	11.21±0.03 ^a	17.29±0.03 ^a	24.67±0.02 ^a	58.11±0.04 ^a
Seocheon- gun, Chungnam	December	6.11±0.02 ^a	8.41±0.03 ^a	14.42±0.03 ^a	24.57±0.02 ^a	46.57±0.02 ^a
	January	5.71±0.00 ^b	7.30±0.02 ^b	16.51±0.04 ^a	26.03±0.02 ^a	56.51±0.03 ^a
	February	6.33±0.02 ^b	7.59±0.01 ^c	15.19±0.03 ^d	25.32±0.02 ^c	52.85±0.04 ^d
	March	7.74±0.02 ^b	10.78±0.02 ^b	17.09±0.02 ^b	23.45±0.02 ^b	56.78±0.01 ^b
Wando- gun, Jeonnam	December	4.47±0.02 ^c	7.35±0.04 ^b	12.46±0.03 ^c	23.00±0.01 ^b	40.89±0.01 ^c
	January	8.23±0.02 ^a	12.34±0.03 ^a	15.19±0.04 ^c	19.62±0.04 ^c	42.41±0.02 ^c
	February	5.00±0.04 ^c	9.06±0.01 ^b	20.00±0.02 ^b	28.13±0.01 ^b	54.06±0.04 ^c
	March	2.79±0.02 ^c	3.82±0.03 ^c	6.69±0.02 ^d	19.11±0.04 ^c	50.96±0.03 ^d
Goheung- gun, Jeonnam	December	1.28±0.03 ^d	4.49±0.02 ^d	8.33±0.02 ^d	12.18±0.02 ^d	32.05±0.02 ^d
	January	4.10±0.02 ^d	4.73±0.04 ^d	10.73±0.02 ^d	14.20±0.04 ^f	30.91±0.01 ^d
	February	6.98±0.01 ^a	6.98±0.02 ^d	18.10±0.02 ^c	28.25±0.01 ^a	55.24±0.02 ^b
	March	2.56±0.03 ^d	3.18±0.02 ^d	7.64±0.01 ^c	18.15±0.02 ^d	55.41±0.03 ^c

¹ABTS, 2,2'-azino-bis [3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid]. ^{a-f}Means with different superscripts within each column indicate significant differences by Duncan's multiple range test (P<0.05).

IV. 요약

국내 김 산업 중 김 양식업의 경우 점차 대규모화 되고 있으며, 양식 생산성은 높아지고있다. 또한 구대 김 가공 산업의 현황은 과거 마른김 중심의 가공에서 소비시장이 조미김 중심으로 변화되면서 조미김 가공이 증가하고 있다. 물김 원초의 생산 시기별 및 지역별 식품학적 성분 함량은 낙동김 원초의 조단백질 함량이 $7.20 \pm 0.28\%$ 로 가장 높게 분석되었으며, 낙동김 원초의 조단백질 함량은 다른 지역에 비해 유의적으로 높게 나왔다. 중금속 및 미량 원소 함량은 낙동김 원초의 경우에는 망간(Mn) 함량이 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 측정되었다. 아연(Zn)의 경우 1월에 채취한 낙동김 원초가 $6.275 \pm 0.00 \text{ mg/Kg}$ 으로 가장 높게 측정되었으며, 낙동김 원초의 아연(Zn) 함량이 다른 지역의 물김 원초보다 평균적으로 높게 측정되었다. 유리아미노산함량은 타우린(Tau)의 경우 1월에 채취한 서천 김 원초에서 가장 높게 분석되었으며 낙동김 원초의 경우 생산 시기별로 다른 지역에 비해 평균적으로 높게 나타났다.

이에, 주요 생산시기별 및 지역별 물김 원초에서 조단백질, 아연, 철, 타우린, 라이신 함량이 풍부한 것으로 판단된다. 이러한 각 지역 및 생산시기에 따른 물김의 영양학적 가치를 제공하여 여러 지역의 물김을 매수하여 사용하는 마른 김 및 조미 김을 제조하는 공장의 수산자원 개발을 위한 기초 자료로 제공될 것으로 사료된다.

참고문헌

- AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., U.S.A.
- Eom SH, Lee BJ and Kim YM. 2010. Effect of yeast fermentation on antioxidant and anti-inflammatory activity of sea tangle water extract. Korean J Fish Aquat Sci 43, 117-124. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2010.43.2.117>.
- Han HN, Eom SH, Kim JH, Kim DH, Kim SH, Kim YH, Yeom SM and Kim YM. 2015. Effects of Lactic Acid Bacterial Fermentation on the Antioxidant and Anti-inflammatory Activity of Brown Algae *Eisenia bicyclis* Extract. Korean J Fish Aquat Sci 48, 151-157.
- Hong SP, Koo JK, JO KS and Kim DS. 1997. Physicochemical characteristics of water or alcohol soluble extracts from laver, *Porphyra yezoensis*. Korean J Food Sci Nutr 26, 10-16.
- Jung HJ, Kim DH, Jeong MH, Lim CW, Shim KB and Cho YJ. 2017. Mineral analysis and nutritional evaluation according to production area of laver *Porphyra tenera*, Japanese kelp *Saccharina japonicus*, Sea mustard *Undaria pinnatifida* and Hijiki *Sargassum fusiforme* in Korea. J Korean Soc Fish Mar Sci Edu 29, 1624-1632. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.5.1624>
- Jung SM, Kang SG, Lee HJ, Son JS, Jeon JH and Shin HW. 2016. Proximate composition and mineral content, amino acid of laver based on culture areas. Korean J Environ Ecol 30, 98-103.

- Koo OK, Lee SJ, Chung KR, Jang DJ, Yang HJ and Kwon DY. 2016. Korean traditional fermented fish products: jeotgal. *Korean J Ethn Foods* 3, 107-116.
- Kwon K, Ryu DG, Jeong MC, Kang EH, Jang Y, Kwon JY, Kim JM, Shin IS and Kim YM. 2018. Analysis of microbial contaminants and microbial changes during dried-laver *Pyropia* spp. Processing. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 8-14.
- Lee KH, Song SH and Jeong IH. 1987. Quality changes of dried lavers during processing and storage; 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes during storage. *Korean J Fish Aquat Sci* 20, 408-418.
- Lee NY. 2013. Antioxidant effect and tyrosinase inhibition activity of seaweeds ethanol extracts. *Korean J Soc Food Sci Nutr* 42, 1893-1898.
- Mahinda S, Ahn CB and Je JY. 2010. Enzymatic extracts from edible red algae, *Phrphyra tenera*, and their antioxidant, anti-acetylcholinesterase, and anti-inflammatory activities. *Korean J Food Sci Biotechnol* 19, 1551-1557.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Korea food code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_01.jsp on May 4, 2018.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2017. Raver processed products export over US\$500 million. Retrieved from <https://news.join.com/article/22233890> on Aug 9, 2018.
- Mok JS, Lee TS, Son KT, Song KC, Kwon JY, Lee KJ and Kim JH. 2011. Proximate composition and mineral content of laver *Porphyra yezoensis* from the Korean coast. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 554-559.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2018. Fisheries component analysis. Retrieved from

https://www.nifs.go.kr/page?id=aq_seafood_2_7&type=tot&from=totList&fim_col_id=2
009-MF0007970-6-D01 on Aug 9, 2018.

Yang WH, Lee HJ, Lee SY, Kim SG and Kim GB. 2016. Heavy metal contents and food safety assessment of processed seaweeds and cultured lavers. Korean J Mar Environ Energy 19, 203-210.

